



**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**



**“INFLUENCIA DE LA PRE HIDRATACION Y DEL ADITIVO  
SUPERPLASTIFICANTE EN LA TRABAJABILIDAD Y  
RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL CONCRETO  
ELABORADO CON CEMENTOS ALMACENADOS POR MAS DE 6  
MESES”.**

**TESIS**

**PRESENTADA POR:**

**ALAN ADERLY MACHACA AROCUTIPA**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

**INGENIERO CIVIL**

**PUNO – PERÚ**

**2021**



## DEDICATORIA

**ALAN MACHACA.**

*A Dios por su misericordia y amor para con un pecador como yo. Por darme las condiciones de llegar a la meta de mis estudios de pregrado.*

*Mis queridos padres: Orlando Machaca, porque desde que era un niño, me enseñó amar a Dios. A mi madre Julia Arocutipa, por su cariño, y enseñarme el valor del estudio.*

*Mi hermano(a): Cesar machaca, por sus ánimos de superación. A mi hermanita Yesenia Machaca, con su llegada nos llenó de muchas alegrías.*

*Mis amigos(a): Tatiana Quiñonez Ccama, Cristian Gonzales Choqueña, Elmer Ticona Cutipa, Alfredo Lupaca, Daniel Huanacuni, Erick Incacutipa Tarqui, Denis Escobar y a todos mis amigos de la IASD “amigos de pañoleta” y de la UNA-EPIC que me inspiran a seguir adelante.*



## AGRADECIMIENTOS

A Dios por darme condiciones de llegar a la meta de mis estudios.

A mis padres y familiares por su motivación y ánimo.

A la Universidad Nacional del Altiplano por ser la entidad que me formó en sus ambientes como profesional, a todos los docentes de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Universidad Nacional del Altiplano, y en especial a mi director de Tesis Dr. Samuel Huaquisto Caceres quien, con toda su sapiencia, tolerancia y sabios consejos, estuvo predispuesto en todo momento para el asesoramiento y apoyo de la presente tesis. A nuestros jurados por su tiempo, predisposición y consejos tan acertados, M.Sc. Mariano Roberto Garcia Loayza, Ing. Nancy Zevallos Quispe, Ing. Nestor Eloy Gonzales Sucasaire.

Gracias a mis amigos de la IASD y compañeros de la Universidad en especial a los amigos del Código 12-II, por compartir sus conocimientos, experiencias y anécdotas dentro y fuera de aulas.



## ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA	
AGRADECIMIENTOS	
ÍNDICE GENERAL	
ÍNDICE DE FIGURAS	
ÍNDICE DE TABLAS	
ÍNDICE DE ACRÓNIMOS	
RESUMEN .....	15
ABSTRACT.....	16

### CAPÍTULO I

#### INTRODUCCIÓN

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA. ....	17
1.1.1. Descripción del problema. ....	17
1.1.2. Problema general.....	18
1.1.3. Preguntas específicas. ....	18
1.2. JUSTIFICACIÓN. ....	19
1.3. OBJETIVOS. ....	20
1.3.1. Objetivo general. ....	20
1.3.1. Objetivo específico.....	20
1.4. HIPÓTESIS. ....	21
1.4.1. Hipótesis general. ....	21
1.4.2. Hipótesis específica.....	21
1.5. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN. ....	21
1.5.1. Tipo de investigación. ....	21
1.5.2. Nivel de investigación.....	22
1.5.3. Diseño de investigación. ....	22
1.5.4. Población, muestra y muestreo. ....	23
1.5.4.1 Población. ....	23
1.5.4.2 Muestra. ....	23
1.5.5. Técnicas e instrumentos para recolección de datos.....	27
1.5.5.1. Técnica. ....	27
1.5.5.2. Instrumentos. ....	27
1.5.6. Procedimiento de recolección de datos. ....	28



1.5.7. Técnicas de procesamiento y análisis de datos. ....	28
1.5.7.1. Técnica de procesamiento. ....	28
1.5.7.2. Análisis de los datos. ....	28
1.6. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES. ....	29

## **CAPÍTULO II**

### **REVISIÓN DE LITERATURA**

2.1. ANTECEDENTES. ....	32
2.2. CONCRETO. ....	38
2.2.1. Componentes del concreto. ....	38
2.2.1.1. Cemento. ....	38
2.2.1.2. Agregados. ....	38
2.2.1.3. Agua. ....	39
2.2.1.4. Aditivo. ....	39
2.3. PROPIEDADES DEL CONCRETO. ....	42
2.3.1. Propiedades en estado fresco. ....	42
2.3.1.1. Trabajabilidad. ....	42
2.3.1.2. Medios para evaluar la trabajabilidad del concreto. ....	42
2.3.1.3. Consistencia. ....	43
2.3.1.4. Temperatura de la mezcla. ....	43
2.3.2. Propiedades en estado endurecido. ....	44
2.3.2.1. Resistencia a la compresión. ....	44
2.3.2.2. Desarrollo de la resistencia a la compresión del concreto. ....	44
2.4. ALMACENAMIENTO DEL CEMENTO SEGUN NTP 334.009. ....	45
2.4.1. Causas de la formación de grumos. ....	45
2.4.1.1. Apilamiento del cemento. ....	45
2.4.1.2. Exposición a la humedad. ....	46
2.4.1.3. Consecuencias de la formación de grumos. ....	47
2.4.2. Pre hidratación del cemento. ....	49
2.4.3. Condiciones climáticas en la ciudad de Puno. ....	50
2.4.3.1. Condiciones del medio ambiente. ....	51
2.4.3.2. Humedad relativa. ....	51
2.4.3.3. Temperatura. ....	51
2.4.3.4. Contenido de agua en el aire. ....	52
2.5. ANÁLISIS ESTADÍSTICO Y PRUEBA DE HIPÓTESIS. ....	52



2.5.1. Análisis estadístico.....	52
2.5.2. Definiciones de conceptos estadísticos. ....	53
2.5.2.1. Medidas de variación o dispersión. ....	54
2.5.2.2. Distribución T de Student.....	55
2.5.3. Prueba de hipótesis.....	55

### **CAPÍTULO III**

#### **MATERIALES Y MÉTODOS**

3.1. UBICACIÓN GEOGRÁFICA DEL ESTUDIO.....	58
3.2. PERIODO DE DURACIÓN DEL ESTUDIO.....	58
3.3. PROCEDENCIA DEL MATERIAL UTILIZADO. ....	58
3.3.1. Cemento portland puzolanico IP. ....	59
3.3.1. Aditivo superplastificante SIKA cEM° .....	59
3.4. METODOLOGÍA EXPERIMENTAL. ....	59
3.4.1. Reducción de muestras de agregados a tamaños de prueba.....	59
3.4.2. Peso unitario del Agregado fino y grueso. ....	60
3.4.3. Análisis granulométrico de agregados gruesos y finos por tamizado. ....	64
3.4.3.1. Tamaño máximo y tamaño máximo nominal del agregado grueso.....	69
3.4.3.2. Módulo de fineza de los agregados (ntp 400.011). ....	69
3.4.4. Gravedad específica y absorción de agregados finos.....	69
3.4.5. Gravedad específica y absorción de agregado grueso.....	72
3.4.6. Contenido de humedad del agregado fino y grueso. ....	76
3.4.7. Diseño de mezcla. ....	78
3.4.7.1. Materiales cementantes. ....	79
3.4.7.2. Agregados.....	79
3.4.7.3. Agua. ....	79
3.4.7.4. Método del módulo de fineza de la combinación de agregados.....	79
3.4.8. Elaboración de concreto. ....	85
3.4.8.1. Probetas de concreto.....	85
3.4.8.2. Curado del concreto.....	86
3.4.9. Ensayos realizados. ....	87
3.4.10. Ensayos al concreto fresco. ....	87
3.4.10.1. Ensayo de asentamiento. ....	87
3.4.10.2. Ensayo de temperatura. ....	88
3.4.10.3. Ensayo de peso unitario y rendimiento. ....	88



3.4.11. Ensayos al concreto endurecido.....	89
3.4.11.1. Ensayo de resistencia a compresión.....	89
<b>CAPÍTULO IV</b>	
<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b>	
4.1. RESULTADOS DE MUESTRAS NO TRATADAS.....	90
4.1.1. Análisis de resultados del concreto en estado fresco.....	90
4.1.1.1. Trabajabilidad.....	90
4.1.2. Ensayo al concreto endurecido.....	95
4.1.2.1. Resistencia a la compresión.....	95
4.2. RESULTADOS DE MUESTRAS TRATADAS.....	100
4.2.1. Ensayos al concreto fresco.....	100
4.2.1.1. Trabajabilidad.....	100
4.2.2. Ensayo al concreto endurecido con tratamiento.....	110
4.2.2.1. Resistencia a la compresión del concreto con aditivo elaborados con cementos almacenados.....	110
4.3. ANÁLISIS DE COSTOS.....	121
4.4. ANALISIS ESTADISTICO.....	126
4.4.1. Validación de datos de del ensayo a la compresión.....	126
4.4.2. Validación de datos de del ensayo a la compresión.....	128
4.4.3. Análisis de la prueba de hipótesis.....	131
<b>V. CONCLUSIONES.....</b>	<b>135</b>
5.1. CONCLUSIÓN GENERAL.....	135
5.2. CONCLUSIONES ESPECÍFICAS.....	135
<b>VI. RECOMENDACIONES.....</b>	<b>139</b>
<b>VII. REFERENCIAS.....</b>	<b>140</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>142</b>

**Área** : Construcciones

**Tema** : Tecnología de los Materiales en la Construcción

**FECHA DE SUSTENTACIÓN: 17 DE JUNIO DE 2021.**



## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.	Puno Condiciones climáticas // datos históricos del tiempo .....	50
Figura 2.	Fecha de inicio de almacenamiento. ....	59
Figura 3.	Aditivo superplastificante. ....	59
Figura 4.	Ensayo del peso unitario suelto.....	61
Figura 5.	Ensayo del peso unitario compactado.....	62
Figura 6.	Granulometría de agregados .....	64
Figura 7.	Curva granulométrica agregado fino. ....	67
Figura 8.	Curva granulométrica agregado grueso. ....	68
Figura 9.	Probetas de concreto de 4” x 8” .....	86
Figura 10.	Curado de probetas .....	87
Figura 11.	Probetas de concreto con diferentes tratamientos .....	87
Figura 12.	Validación del asentamiento .....	88
Figura 13.	Temperatura del concreto fresco.....	88
Figura 14.	Peso unitario y rendimiento de la mezcla de concreto fresco .....	89
Figura 15.	Ensayo a la compresión .....	89
Figura 16.	La correlación entre el tiempo de almacenamiento y la $a/c=0.55, 0.65$ y $0.75$ .....	90
Figura 17.	Variación de agua de diseño para la relación $a/c=0.55, 0.65$ y $0.75$ .....	91
Figura 18.	Temperatura del concreto vs tiempo de almacenamiento y la incorporación del aditivo superplastificante .....	92
Figura 19.	Variación del Peso unitario del concreto para diferentes tiempos de almacenamiento .....	93
Figura 20.	% de pérdida respecto a la muestra patrón.....	94
Figura 21.	Resistencia a la compresión del concreto a diferentes edades, en mezclas patrones elaborados con cementos almacenados, para relaciones $a/c = 0.55$ . .....	96
Figura 22.	Resistencia a la compresión del concreto a diferentes edades, en mezclas patrones elaborados con cementos almacenados, para relaciones $a/c = 0.65$ . .....	97
Figura 23.	Resistencia a la compresión del concreto a diferentes edades, en mezclas patrones elaborados con cementos almacenados, para relaciones $a/c = 0.75$ . .....	98



Figura 24. Reducción de agua para cada % de aditivo y relación a/c. ....	101
Figura 25. Temperatura del concreto vs tiempo de almacenamiento y la incorporación del aditivo superplastificante. ....	102
Figura 26. Peso unitario del concreto para dosis de aditivo al 1% y diferentes relaciones a/c.....	104
Figura 27. % de pérdida respecto a la muestra patrón.....	104
Figura 28. Peso unitario del concreto para dosis de aditivo al 1.2% y diferentes relaciones a/c.....	106
Figura 29. % de pérdida respecto a la muestra patrón.....	106
Figura 30. Peso unitario del concreto para dosis de aditivo al 1.4% y diferentes relaciones a/c.....	108
Figura 31. % de pérdida respecto a la muestra patrón. ....	108
Figura 32. .... Variación del peso unitario respecto a la muestra patrón .....	109
Figura 33. Resistencia a la compresión de concreto para diferentes edades en mezclas de relación a/c y con una dosis del 1% de aditivo. ....	112
Figura 34. Incremento de la resistencia a la compresión con la adición del aditivo superplastificante 1.0%. ....	112
Figura 35. Resistencia a la compresión de concreto para diferentes edades en mezclas de relación a/c y con una dosis del 1.2% de aditivo .....	115
Figura 36. Incremento de la resistencia a la compresión con la adición del aditivo superplastificante 1.2%. ....	115
Figura 37. Resistencia a la compresión de concreto para diferentes edades en mezclas de relación a/c y con una dosis del 1.4% de aditivo .....	117
Figura 38. Incremento de la resistencia a la compresión con la adición del aditivo superplastificante 1.4%. ....	118
Figura 39. Variación de la resistencia entre CP y CP + %AD .....	120
Figura 40. Variación de costo de producción con la adición de aditivo superplastificante. ....	125
Figura 41. Análisis estadístico CP + 0% AD para el I mes.....	127
Figura 42. Análisis estadístico CP + 1.2%AD para el I mes.....	129



## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1:	Población que conforma los diseños.....	23
Tabla 2:	Resumen cantidad de muestras concreto patrón. ....	24
Tabla 3:	Resumen cantidad de muestras concreto patrón + 1.0% de aditivo.....	25
Tabla 4:	Resumen cantidad de muestras concreto patrón + 1.2% de aditivo.....	25
Tabla 5:	Resumen cantidad de muestras concreto patrón + 1.4% de aditivo.....	26
Tabla 6:	Matriz de consistencia: Objetivo General.....	29
Tabla 7:	Matriz de consistencia: Objetivos Específicos. ....	30
Tabla 8:	Consistencia de mezcla de concreto. ....	43
Tabla 9:	Relación entre la resistencia a la compresión del concreto en diferentes etapas y la resistencia a los 28 días. ....	45
Tabla 10:	Coefficiente de variación y desviación estándar. ....	53
Tabla 11:	Rango aceptable en fuerza individual de cilindros. ....	53
Tabla 12:	Periodo de duración del estudio. ....	58
Tabla 13:	Coordenadas de cantera Wiluyo. ....	59
Tabla 14:	Cálculo del peso unitario suelto del agregado fino.....	62
Tabla 15:	Cálculo del peso unitario compactado del agregado fino. ....	63
Tabla 16:	Cálculo del peso unitario suelto del agregado grueso.....	63
Tabla 17:	Cálculo del peso unitario compactado del agregado grueso.....	63
Tabla 18:	Resultado del peso unitario suelto y compactado del agregado fino y grueso. ....	64
Tabla 19:	Determinación del peso mínimo ..... 65	65
Tabla 20:	Granulometría agregado fino ..... 67	67
Tabla 21:	Granulometría de agregado grueso. .... 68	68
Tabla 22:	Valores del tamaño máximo y tamaño máximo nominal. .... 69	69
Tabla 23:	Módulo de fineza del agregado grueso y agregado fino. .... 69	69
Tabla 24:	Datos para el cálculo del peso específico y absorción del agregado fino. ... 71	71
Tabla 25:	Resultados peso específico y absorción del agregado fino. .... 71	71
Tabla 26:	Datos para el cálculo del peso específico y absorción del agregado grueso. .... 75	75
Tabla 27:	Resultados del cálculo del peso específico y absorción del agregado grueso. .... 75	75
Tabla 28:	Resultado del contenido de humedad del agregado fino. .... 78	78



Tabla 29:	Resultado del contenido de humedad del agregado grueso. ....	78
Tabla 30:	Características de los agregados. ....	79
Tabla 31:	Cálculo de la resistencia promedio. ....	80
Tabla 32:	Para la determinación del volumen unitario de agua. ....	80
Tabla 33:	Para determinar contenido de aire atrapado. ....	81
Tabla 34:	Para determinar la relación agua cemento. ....	81
Tabla 35:	Interpolando se obtiene la relación agua cemento = 0.55. ....	82
Tabla 36:	Para determinar el peso del agregado grueso por unidad de volumen del concreto. ....	82
Tabla 37:	Volumen absoluto de los materiales sin contar el agregado fino. ....	83
Tabla 38:	Peso de diseño de los materiales. ....	83
Tabla 39:	Proporciones de los materiales. ....	83
Tabla 40:	Diseño final en peso por corrección por humedad. ....	83
Tabla 41:	Proporción (cemento: A° Fino: A° Grueso) ....	83
Tabla 42:	Diseño de mezcla patrón y aditivo superplastificante para la relación a/c = 0.55. ....	84
Tabla 43:	Diseño de mezcla patrón y aditivo superplastificante para la relación a/c = 0.65. ....	84
Tabla 44:	Diseño de mezcla patrón y aditivo superplastificante para la relación a/c = 0.75. ....	85
Tabla 45:	Resumen del ensayo de peso unitario para diseños sin aditivo. ....	93
Tabla 46:	Perdida del peso unitario del concreto fresco en función al tiempo de almacenamiento en comparación a la muestra patrón. ....	95
Tabla 47:	Resume del ensayo de resistencia a la compresión del concreto para diferentes edades en mezclas patrones elaborados con cementos almacenados de relaciones a/c = 0.55, 0.65 y 0.75. ....	95
Tabla 48:	Resume de la perdida de la resistencia vs tiempo de almacenamiento del cemento ....	99
Tabla 49:	Resume de la resistencia a la compresión expresado en porcentaje. ....	100
Tabla 50 :	Reducción de agua para cada porcentaje de aditivo. ....	101
Tabla 51:	% Reducción de agua para cada porcentaje de aditivo. ....	101
Tabla 52:	Resumen del ensayo de peso unitario para diseños con aditivo al 1% con respecto a las relaciones agua cemento. ....	103



Tabla 53:	Pérdida del peso unitario del concreto fresco en función al tiempo de almacenamiento en comparación a la muestra patrón. ....	105
Tabla 54:	Resumen del ensayo de peso unitario para diseños con aditivo al 1.2% con respecto a las relaciones agua cemento.....	105
Tabla 55:	Pérdida del peso unitario del concreto fresco en función al tiempo de almacenamiento en comparación a la muestra patrón. ....	107
Tabla 56:	Resumen del ensayo de peso unitario para diseños con aditivo al 1.4% con respecto a las relaciones agua cemento.....	107
Tabla 57:	Pérdida del peso unitario del concreto fresco en función al tiempo de almacenamiento en comparación a la muestra patrón .....	109
Tabla 58:	Incremento del peso unitario del CP + % AD frente al concreto patrón. ..	110
Tabla 59:	Resumen del ensayo de la resistencia a la compresión del concreto para diferentes edades en mezclas de relación a/c = 0.55, 0.65 y 0.75 con aditivo 1%. ....	111
Tabla 60:	Resume de la perdida de la resistencia vs tiempo de almacenamiento del cemento .....	113
Tabla 61:	Resume de la resistencia a la compresión expresado en porcentaje. ....	113
Tabla 62:	Resumen del ensayo de la resistencia a la compresión del concreto para diferentes edades en mezclas de relación a/c = 0.55, 0.65 y 0.75 con aditivo 1.2%. ....	114
Tabla 63:	Resume de la perdida de la resistencia vs tiempo de almacenamiento del cemento. ....	116
Tabla 64:	Resume de la resistencia a la compresión expresado en porcentaje. ....	116
Tabla 65:	Resumen del ensayo de la resistencia a la compresión del concreto para diferentes edades en mezclas de relación a/c = 0.55, 0.65 y 0.75 con aditivo 1.4%. ....	117
Tabla 66:	Resume de la perdida de la resistencia vs tiempo de almacenamiento del cemento. ....	118
Tabla 67:	Resume de la resistencia a la compresión expresado en porcentaje. ....	119
Tabla 68:	Resumen de la resistencia a la compresión del CP y CP + % a los 28 días de edad. ....	119
Tabla 69:	Costo unitario de materiales para el concreto:CP + 0.0% AD- al I MES, relacion a/c =0.55.....	123



Tabla 70: Costo unitario de materiales para el concreto:CP + 1.2% AD- al I MES, relacion a/c =0.55.....	123
Tabla 71: Costo unitario de materiales para el concreto:CP + 0.0% AD- al I MES, relacion a/c =0.55.....	124
Tabla 72: Costo unitario de materiales para el concreto:CP + 1.2% AD- al I MES, relacion a/c =0.75.....	124
Tabla 73: Costo unitario de materiales para el concreto:CP + 1.2% AD- al I MES, relacion a/c =0.75.....	125
Tabla 74: Analisis estadistico para todo los casos del CP+0%AD. ....	128
Tabla 75: Análisis estadístico para todo los casos del CP+1.0%AD. ....	130
Tabla 76: Análisis estadístico para todo los casos del CP+1.2%AD. ....	130
Tabla 77: Análisis estadístico para todo los casos del CP+1.4%AD. ....	131
Tabla 78: De resumen de validación de hipótesis a los 28 días de edad, para VI,VII,IX y X meses.....	133
Tabla 79: De resumen de validación de hipótesis a los 28 días de edad, con aditivo superplastificante. ....	134



## ÍNDICE DE ACRÓNIMOS

<b>ASTM</b>	: Siglas en inglés para la American Society of Testing Materials, que Significa, Asociación Americana de Ensayo de Materiales.
<b>a/c</b>	: Relación agua/cemento para diseño de mezclas.
<b>CP</b>	: Concreto patrón.
<b>CP + 1.0% AD</b>	: Concreto patrón con adición de aditivo superplastificante en 1.0% del peso del cemento.
<b>CP + 1.2% AD</b>	: Concreto patrón con adición de aditivo superplastificante en 1.2% del peso del cemento.
<b>CP + 1.4% AD</b>	: Concreto patrón con adición de aditivo superplastificante en 1.4% del peso del cemento.
<b>I.VI.VII.IX</b>	: tiempo de almacenamiento del cemento en meses.
<b>NTP</b>	: Norma Técnica Peruana.
<b>F'c</b>	: Resistencia de diseño a la compresión.
<b>A°F°</b>	: Agregado fino.
<b>A°G°</b>	: Agregado grueso.
<b>TMN</b>	: Tamaño máximo nominal.
<b>W%</b>	: Contenido de humedad.
<b>°C</b>	: Grados centígrados.
<b>u</b>	: Media aritmética.
<b>n</b>	: Número de pruebas realizadas.
<b>σ</b>	: Desviación estándar.
<b>σ<sup>2</sup></b>	: Varianza.
<b>Ho</b>	: Hipótesis nula.
<b>Ha</b>	: Hipótesis alternativa.
<b>NTP</b>	: Norma técnica peruana.



## RESUMEN

El presente trabajo de investigación tiene como objetivo analizar la trabajabilidad y resistencia a la compresión del concreto, debido a la pre hidratación del cemento almacenado por tiempos prolongados en condiciones de humedad ambiente, y la mejora de estas propiedades con la incorporación del aditivo superplastificante. El cemento portland IP (FRONTERA) fue almacenado bajo la NTP 334.009 y fue utilizado para la elaboración de mezclas para el I, VI, VII, IX, X mes. Para esto primeramente se prepararon los diseños de mezcla patrones (sin el aditivo mencionado) de relaciones  $a/c=0.55, 0.65$  y  $0.75$ , según el método de módulo de fineza, para un asentamiento de cono de 3"-4"; luego se incorporaron diferentes dosis de aditivo superplastificante (1%, 1.2%, 1.4% del peso del cemento de diseño), obteniéndose así los diseños de mezclas experimentales. Todas las variantes hacen un total de 60 diseños de mezcla. En cada una de las mezclas (patrón y experimental). Los resultados obtenidos en los ensayos, son sometidos a un análisis comparativo entre las mezclas experimentales respecto a las mezclas patrones. Finalmente se concluye que la pre hidratación en cementos almacenados por más de 6 meses, hace que se tenga una disminución de la resistencia del concreto que va desde 3.6% hasta 21.6% con respecto al concreto con cemento fresco. A mayor tiempo de almacenamiento disminuye la densidad del concreto. El aditivo superplastificante ocasiona lo siguiente: mejora la trabajabilidad del concreto y además se obtuvieron resistencias a la compresión por encima del 70% respecto al concreto patrón (referente 28 días). El costo de producción de concreto por  $m^3$  disminuye en más de 11% del costo total con la incorporación del aditivo superplastificante.

**Palabras Clave:** Pre hidratación, Aditivo superplastificante, Resistencia, Trabajabilidad, Costo de aplicación.



## ABSTRACT

The objective of this research work is to analyze the workability and resistance to compression of concrete, due to the pre-hydration of cement stored for long periods of time in ambient humidity conditions, and the improvement of these properties with the incorporation of the superplasticizer additive. The Portland cement IP (FRONTERA) was stored under the NTP 334.009 and was used for the preparation of mixtures for the I, VI, VII, IX, X months. For this, first, the standard mixture designs (without the mentioned additive) with relationships  $a / c = 0.55, 0.65$  and  $0.75$  were prepared, according to the fineness modulus method, for a cone settlement of 3"- 4"; then different doses of superplasticizer additive (1%, 1.2%, 1.4% of the weight of the design cement) were incorporated, thus obtaining the experimental mix designs. All variants make a total of 60 mix designs. In each of the mixtures (standard and experimental). The results obtained in the tests are subjected to a comparative analysis between the experimental mixtures with respect to the standard mixtures. Finally, it is concluded that the pre-hydration in cements stored for more than 6 months, causes a decrease in the resistance of the concrete that goes from 3.6% to 21.6% with respect to concrete with fresh cement. The longer the storage time, the density of the concrete decreases. The superplasticizing additive causes the following: it improves the workability of the concrete and, in addition, compressive strengths were obtained above 70% with respect to the standard concrete (reference 28 days). The cost of concrete production per m<sup>3</sup> decreases by more than 11% of the total cost with the incorporation of the superplasticizer admixture.

**Key Words:** Prehydration, Superplasticizer additive, Strength, Workability, cost of application.



# CAPÍTULO I

## INTRODUCCIÓN

### 1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.

#### 1.1.1. Descripción del problema.

Los prolongados periodos de almacenamiento del cemento por motivos no atribuidos al constructor, estos pueden ser tales como estado de emergencia, fenómenos atmosféricos, sociales, adquisición no planificada o por retraso en el proceso constructivo, cualquiera sea la causa, este cemento al estar expuesto a la humedad ambiente se produce el efecto de pre hidratación o hidratación parcial que, al penetrar a través del envase de papel, tanto su integridad física como química se ven afectadas negativamente, el cemento en sí, no tiene fecha de vencimiento según la NTP y las NORMAS TÉCNICAS DE CEMENTO Y CONCRETO EN EL PERÚ, lo que si sucede es que el cemento es un elemento altamente higroscópico, es decir que absorbe humedad muy rápido, siendo una de las causas la humedad, ya que contiene agua en un estado condensado y reacciona con el cemento a este fenómeno se le conoce como la pre hidratación, este fenómeno conlleva a problemas con las características del polvo: problemas de plasticidad, formación de costras en las bolsas. Problemas en las propiedades hidráulicas: resistencias reducidas, cambio en las características de la trabajabilidad del concreto. Para tal problema se plantea el uso del aditivo superplastificante para la mejora de las propiedades del concreto en estado fresco y endurecido, la tecnología del concreto moderna considera a los aditivos ya no como una opción alternativa de los diseños de mezcla, sino como un ingrediente más. Actualmente, según datos de la European Cement Research Academy (2005) se estima que en Europa más del 90% de los hormigones preparados contienen algún tipo de aditivo, de los que más del 70% son aditivos plastificantes o superplastificantes manteniéndose esa tendencia en los últimos años.



Es de interés estudiar la influencia de la pre hidratación y del aditivo superplastificante con cementos almacenados por largos periodos en condiciones ambientales de la ciudad de Puno. A fin de obtener resultados y analizar las propiedades del concreto en estado fresco y endurecido. El estudio contribuirá formalizar y mejorar la calidad de producción del concreto en nuestro medio y se busca sustentar el uso del cemento almacenado por periodos prolongados bajo las propiedades de la trabajabilidad y resistencia a la compresión del concreto, de tal manera que los usuarios tendrán el conocimiento e información sobre el uso del cemento almacenado y las posibilidades y limitaciones que ofrece el aditivo superplastificante en el concreto elaborado con cementos almacenados.

### **1.1.2. Problema general.**

- ¿Cómo influye la pre hidratación y la adición de aditivo superplastificante en la trabajabilidad y resistencia a la compresión del concreto elaborado con cementos almacenados por más de 6 meses?

### **1.1.3. Preguntas específicas.**

- ¿Cómo influye la pre hidratación en la trabajabilidad del concreto elaborado con cementos almacenados por más de 6 meses?
- ¿Cómo influye la pre hidratación en la resistencia a la compresión del concreto elaborado con cementos almacenados por más de 6 meses?
- ¿Cómo influye la adición de aditivo superplastificante en la trabajabilidad del concreto elaborado con cementos almacenados por más de 6 meses?
- ¿Cómo influye la adición de aditivo superplastificante en la resistencia a la compresión del concreto elaborado con cementos almacenados por más de 6 meses?



- ¿Cuál es la relación de costos entre el concreto patrón y el concreto adicionado con aditivo superplastificante?

## **1.2. JUSTIFICACIÓN.**

En la actualidad el tema de la calidad y costo de producción de concreto es de suma importancia, ya que en el sector construcción se tiene gran demanda del concreto. Detalló que el producto bruto interno (PBI) nacional creció 1.45% entre enero y mayo del 2019 “lo importante es que el sector construcción continúa siendo el tercero más grande registrado en los últimos cinco años y uno de los pilares del crecimiento económico nacional” (Capeco). Siendo el cemento uno de los componentes indispensables y más costoso que representa el 60% del costo total para la producción del concreto.

La presente investigación se realiza porque no existe mediciones estandarizadas de la influencia de la pre hidratación del cemento, desde el punto de vista técnico contribuirá a establecer la influencia de la pre hidratación en los cementos envasados en bolsa de papel durante el periodo de almacenamiento prolongado en obra. Del mismo modo contribuirá a entender las implicaciones del uso del aditivo superplastificante en las mezclas convencionales del concreto. Disminuyendo así, el desconocimiento sobre el uso y potencialidades del aditivo superplastificante, para mejorar las propiedades del concreto en estado fresco y endurecido (trabajabilidad y resistencia).

La aplicación del aditivo superplastificante, el cual cumple con la especificación ASTM C 494, TIPO G, permitirá incremento de la resistencia mecánica, mejora la trabajabilidad del hormigón, reducción de la cantidad de agua de amasado, aumento de la cohesión interna, disminuye la exudación, reduce la contracción, aumenta la adherencia al acero, mayor fluidez al hormigón y no contiene cloruros, son las características y ventajas del aditivo superplastificante. Se cuantificará los costos de producción del



concreto elaborados con cementos almacenados por más de 6 meses para su análisis comparativo.

### **1.3. OBJETIVOS.**

#### **1.3.1. Objetivo general.**

- Analizar la influencia de la pre hidratación y la adición de aditivo superplastificante en la trabajabilidad y resistencia a la compresión del concreto elaborado con cementos almacenados por más de 6 meses.

#### **1.3.1. Objetivo específico.**

- Evaluar la trabajabilidad del concreto para una relación  $a/c=0.55$ ,  $0.65$  y  $0.75$  elaborados con cementos almacenados I, VI, VII, IX y X meses en condiciones de humedad ambiente.
- Determinar la resistencia a la compresión del concreto para una relación  $a/c=0.55$ ,  $0.65$  y  $0.75$  elaborados con cementos almacenados I, VI, VII, IX y X meses en condiciones de humedad ambiente.
- Evaluar la trabajabilidad del concreto con la agregación de aditivo superplastificante en dosis de  $1.0\%$ ,  $1.2\%$  y  $1.4\%$  del peso del cemento para una relación  $a/c=0.55$ ,  $0.65$  y  $0.75$  elaborados con cementos almacenados I, VI, VII, IX y X meses en condiciones de humedad ambiente.
- Determinar la resistencia a la compresión del concreto con la agregación de aditivo superplastificante en dosis de  $1.0\%$ ,  $1.2\%$  y  $1.4\%$  del peso del cemento para una relación  $a/c=0.55$ ,  $0.65$  y  $0.75$  elaborados con cementos almacenados I, VI, VII, IX y X meses en condiciones de humedad ambiente.
- Comprobar los costos unitarios de los materiales utilizados en la obtención de concreto patrón y el concreto adicionado con aditivo superplastificante.



## **1.4. HIPÓTESIS.**

### **1.4.1. Hipótesis general.**

- La pre hidratación y la adición de aditivo superplastificante influyen directamente en la trabajabilidad y resistencia a la compresión del concreto de una manera negativa y positiva respectivamente.

### **1.4.2. Hipótesis específica.**

- La pre hidratación influyen directamente en la trabajabilidad del concreto de una manera negativa.
- La pre hidratación influyen directamente en la resistencia a la compresión del concreto de una manera negativa.
- La adición de aditivo superplastificante influyen directamente en la trabajabilidad del concreto de una manera positiva.
- La adición de aditivo superplastificante influyen directamente en la resistencia a la compresión del concreto de una manera positiva.
- La relación de los costos de los materiales utilizados en la obtención de concreto patrón y el concreto adicionado con aditivo superplastificante tiene una variación significativa.

## **1.5. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.**

### **1.5.1. Tipo de investigación.**

La investigación es del tipo: correlacional puesto que se tiene como propósito relacionar la pre hidratación y la adición del aditivo superplastificante entre las características de concreto (resistencia a la compresión, trabajabilidad y costo unitario de materiales).



“La investigación Correlacional asocia variables mediante un patrón predecible para un grupo o población”. (Hernández Sampieri, Fernández Collado, & Baptista Lucio, 2006, pág. 104)

### **1.5.2. Nivel de investigación.**

El nivel de esta investigación es explicativo, debido a que se estudian las causas que originan la variación de resultados al manipular la variable independiente.

“La investigación Explicativa pretende establecer las causas de los eventos, sucesos o fenómenos que se estudian”. (Hernández Sampieri, Fernández Collado, & Baptista Lucio, 2006, pág. 108)

### **1.5.3. Diseño de investigación.**

El diseño de una investigación puede ser de campo, experimental o bibliográfico. Para este caso se utilizará un diseño experimental, ya que, naturalmente es necesario obtener datos bibliográficos de los cuales justifiquen los distintos aspectos de la investigación. Es con estos datos que será posible desarrollar distintas actividades como las cantidades de cada uno de los materiales necesarios para producir el concreto, el cual, luego de una serie de experimentos, nos permitan determinar la resistencia.

“La investigación experimental se presenta mediante la manipulación de una variable experimental no comprobada, en condiciones rigurosamente controladas, con el fin de escribir de qué modo o porque causa se produce una situación o acontecimiento particular” (Tamayo y Tamayo, 2004, pág. 47).

#### 1.5.4. Población, muestra y muestreo.

##### 1.5.4.1 Población.

Es un conjunto finito o infinito de elementos con características comunes para los cuales serán extensivas las conclusiones de la investigación. Esta queda delimitada por el problema y por los objetivos de estudio" (Arias Odon , 2012)

La población está conformada por sesenta diseños de mezcla: los primeros 15 diseños de mezclas conformaron el grupo de control para un tiempo de almacenamiento de I,VI,VII,XI,X meses, éstas se realizaron con base en las relaciones agua y cemento  $a/c=0.55$ , 0.65 y 0.75 con asentamientos de 3" a 4" y con una tasa de dosificación de aditivo del 0%. Los siguientes 45 diseños de mezclas pertenecieron al grupo experimental para un tiempo de almacenamiento de I,VI,VII, XI, X meses, con relaciones agua y cemento  $a/c=0.55$ , 0.65 y 0.75 con asentamientos de 3" a 4" y con una tasa de dosificación de aditivo del 1%,1.2%,1.4% del peso del cemento de diseño. (Ver tabla 1).

**Tabla 1: Población que conforma los diseños.**

CASOS	DISEÑO
Sin aditivo ( $a/c = 0.55$ , 0.65, 0.75;I,VI,VII,IX,X) a los 7,14 y 28 días de resistencia del concreto.	15
Con aditivo 1% ( $a/c = 0.55$ , 0.65, 0.75;I,VI,VII,IX,X) a los 7,14 y 28 días de resistencia del concreto.	15
Con aditivo 1.2% ( $a/c = 0.55$ , 0.65, 0.75;I,VI,VII,IX,X) a los 7,14 y 28 días de resistencia del concreto.	15
Con aditivo 1.4% ( $a/c = 0.55$ , 0.65, 0.75;I,VI,VII,IX,X) a los 7,14 y 28 días de resistencia del concreto.	15
<b>TOTAL DE DISEÑOS</b>	<b>60</b>

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

##### 1.5.4.2 Muestra.

Para el proceso cuantitativo, la muestra es un subgrupo de la población de interés sobre el cual se recolectarán datos y que tiene que definirse y delimitarse de antemano

con precisión, además de que debe ser representativo de la población. (Hernández Sampieri, Fernández Collado, & Baptista Lucio, 2006)

En nuestro caso la muestra estuvo conformada por probetas cilíndricas de concreto de relación  $a/c = 0.55, 0.65$  y  $0.75$ .

**Técnica de muestreo:** Para la selección de la muestra, empleamos el método probabilístico, específicamente el muestreo no aleatorio indicando que la muestra es igual a la población; es decir, las características son similares a las de la población objetiva. Para la elección del tamaño de la muestra se usa la proporción poblacional para una muestra finita, (Ver tabla N.º 2, 3, 4 y 5).

*Tabla 2: Resumen cantidad de muestras concreto patrón.*

Tratamiento	Tipo de muestra		7 días	14 días	28 días	Nº de pruebas	
	Tiempo de almacenamiento	Relación a/c					
Concreto patrón	I	A = 0.55	3	3	3	9	
		B = 0.65	2	2	2	6	
		C = 0.75	2	2	2	6	
	VI	A = 0.55	3	3	3	9	
		B = 0.65	2	2	2	6	
		C = 0.75	2	2	2	6	
	VII	A = 0.55	3	3	3	9	
		B = 0.65	2	2	2	6	
		C = 0.75	2	2	2	6	
	IX	A = 0.55	3	3	3	9	
		B = 0.65	2	2	2	6	
		C = 0.75	2	2	2	6	
	X	A = 0.55	3	3	3	9	
		B = 0.65	2	2	2	6	
		C = 0.75	2	2	2	6	
	<b>Numero sub total de pruebas</b>						<b>105</b>

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.



**Tabla 3: Resumen cantidad de muestras concreto patrón + 1.0% de aditivo.**

Tipo de muestra			7	14	28	N° de pruebas
Tratamiento	Tiempo de almacenamiento	Relación a/c	días	días	días	
Concreto patrón + 1.0% de aditivo	I	A = 0.55	3	3	3	9
		B = 0.65	2	2	2	6
		C = 0.75	2	2	2	6
	VI	A = 0.55	3	3	3	9
		B = 0.65	2	2	2	6
		C = 0.75	2	2	2	6
	VII	A = 0.55	3	3	3	9
		B = 0.65	2	2	2	6
		C = 0.75	2	2	2	6
	IX	A = 0.55	3	3	3	9
		B = 0.65	2	2	2	6
		C = 0.75	2	2	2	6
	X	A = 0.55	3	3	3	9
		B = 0.65	2	2	2	6
		C = 0.75	2	2	2	6
<b>Numero sub total de pruebas</b>						<b>105</b>

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

**Tabla 4: Resumen cantidad de muestras concreto patrón + 1.2% de aditivo.**

Tipo de muestra			7	14	28	N° de pruebas
Tratamiento	Tiempo de almacenamiento	Relación a/c	días	días	días	
Concreto patrón + 1.2% de aditivo	I	A = 0.55	3	3	3	9
		B = 0.65	2	2	2	6
		C = 0.75	2	2	2	6
	VI	A = 0.55	3	3	3	9
		B = 0.65	2	2	2	6
		C = 0.75	2	2	2	6
	VII	A = 0.55	3	3	3	9
		B = 0.65	2	2	2	6
		C = 0.75	2	2	2	6
	IX	A = 0.55	3	3	3	9
		B = 0.65	2	2	2	6
		C = 0.75	2	2	2	6
	X	A = 0.55	3	3	3	9
		B = 0.65	2	2	2	6
		C = 0.75	2	2	2	6
<b>Numero sub total de pruebas</b>						<b>105</b>

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

**Tabla 5: Resumen cantidad de muestras concreto patrón + 1.4% de aditivo.**

Tipo de muestra			7	14	28	N° de	
Tratamiento	Tiempo de almacenamiento	Relación a/c	días	días	días	pruebas	
Concreto patrón + 1.4% de aditivo	I	A = 0.55	3	3	3	9	
		B = 0.65	2	2	2	6	
		C = 0.75	2	2	2	6	
	VI	A = 0.55	3	3	3	9	
		B = 0.65	2	2	2	6	
		C = 0.75	2	2	2	6	
	VII	A = 0.55	3	3	3	9	
		B = 0.65	2	2	2	6	
		C = 0.75	2	2	2	6	
	IX	A = 0.55	3	3	3	9	
		B = 0.65	2	2	2	6	
		C = 0.75	2	2	2	6	
	X	A = 0.55	3	3	3	9	
		B = 0.65	2	2	2	6	
		C = 0.75	2	2	2	6	
	<b>Numero sub total de pruebas</b>						<b>105</b>

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

El número total de probetas hacen un total de 420.

La muestra probabilística es el subgrupo de la población en el que todos los elementos de esta tienen la misma posibilidad ser elegidos. (Hernández Sampieri, Fernández Collado, & Baptista Lucio, 2006)

Las cantidades hallados para cada uno de los ensayos de resistencia a compresión del concreto son los obtenidos de las normas correspondientes por lo cual justifica la cantidad calculada para la población y muestra.

Para esta finalidad, se consideró las especificaciones de la Norma NTP 339.033 (ASTM C 31) - Práctica Normalizada para la preparación y curado de las probetas para ensayos de concreto y las recomendaciones del Comité ACI 318-08 requisitos de reglamento para concreto estructural, que en su inciso 5.6.2.4 nos indica textualmente: Un ensayo de resistencia debe ser el promedio de las resistencias de al menos dos (02) probetas de 6”(150 mm)x12”(300 mm) o de al menos tres (03) probetas de 4”(100



mm)x8”(200 mm), preparadas de la misma muestra de concreto. Para lo cual se ha considerado 3 probetas para las edades de 7, 14 y 28 días para la resistencia a compresión de relación  $a/c = 0.55$  y 2 probetas para edades de 7, 14 y 28 días para la resistencia a compresión de relación  $a/c = 0.65$  y  $0.75$ .

### **1.5.5. Técnicas e instrumentos para recolección de datos.**

#### **1.5.5.1. Técnica.**

Las principales técnicas que se utilizaron en este estudio fueron por observación directa, análisis de documentos, ensayos de probetas cilíndricas con y sin aditivo superplastificante.

- Toma de muestra.
- Granulometría: ASTM C-33/C33M-13 Agregado para concreto NTP 400.012  
Análisis granulométrico agregados gruesos y finos; NTP: 400.037 Análisis para agregado grueso.
- Ensayo de peso específico y absorción del agregado fino y grueso NTP 400.021, NTP 400.022, ASTM C 127 y ASTM C 128.
- Ensayo de contenido de humedad de los agregados NTP 400.016, ASTM C 566.
- Peso unitario del agregado fino y grueso NTP 400:017, ASTM C 29.
- Resistencia a la compresión NTP 339.034, ASTM C 39.
- Resistencia a tracción por compresión diametral NTP 339.084, ASTM C 496
- Asentamiento en el cono de Abrams NTP 339.035 – ASTM C143
- Peso unitario Indicador de prueba, Balanza digital. NTP 339.046 – ASTM C 138.

#### **1.5.5.2. Instrumentos.**

Entre los instrumentos requeridos para llevar a cabo el presente estudio, se encuentran:



- Equipos de laboratorio (balanzas digitales, cono de Abrams, cilindros graduados y máquina de ensayo) e implementos utilizados para llevar a cabo los ensayos correspondientes (mezcladora, carretilla, molde y cuchara metálica, barra compactadora, moldes cilíndricos, entre otros).
- Planillas, cuadros para el registro de los resultados arrojados por los diversos ensayos efectuados.

#### **1.5.6. Procedimiento de recolección de datos.**

La recolección de datos de la investigación se realizó en forma directa, la primera etapa a través del muestreo para luego llevarlos al laboratorio y la segunda etapa a partir de los diseños y ensayos de acuerdo a los procedimientos técnicos y normativos establecidos, en función al cronograma establecido del proyecto de tesis; así como las fechas de obtención de las probetas cilíndricas, fecha de los respectivos ensayos de resistencia a la compresión axial ASTM C 39.

#### **1.5.7. Técnicas de procesamiento y análisis de datos.**

Para el procesamiento y análisis de los datos se utilizó equipos en laboratorio, Hoja de cálculo en Microsoft Office Excel 2013, tomando en cuenta que los datos obtenidos son variables cuantitativas.

##### **1.5.7.1. Técnica de procesamiento.**

- Para la investigación experimental se utilizaron las metodologías de ensayo: ASTM C39 método de ensayo normalizado para resistencia a la compresión de especímenes cilíndricos de concreto y formatos del laboratorio de construcciones.

##### **1.5.7.2. Análisis de los datos.**

Las variables de respuesta se evaluaron estadísticamente mediante la aplicación del método de la “t” de Student, para un nivel de significancia de  $\alpha=0.05$  (5%), y un intervalo de confianza 0.95 (95%).

## 1.6. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES.

Las variables independientes estudiadas son la pre hidratación (que está relacionada con el tiempo de almacenamiento y la humedad ambiente) y la dosis del aditivo superplastificante, y su incidencia en la trabajabilidad y resistencia a la compresión y el costo unitario de los materiales, siendo estas las variables dependientes.

*Tabla 6: Matriz de consistencia: Objetivo General*

	<b>Definición del problema</b>	<b>Hipótesis</b>	<b>Variables</b>	<b>Indicadores</b>	<b>Factor a medir</b>
<b>General</b>	¿Cómo influye la pre hidratación y la adición de aditivo superplastificante ante en la trabajabilidad y resistencia a la compresión del concreto elaborado con cementos almacenados por más de 6 meses ?	La pre hidratación y la adición de aditivo superplastificante influyen directamente en la trabajabilidad y resistencia a la compresión del concreto de una manera negativa y positiva respectivamente.	<b>INDEPENDIENTE</b> Pre hidratación y dosificación de los materiales con adición del aditivo superplastificante.	Fecha de fabricación del cemento, condiciones de humedad y la dosificación del aditivo superplastificante.	Bolsas de cemento almacenado por I,VI,VII,IX y X meses, porcentaje de aditivo superplastificante con respecto al peso del cemento en dosis (1.0%, 1.2% y 1.4%).
			<b>DEPENDIENTE</b> trabajabilidad y resistencia a la compresión con la adición del aditivo superplastificante.	Propiedades del concreto.	Resistencia a la compresión a los 7, 14 y 28 días; trabajabilidad y costo unitario de materiales.

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

*Tabla 7: Matriz de consistencia: Objetivos Específicos.*

	<b>Definición del problema</b>	<b>Hipótesis</b>	<b>Variables</b>	<b>Indicadores</b>	<b>Factor a medir</b>
<b>Específico 01</b>	¿ Cómo influye la pre hidratación en la trabajabilidad del concreto elaborado con cementos almacenados por más de 6 meses ?	La pre hidratación influyen directamente en la trabajabilidad del concreto de una manera negativa .	<b>INDEPENDIENTE</b> Pre hidratación	Fecha de fabricación del cemento y condiciones de humedad.	Bolsa de cemento de I,VI,VII,IX y X mese de almacenamiento.
			<b>DEPENDIENTE</b> Trabajabilidad del concreto	Ensayo normalizado para asentamiento de concreto "cono de abrams" (ASTM C.143).	Trabajabilidad.
<b>Específico 02</b>	¿ Cómo influye la pre hidratación en la resistencia a la compresión del concreto elaborado con cementos almacenados por más de 6 meses ?	La pre hidratación influyen directamente en la resistencia a la compresión del concreto de una manera negativa .	<b>INDEPENDIENTE</b> Tiempo de almacenamiento y humedad ambiente.	Fecha de fabricación del cemento y condiciones de humedad.	Bolsa de cemento de I,VI,VII,IX y X mese de almacenamiento.
			<b>DEPENDIENTE</b> Resistencia a la compresión del concreto	Método de ensayo normalizado para resistencia a la compresión de especímenes cilíndricos de concreto. (ASTM C.39)	Resistencia a la compresión a los 7, 14 y 28 días; para a/c= 0.55, 0.65 y 0.75
<b>Específico 03</b>	¿ Cómo influye la adición de aditivo superplastificante en la trabajabilidad del concreto elaborado con cementos almacenados por más de 6 meses ?	La dicción de aditivo superplastificante influyen directamente en la trabajabilidad del concreto de una manera positiva.	<b>INDEPENDIENTE</b> Dosificación de los materiales con adición del aditivo superplastificante.	Dosificación del aditivo superplastificante.	Porcentaje de aditivo superplastificante con respecto al peso del cemento en dosis (1.0%, 1.2% y 1.4%).
			<b>DEPENDIENTE</b> Trabajabilidad del concreto	Ensayo normalizado para asentamiento de concreto "cono de abrams" (ASTM C.143).	Trabajabilidad.

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

“...continuación”.

<b>Específico 04</b>	¿ Cómo influye la adición de aditivo superplastificante en la resistencia a la compresión del concreto elaborado con cementos almacenados por más de 6 meses ?	La adición de aditivo superplastificante influyen directamente en la resistencia a la compresión del concreto de una manera positiva.	<b>INDEPENDIENTE</b> Dosificación de los materiales con adición del aditivo superplastificante .	Dosificación del aditivo superplastificante.	Porcentaje de aditivo superplastificante con respecto al peso del cemento en dosis (1.0%, 1.2% y 1.4%).
			<b>DEPENDIENTE</b> Resistencia a la compresión del concreto	Método de ensayo normalizado para resistencia a la compresión de especímenes cilíndricos de concreto. (ASTM C.39)	Resistencia a la compresión a los 7, 14 y 28 días; para a/c= 0.55, 0.65 y 0.75
<b>Específico 05</b>	¿Cuál es la relación de costos entre el concreto patrón y el concreto adicionado con aditivo superplastificante?	La relación de los costos de los materiales utilizados en la obtención de concreto patrón y el concreto adicionado con aditivo superplastificante tiene una variación significativa.	<b>INDEPENDIENTE</b> Dosificación de los materiales con adición del aditivo superplastificante .	Dosificación del aditivo superplastificante.	Porcentaje de aditivo superplastificante con respecto al peso del cemento en dosis (1.0%, 1.2% y 1.4%).
			<b>DEPENDIENTE</b> Costo unitario de los materiales empleados en la elaboración de concreto con la adición del aditivo superplastificante .	Costo unitario de materiales.	Costo unitario de materiales.

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.



## CAPÍTULO II

### REVISIÓN DE LITERATURA

#### 2.1. ANTECEDENTES.

**Feijoo (2016)**, en su trabajo se analiza el comportamiento del concreto, en estado fresco y endurecido, elaborado con cemento Portland tipo I Co Inka sometido a dos condiciones diferentes de almacenamiento en un periodo de 60 días. Inicialmente, se hicieron ensayos en el laboratorio con los materiales seleccionados para analizar sus propiedades y comprobar que cumplan con las Normas Técnicas Peruanas. Mediante el análisis del agregado global, se estableció que la mejor proporción de los agregados fino y grueso fue de 52% y 48% respectivamente. Con esta selección se determinó el diseño de mezclas de la investigación para las relaciones agua/cemento de 0.60, 0.65 y 0.70. Para realizar la investigación, se conformó dos grupos de bolsas de cemento: el primer grupo (grupo control) formado por cemento almacenado en su envase original de fábrica que consta de dos pliegos de papel con una lámina de film plástico intermedia; y, el segundo grupo (grupo experimental) cuyas bolsas de cemento fueron protegidas, de forma individual, con un envase adicional aislante de polietileno de baja densidad. Posteriormente se da inicio a los ensayos del concreto, en estado fresco y endurecido, preparado con cemento (del grupo control y experimental) almacenado a los 0, 30 y 60 días. Cabe indicar, que los ensayos del concreto al estado endurecido se realizaron a los 28 días de elaboradas las probetas.

Los resultados obtenidos indican que el envase original en que se comercializa el cemento Portland tipo I Co Inka, por poseer una lámina de film plástico entre los pliegos de papel, brinda cierta protección durante periodos de almacenamiento de hasta 30 días en comparación con el envase que solo está conformado por dos pliegos de papel. El envase protector aislante adicional empleado en la presente investigación, permite



mantener la calidad del cemento durante periodos de almacenamiento más largos conservando las propiedades del concreto para cumplir con las especificaciones técnicas requeridas en una determinada obra.

**Cana & Quispe (2018)**, analizan el comportamiento de las propiedades mecánicas del concreto y mortero utilizando cemento almacenado en condiciones favorables y no favorables durante los meses más húmedos de la ciudad de Arequipa y concluyen lo siguiente: La resistencia a la compresión de las probetas de concreto disminuye proporcionalmente al tiempo y condición de almacenamiento, para 6 meses de almacenamiento las resistencias obtenidas en función del concreto fresco son: 81.26% para el cemento bien almacenado y 73.40% para el mal almacenado.

**Ossa (1974)**, con el objeto de establecer los efectos que se producen en los cementos envasados en bolsas de papel durante el periodo de almacenamiento en obra, se realizó un programa de ensayos con cementos chilenos mantenidos en esos envases durante 30, 60, 90 y 120 días en tres ambientes diferentes, comparando los resultados con los de muestras frescas de los respectivos cementos. Los efectos principales causados por el almacenamiento fueron: disminución de velocidad de hidratación y de resistencia potencial de los cementos; resultados que coinciden con los que se conocen de otras experiencias. Se examinan además los resultados para establecer ciertas hipótesis explicativas del fenómeno, finalmente se incluyen recomendaciones para un mejor resguardo y protección.

**Rincón (2006)**, la formación de grumos trae como consecuencia un descenso importante en las resistencias del cemento a edades tempranas, este asunto es más marcado en la medida que progresa el fenómeno.

**Alvarado & Cortez (2018)**, en el ensayo de compresión la resistencia disminuye conforme aumenta el tiempo de almacenamiento del cemento, las resistencias



de las muestras patrón fueron 238 kg/cm<sup>2</sup>, 229 kg/cm<sup>2</sup> y 212 kg/cm<sup>2</sup> para los cementos tipo I, tipo MS y tipo ICo respectivamente, y a 45 días de almacenamiento la resistencia disminuye a 105 kg/cm<sup>2</sup>, 114 kg/cm<sup>2</sup> y 99 kg/cm<sup>2</sup> respectivamente.

**Pasquel (1998)**, se refiere en cuanto a las condiciones de almacenaje, es recomendable limpiar con frecuencia los silos metálicos de depósito sobre todo en climas de humedad relativa alta, pues se produce hidratación parcial del cemento adherido a las paredes, y que con el uso del silo ocasiona que se desprendan trozos endurecidos y se mezclen con el cemento fresco causando problemas en la uniformidad de la producción del concreto. En el caso de cemento en bolsas el concepto es similar en cuanto a protegerlas de la humedad, bien sea aislándolas del suelo o protegiéndolas en ambientes cerrados.

Una manera práctica de evaluar si ha habido hidratación parcial del cemento almacenado, consiste en tamizar una muestra por la malla No 100, según la Norma ASTM C-184, pesando el retenido, el cual, referido al peso total, nos da un orden de magnitud de la porción hidratada. El porcentaje retenido sin haber hidratación oscila usualmente entre 0 y 0.5%.

Si recordamos los conceptos referidos al mecanismo de hidratación podemos estimar que, si usamos cemento parcialmente hidratado, estaremos sustituyendo en la práctica una parte del agregado por cemento endurecido con características resistentes inciertas y definitivamente inferiores a la de la arena y la piedra, que causará zonas de estructura débil, cuya trascendencia será mayor cuanto mayor sea la proporción de estas partículas.

Se puede estimar que el empleo de cemento hidratado en un 30% referido al peso total, con gránulos no mayores de 1/4" trae como consecuencia una reducción en la



resistencia a 28 días del orden del 25%, dependiendo del cemento en particular. Es obvio que porcentajes

hidratados mayores, con partículas de tamaño superior a 1/4" ocasionarán perjuicios más negativos en la resistencia y durabilidad. Finalmente hay que aclarar que, en cuanto al almacenaje, el criterio correcto para evaluar la calidad del cemento no es el tiempo que ha estado almacenado sino las condiciones de hidratación del cemento al cabo de ese período, por lo que lo aconsejable es tomar las previsiones para evitar o retrasar la hidratación desde un inicio, en vez de dejar pasar el tiempo sin ninguna precaución y entrar luego en las complicaciones de evaluar si estará apto o no para usarse.

**Portugal (2007)**, sostiene que los primeros aditivos plastificantes datan de la década de los años 30 mientras que los primeros aditivos superplastificantes fueron originalmente fabricados en Japón en la década de los años 60 a partir de los formaldehidos naftalenos sulfonados, a fin de producir concretos de alta resistencia al permitir grandes reducciones en el contenido de agua; y en Alemania, desde 1972, a partir de los formaldehidos melanina sulfonados, a fin de desarrollar concretos fluidos es decir concretos con asentamientos mayores de 200 mm (7.9"). Durante más de 60 años la evaluación de los aditivos ha sido continua, desde los primeros aditivos a base de lignosulfatos a los actuales policaborxilatos modificados, sin embargo, en el Perú su uso aún no es generalizado a pesar del incremento registrado en la década 90.

**Pasquel (1998)**, señala que en nuestro país, no es frecuente el empleo de aditivos superplastificantes por la creencia generalizada de que su alto costo no justifica su utilización en el concreto de manera rutinaria; pero si se hace un estudio detallado del incremento en el costo del m<sup>3</sup> de concreto (incremento que normalmente oscila entre el 0.5 al 5% dependiendo del producto en particular), y de la economía en mano de obra, horas de operación y mantenimiento del equipo, reducción de plazos de ejecución de las



labores, mayor vida útil de las estructuras etc., se concluye en que el costo extra es sólo aparente en la mayoría de los casos, en contraposición a la gran cantidad de beneficios que se obtienen.

Aunado a esto, hay mucho desconocimiento sobre el uso y potencialidades de los aditivos superplastificantes, son pocos los profesionales que tienen la oportunidad de emplearlos e investigar sus posibilidades con los materiales y condiciones locales.

Este círculo vicioso de no usar aditivos superplastificantes por su alto costo, los precios elevados de estos por ser el mercado pequeño y la poca investigación en cuanto a sus posibilidades de uso en nuestro medio, trae como consecuencia que en términos de desarrollo tecnológico en el Perú, la experiencia en su empleo sea limitada sólo a algunos proyectos de cierta importancia, no existiendo una tecnología local organizada que comparta, aproveche y difunda los avances internacionales en este campo.

La definición actual del concreto, que incluye al aditivo como un componente más del concreto, tomara mayor fuerza en los próximos años dadas las nuevas tecnologías, en las cuales los aditivos superplastificantes tienen un papel muy importante.

**Harman (2005)**, expuso en el VI Coloquio de Química del Cemento la investigación: “Acción del aditivo reductor de agua de alto rango, tipo F en la resistencia y fluidez del concreto”; trabajo que consistió en la preparación de 24 dosificaciones de concretos con una fluidez, medida por el asentamiento del cono de Abrams, de 3 @ 5 cm y se determinaron las relaciones existentes entre: cantidad de agua de mezclado, relación agua/cemento, relación dosis de aditivo/cemento, resistencia y trabajabilidad; para cuantificar la acción del aditivo en la resistencia la compresión, flexo tracción (Modulo de rotura), en el módulo de elasticidad a compresión y en la reducción de agua de mezclado. Las mezclas de prueba para dosis máximas, lograron reducciones de agua del 17% y aumento de la resistencia a la compresión del 43%, a los 28 días.



**Gomero (2006)**, para optar el grado de Ingeniero Civil, sustentó en la Universidad Nacional de Ingeniería; la tesis: “Aditivos y adiciones minerales para el concreto”.

El propósito fundamental de su investigación fue establecer las aplicaciones y diferencias entre los aditivos y las adiciones usualmente empleados en nuestro país.

En su estudio agrupó los aditivos en 6 grupos: aditivos incorporadores de aire, acelerantes, reductores de agua (superplastificantes), floculantes y diversos; y las adiciones en 4 grupos: adiciones puzolánicas, escorias, cenizas y microsilices.

En base a la documentación obtenida, concluyó que los diferentes tipos de aditivos y adiciones afectan a las propiedades en estado plástico y endurecido de los concretos en general. Su empleo debe estar condicionado a las propiedades que se desea modificar en el concreto y a las recomendaciones del fabricante.

**Hernández (2005)**, para optar el grado de Ingeniero Constructor, sustentó en la Universidad Austral de Chile; la tesis: “Plastificantes para el hormigón”. La investigación planteó como objetivo recopilar información sobre el uso de los aditivos plastificantes en el mercado actual, con la finalidad de dar a conocer las características, aplicaciones y limitaciones sobre el uso de estos aditivos.

El estudio demostró 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, dentro de estas variables podemos nombrar las condiciones climáticas, calidad de los materiales utilizados, una correcta dosificación y condiciones de tiempo necesario para la colocación del hormigón.

**Oliva (2008)**, para optar el grado de Ingeniero Constructor, sustentó en la Universidad Austral de Chile; la tesis: “influencia de los superplastificantes en la trabajabilidad y resistencia de los hormigones grado H-25 y H-30”.



El proyecto tuvo como objetivo principal determinar las propiedades finales del hormigón al agregarle distintas dosis de aditivo superplastificante, todo esto referido a muestras patrones.

El trabajo experimental consistió en realizar muestras patrones, la H-25 y H-30, sobre el cual se agregaron diferentes dosis de aditivo superplastificante Sika Viscocrete 4000 CL sin variar las medidas del resto de los componentes del hormigón.

De los resultados obtenidos, se confluó que el aditivo superplastificante originó un comportamiento excelente en la trabajabilidad y un aumento en la resistencia.

## **2.2. CONCRETO.**

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. (Pasquel, 1998).

### **2.2.1. Componentes del concreto.**

#### **2.2.1.1. Cemento.**

Se define como cementos a los materiales pulverizados que poseen la propiedad de fraguar y endurecer, 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. (Rivva López, 2010).

#### **2.2.1.2. Agregados.**

El concreto está conformado por una pasta de cemento y agua en la cual se encuentran embebidas partículas de un material conocido como agregado el cual ocupa del 65% al 80% del volumen de la unidad cúbica de concreto. (Rivva López, 2010).

Los agregados también son llamados áridos, que se combinan con los aglomerantes (cemento, cal, etc.) y el agua formando los concretos y morteros, es importante que los



agregados tengan buena resistencia, durabilidad y resistencia a los elementos, que su superficie esté libre de impurezas como barro, limo y materia orgánica, que puedan debilitar el enlace con la pasta cemento.

Se clasifican en:

- Agregados Finos.
- Agregados Gruesos.

Hormigón: corresponde a mezcla natural de Grava y Arena, este agregado se utiliza para preparar un concreto de baja calidad como el empleado en cimentaciones corridas, falsos pisos, falsas zapatas, calzaduras, algunos muros, etc. Al emplear el hormigón en la elaboración del concreto este deberá estar libre de cantidades perjudiciales de polvo, terrones, partículas blandas o escamosas, sales, álcalis, materia orgánica u otras sustancias dañinas para el concreto. (Abanto Castillo, 1995).

Si se emplea, con autorización del proyectista, el agregado integral denominado “Hormigón” deberá cumplirse con lo indicado en el acápite 3.2.12 de la Norma Técnica E.060. (Rivva Lopez, 2000).

#### **2.2.1.3. Agua.**

El agua que debe ser utilizada para la producción de concreto debe satisfacer los requisitos de la norma NTP 339.088, y ASTM C 109M. Considerándose como referente principal, la idoneidad del agua potable.

#### **2.2.1.4. Aditivo.**

De acuerdo a la Norma Española (UNE-EN 934-2, 2002), se denominan aditivos a aquellos productos que se incorporan en el momento del amasado del hormigón o inmediatamente después, en una cantidad no superior al 5 % en masa, con relación al contenido de cemento, con objeto de modificar las propiedades y características de la mezcla en estado fresco y/o endurecido.



Por otro lado el comité del “American Concrete Institute” (ACI 116R) y la norma NTP 334.088, definen al aditivo como un material que no siendo agua, agregado, cemento hidráulico, o fibra de refuerzo, es empleado como ingrediente del mortero o concreto, y es añadido a la tanda inmediatamente antes o durante su mezclado.

#### **2.2.1.4.1. Clasificación de los aditivos.**

La Asociación de Productores de Cemento (Asocem, 2000), manifiesta que en armonía con el desarrollo de los aditivos y su aplicación más extensiva en nuestro medio, se ha dado la nueva norma NTP 334.088 que reemplaza a las anteriores normas nacionales 339.086 y 339.087 del año 1981. El antecedente de la nueva norma se encuentra en la ASTM C 494. La norma, como lo indica su denominación, se refiere a aditivos químicos, comprendidos dentro de la nomenclatura de la norma ASTM. No se consideran algunos aditivos de uso limitado, como son aquellos que regulan la contracción del concreto, fungicidas y germicidas, generadores de burbujas de gas, etc. Tampoco incluye a los incorporadores de aire.

En consecuencia las normas NTP 334.088 y ASTM C 494 distinguen siete tipos de aditivos:

TIPO A Reductores de agua.

TIPO B Retardantes de fraguado.

TIPO C Acelerantes.

TIPO D Reductores de agua y retardantes.

TIPO E Reductores de agua y acelerantes.

TIPO F Reductores de agua de alto rango.

TIPO G Reductores de agua de alto rango y retardantes.



#### 2.2.1.4.2. Aditivos superplastificantes.

La norma NTP 334.088 y ASTM C 494 denominan propiamente como aditivos superplastificantes o reductores de agua de alto rango a los que se encuentran en la categoría “Tipo F”.

- Incrementar la trabajabilidad (Función superplastificante)

Dada una mezcla de concreto con un asentamiento, relación agua/cemento, y cantidad de cemento definido, 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.

- Incrementar la resistencia (Función reductor de agua)

Dada una mezcla de concreto con un asentamiento y cantidad de cemento definido, 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.

- Reducir la cantidad de cemento

Dada 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.



#### **2.2.1.4.3. Requisitos de los aditivos superplastificantes.**

La norma NTP 334.088 establece los requisitos para comprobar las modificaciones aportadas por un aditivo superplastificante (Tipo F) sobre alguna de las siguientes propiedades del concreto:

- Reducción de agua.
- Tiempo de fraguado
- Resistencia a la compresión.

La evaluación de estas características se efectúa por comparación con los resultados obtenidos con un concreto de similar composición y características pero sin aditivos, que se denomina concreto de control o concreto patrón.

### **2.3. PROPIEDADES DEL CONCRETO.**

#### **2.3.1. Propiedades en estado fresco.**

##### **2.3.1.1. Trabajabilidad.**

La consistencia está definida por el grado de humedecimiento de la mezcla, depende principalmente de la cantidad de agua utilizada, el equipo necesario para realizar la consistencia del concreto consiste en un tronco de cono, los dos círculos de las bases son paralelos entre sí midiendo 20 cm y 10 cm los diámetros respectivos, la altura del molde es de 30 cm. (Abanto Castillo, 1995).

##### **2.3.1.2. Medios para evaluar la trabajabilidad del concreto.**

Para preparar mezclas de concreto que satisfagan las condiciones de obra, deben tomarse en cuenta las características que presenta el concreto en estado fresco, las cuales son verificables por medios accesibles, y en conjunto se complementan para ofrecer una perspectiva global de su trabajabilidad.

Dichas características son:

- 1) homogeneidad y uniformidad.

- 2) consistencia.
- 3) temperatura de la mezcla.
- 4) estabilidad.
- 5) compactibilidad.

### 2.3.1.3. Consistencia.

La consistencia está definida por el grado de humedecimiento de la mezcla, depende principalmente de la cantidad de agua utilizada, el equipo necesario para realizar la consistencia del concreto consiste en un tronco de cono, los dos círculos de las bases son paralelos entre si midiendo 20 cm y 10 cm los diámetros respectivos, la altura del molde es de 30 cm. (Abanto Castillo, 1995).

*Tabla 8: Consistencia de mezcla de concreto.*

Consistencia	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

Fuente: Flavio Abanto Castillo, "Tecnología del concreto", Pág. 49

Para medir la trabajabilidad de las mezclas se utilizará la prueba de revenimiento, o asentamiento en el cono de Abrams, siguiendo la norma ASTM C 143.

### 2.3.1.4. Temperatura de la mezcla.

La variación de la temperatura del concreto al ser mezclado, puede ser una causa importante de cambios en la consistencia de las mezclas y un obstáculo para lograr una adecuada uniformidad en la calidad del concreto. La temperatura de una mezcla de concreto recién elaborada, depende básicamente de la temperatura de cada uno de sus componentes y de las respectivas cantidades en que se emplean, de manera que puede ser calculada con razonable aproximación conociendo dichas temperaturas y cantidades (United States Bureau of Reclamation, USBR, 1975). Bajo condiciones de clima cálido, se requiere una mayor cantidad de agua para.



Una determinada consistencia o asentamiento. De los experimentos realizados por Soroka, 1993, citado por Ortiz (2005), indica que un aumento de 10°C en la temperatura del hormigón tiene como consecuencia la disminución en el asentamiento inicial de aproximadamente 25 mm; de igual forma, por cada 10°C de aumento en la temperatura del concreto, se necesitarán de 4 a 6 kg/m<sup>3</sup> de agua para mantener un mismo asentamiento.

Ortiz (2005) afirma que el efecto de la temperatura en la demanda de agua es principalmente producido por su efecto en la velocidad de la hidratación del cemento, evaporación del agua de amasado y la absorción de los áridos de esta agua.

En ningún caso la temperatura del concreto al ser colocado será mayor a 32°C ni menor de 13°C. El concreto deberá así mantener su temperatura mínima no menos de tres días para lograr conseguir al final del periodo de protección las propiedades deseadas para el concreto (Rivva López, 2010c).

### **2.3.2. Propiedades en estado endurecido.**

#### **2.3.2.1. Resistencia a la compresión.**

La resistencia a la compresión puede ser definida como la máxima medida de resistencia que ofrece un espécimen de concreto a una carga axial. Esta se determina de acuerdo a lo estipulado en la norma ASTM C39.

Generalmente se expresa en kilogramos por centímetro cuadrado (Kg/cm<sup>2</sup>) a una edad de 28 días se le designe con el símbolo  $f' c$ . Para determinar la resistencia a la compresión, se realizan pruebas de mortero o de concreto.

Los principales factores que afectan a la resistencia son la relación a/c y la edad, o el grado a que haya progresado la hidratación. (Rivera Quio, 2014).

#### **2.3.2.2. Desarrollo de la resistencia a la compresión del concreto.**

Para obtener un concreto de buena calidad, después del mezclado le sigue un curado adecuado durante las primeras etapas de su endurecimiento.

**Tabla 9: Relación entre la resistencia a la compresión del concreto en diferentes etapas y la resistencia a los 28 días.**

<b>Tiempo</b>	<b>7 días</b>	<b>14 días</b>	<b>28 días</b>	<b>90 días</b>	<b>6 meses</b>	<b>1 año</b>	<b>2 años</b>	<b>5 años</b>
$f'c(t)/f'c28$	0.67	0.86	1	1.17	1.23	1.27	1.31	1.35

Fuente: (Harmsen, 1995, p.22).

## **2.4. ALMACENAMIENTO DEL CEMENTO SEGUN NTP 334.009.**

Cementos Portland. Requisitos.

La American Society of Testing Materials (ASTM) y la Norma Técnica Peruana (NTP) son muy parecidas en sus capítulos referidos a los requisitos del cemento, y mencionan una breve consideración para el almacenamiento del cemento:

El cemento debe almacenarse de forma tal que permita un fácil acceso para una apropiada inspección e identificación de cada cargamento, y en edificaciones, contenedores o empaques adecuados que protegerán al cemento de las condiciones climáticas como la humedad para minimizar el deterioro por almacenamiento. (NTP 334.009, 2013, pág. 20).

### **2.4.1. Causas de la formación de grumos.**

Formación de grumos se hace mención a las consecuencias de almacenar el cemento en periodos largos; la consecuencia principal de esta condición es la formación de grumos, las causas principales son dos, la primera es la compactación del cemento que es producido por el apilamiento excesivo de bolsas de cemento (más de doce bolsas según lo indicado anteriormente), la segunda es la hidratación del cemento producida por la exposición a la humedad del ambiente, paredes o suelo. (Cana & Quispe, 2018).

#### **2.4.1.1. Apilamiento del cemento.**

En la mayoría de situaciones, ya sea en ferreterías o almacenes de obra, el cemento se acomoda en pilas al momento de ser almacenado, la recomendación de la norma y especialistas indica una altura máxima de apilamiento dependiendo del tiempo de



almacenamiento, para periodos no mayores de dos meses, el apilamiento de cemento podrá llegar a una altura de doce bolsas, para mayores periodos de almacenamiento se recomienda establecer como límite de apilamiento solo ocho bolsas; cualquiera sea el caso, al apilar las bolsas de cemento a una altura mayor a la recomendada aumenta la probabilidad de formación de grumos por compactación del cemento. (Cana & Quispe, 2018).

El fenómeno de compactación del cemento es poco común y produce una condición en el cemento que es relativamente fácil de revertir, aunque genera trabajo extra y gastos de mano de obra, los grumos formados son suaves al tacto y la solución a esta condición se menciona en: (ACI, 225, 2016, pág. 22) “Pueden producirse grumos suaves en las bolsas inferiores de una pila alta, simplemente por la presión de las bolsas de arriba. Hacer rodar las bolsas unas cuantas veces normalmente rompe estos grumos”.

Además de lo mencionado por el Comité ACI 225, se recomienda realizar un proceso de molienda para los grumos de tamaño y dureza superior, estos procesos están permitidos por la norma porque el cemento aún conserva todas sus propiedades intactas a pesar de haberse formado grumos, la razón de la conservación de la calidad del cemento es que las partículas del cemento aún no se han hidratado y la formación de grumos sólo se produjo por adherencia mecánica de las partículas de cemento.

#### **2.4.1.2. Exposición a la humedad.**

El cemento almacenado sin seguir las consideraciones para el buen almacenamiento puede estar frente a varias fuentes de humedad, a continuación, se mencionan las principales fuentes de humedad a las que el cemento puede estar expuesto:

- Humedad del suelo: el cemento que descansa sobre el suelo por la ausencia de parihuelas o la altura de estas no es la adecuada (mínimo 10 cm) estará expuesto a la humedad del terreno de descanso.



- **Humedad de los muros:** cuando la distancia entre las pilas de cemento y los muros del almacén es menor de 60 cm, estas serán expuestas y afectadas por la humedad de los muros.
- **Humedad del ambiente:** cuando el cemento no se encuentra protegido por una cobertura de mantas impermeables, se verá expuesto a los efectos directos del ambiente como humedad relativa y vientos. (Cana & Quispe, 2018).

Todas estas fuentes de humedad producen el efecto de hidratación parcial del cemento almacenado, esta condición se denomina Warehouse set, que en español significa deterioro por almacenamiento, su definición mencionada en (Terminología del cemento y concreto, 2000, pág. 121) es “la hidratación parcial del cemento almacenado por un tiempo y expuesto a la humedad ambiente”.

A diferencia de los grumos formados por compactación del cemento, que se producen por la adherencia mecánica de las partículas de cemento, los grumos formados por hidratación del cemento ya no pueden volver a la normalidad, es decir, las propiedades, integridad física y calidad del cemento se verán disminuidas dependiendo del grado de hidratación (Cana & Quispe, 2018).

#### **2.4.1.3. Consecuencias de la formación de grumos.**

Esta investigación se centra en los grumos formados por hidratación del cemento al estar expuesto a diferentes fuentes de humedad, porque estos grumos producen cambios irreversibles en las diferentes propiedades del cemento, a diferencia de los grumos formados por compactación del cemento que pueden revertirse. Los cambios en el cemento producidos por la formación de grumos se mencionan a continuación:

- **Cambio en las propiedades físico-químicas:** Respecto al cambio de las propiedades físico-químicas aún no se definen específicamente los cambios que sufre el cemento almacenado, los cambios en estas propiedades se mencionan por (Ossa, 1974):



Los cambios de las propiedades del cemento se llevan a cabo primeramente por una hidratación y luego por una carbonatación de los silicatos, aluminatos y eventualmente de los álcalis libres. Esta acción recae en las partículas más pequeñas, lo que produce la impresión de encontrarse con un cemento de granulometría diferente a la original, con escasez de partículas muy finas. (Ossa, 1974, pág. 85)

- **Fraguado de bolsa (bag set):** Se caracteriza por la presencia de grumos en el cemento almacenado bajo condiciones de humedad, la causa es la reacción química entre el cemento y la humedad presente en el aire. Aumentando el contenido de pérdidas al fuego que varía en intensidad de acuerdo a la humedad del aire. El fraguado de bolsa con grumos puede interrumpirse, cuando aún se encuentra en estado flojo, ocurriendo de nuevo solamente en el mismo material bajo una exposición similar. El fraguado de bolsas ocasiona alteraciones en el comportamiento normal de un cemento:

- Mayor cantidad de agua para lograr la consistencia normal de la pasta.
- Mayor tiempo de mezclado del concreto.
- Caída de las resistencias.
- Variación en el tiempo de fraguado, en algunos casos fraguado rápido.

(Rincon, 2006)

Se puede estimar que el empleo de cemento hidratado en un 30% referido al peso total, con gránulos no mayores de 1/4" trae como consecuencia una reducción en la resistencia a 28 días del orden del 25%, dependiendo del cemento en particular. (Pasquel, 1998)

- **Cambio en las propiedades mecánicas:** Cuando nos referimos al cambio en las propiedades mecánicas del cemento, hacemos referencia al cambio en las propiedades mecánicas del concreto elaborado con este cemento, en la bibliografía se hace mención especial a la resistencia a la compresión del concreto:



Se sabe que el almacenamiento del cemento puede afectar su propiedad más importante: la resistencia a la compresión del concreto. (...) Se ha encontrado un retardo en el fraguado, bajo desarrollo del calor de hidratación y densidades más bajas que las muestras de concreto con cemento fresco. Los valores de resistencia a 28 días se redujeron en 30%. (...), pero solamente en un 12% si las bolsas son cubiertas con un manto de polietileno.

Otras investigaciones, como la realizada por Maultzsch et al., estudiaron el comportamiento del cemento a tiempos mucho mayores de almacenamiento (10 a 15 años), determinando que el valor de resistencia a la compresión a 2 días de vaciado sufre una reducción entre 40 a 60%, mientras que, para 10 semanas de almacenamiento, la resistencia a la compresión a 28 días de vaciado se redujo sólo 20%. (Aranda, Quispe, & La Jara, pág. 3)

Es necesario que el cemento almacenado por periodos mayores de 60 días sea controlado en laboratorio antes de su empleo en obras. (Ossa, 1974, pág. 103).

#### **2.4.2. Pre hidratación del cemento.**

Son reacciones no deseadas entre el cemento y el agua o vapor de agua que se producen antes que comience la hidratación propiamente dicha.

Las reacciones de pre hidratación pueden ocurrir durante el proceso de molienda, almacenamiento y/o transporte. El agua necesaria para esas reacciones puede ser originada de la deshidratación del yeso, durante la molienda o el almacenamiento del cemento o estar presente en el aire, en condiciones de humedad alta (>75%), también puede proceder del agua de refrigeración del molino y de la humedad de los materiales utilizados en la adición.

El proceso de pre hidratación del cemento está relacionado con la hidratación parcial del aluminato tricíclico (C3A) y su reacción con los sulfatos alcalinos langbeinita  $K_2Ca_2(SO_4)_3$  y arcanita ( $K_2SO_4$ ) del Clinker y el yeso del cemento.

El fenómeno de pre hidratación se manifiesta en el cemento especialmente a través de la disminución de resistencias mecánicas y el alargamiento de los tiempos de fraguados. La influencia en las resistencias mecánicas a edades tempranas puede muchos casos representar una disminución del 25% dependiendo de la intensidad del fenómeno.

El alargamiento de los tiempos de fraguados se atribuye a que la cinética de la reacción de los cristales del C3A con yeso, es más lenta, dado que la hidratación que ocurre en la superficie de los cristales del C3A, interfiere en la capacidad de reacción con el yeso.

- **Consecuencias de la pre hidratación del cemento**

Problemas en las características del polvo: Problemas de plasticidad, Formación de terrones, Atascamiento en los silos, Formación de costras en las bolsas, Resistencias reducidas, Cambio en las características del fraguado.

### 2.4.3. Condiciones climáticas en la ciudad de Puno.

	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Temperatura media (°C)	9	9.1	8.9	8.1	7.1	6.7	6.4	7.4	8.4	9.2	10.3	9.7
Temperatura min. (°C)	5.3	5.5	5	3.1	0	-1.2	-1.4	-0.4	1.5	3.3	4.4	5.2
Temperatura máx. (°C)	13.3	13.3	13.4	13.3	13.8	14	13.9	14.6	15.1	15.2	16.1	14.6
Precipitación (mm)	236	211	180	91	24	11	11	23	54	90	97	162
Humedad(%)	74%	75%	75%	71%	54%	42%	42%	43%	47%	53%	50%	65%
Días lluviosos (días)	20	18	19	13	5	2	2	4	9	12	12	17

**Figura 1. Puno Condiciones climáticas // datos históricos del tiempo**

Fuente: Climate-data.org



#### **2.4.3.1. Condiciones del medio ambiente.**

La concentración aproximada de dióxido de carbono es 0.03% en volumen, este valor suele ser constante en diferentes climas y es relativamente bajo, pero es suficiente para provocar formación de grumos en el cemento expuesto directamente a las condiciones del medio ambiente.

#### **2.4.3.2. Humedad relativa.**

La Humedad relativa es la cantidad de humedad en el aire comparado con la que el aire puede mantener a una determinada temperatura, la cantidad de vapor de agua contenida en el aire, normalmente es menor que el necesario para saturar el ambiente, en este sentido la humedad relativa es una fracción de la humedad de saturación, que se calcula normalmente mediante una relación con la densidad del vapor de saturación y al ser una comparación entre dos valores de la misma unidad, la humedad relativa se convierte en un valor adimensional que debe ser expresado en porcentaje. La humedad relativa es un término que suele confundirse con la cantidad de agua o vapor que está presente en el aire, si este fuera el caso, cuando la humedad relativa estuviera próximo al 100% significaría que el aire solamente es agua. En cambio, cuando la humedad relativa está cercana al 100% suele producirse niebla y rocío.

#### **2.4.3.3. Temperatura.**

La temperatura es una magnitud que mide el calor o nivel térmico que un cuerpo posee. Cualquier sustancia o cuerpo en cualquier estado de la materia (sólido, líquido o gaseoso), está formado por moléculas que se encuentra en movimiento y poseen energía cinética, la sumatoria de la energía de todas las moléculas del cuerpo se denomina energía térmica, la temperatura es la medida promedio de esa energía. La temperatura se mide con el termómetro y puede ser expresada en tres unidades, estas son grados Fahrenheit (°F), grados Celsius (°C) y grados Kelvin (°K). La escala que se usa comúnmente en Perú



es la de grados Celsius, la cual divide en 100 grados el intervalo entre el punto de congelación (0 °C) y el punto de ebullición del agua (100 °C).

#### **2.4.3.4. Contenido de agua en el aire.**

El contenido de agua en el aire es una magnitud que mide la cantidad en peso de agua presente en cierto volumen de aire, el peso de agua se mide en gramos y el volumen de aire se mide en metros cúbicos (m<sup>3</sup>), es por esto que la unidad de medida del contenido de agua en el aire es gramos por metro cúbico (g/m<sup>3</sup>). Esta magnitud depende de la cantidad de vapor de agua que puede absorber el aire, y a su vez la cantidad de vapor de agua que el aire puede absorber depende de su temperatura, el aire caliente puede absorber más cantidad de vapor de agua que el aire frío.

### **2.5. ANÁLISIS ESTADÍSTICO Y PRUEBA DE HIPÓTESIS.**

#### **2.5.1. Análisis estadístico.**

El análisis estadístico es de importancia en la evaluación de los resultados obtenidos porque nos permite tener certeza de la confiabilidad de los valores extraídos de las pruebas y en función a los parámetros estadísticos poder evaluar los resultados.

Para tener la confiabilidad de los datos se ha considerado evaluar los resultados de resistencia a la compresión, con los parámetros del coeficiente de variación y desviación standard, en función a la tabla 10.

**Tabla 10: Coeficiente de variación y desviación estándar.**

<b>Dispersión total</b>					
<b>Clase de operación</b>	<b>Desviación estándar para diferentes grados de control (kg/cm)</b>				
	<b>Excelente</b>	<b>Muy bueno</b>	<b>Bueno</b>	<b>Suficiente</b>	<b>Deficiente</b>
Concreto en obra	menor a 28.1	28.1 a 35.2	35.2 a 42.2	42.2 a 49.2	mayor a 49.2
Concreto en laboratorio	menor a 14.1	14.1 a 17.6	17.6 a 21.1	21.1 a 24.6	mayor a 24.6

<b>Dispersión entre testigo</b>					
<b>Clase de operación</b>	<b>Coeficiente de variación para diferentes Grados de control (%)</b>				
	<b>Excelente</b>	<b>Muy bueno</b>	<b>Bueno</b>	<b>Suficiente</b>	<b>Deficiente</b>
Concreto en obra	menor a 3	3 a 4	4 a 5	5 a 6	mayor a 6
Concreto en laboratorio	menor a 2	2 a 3	3 a 4	4 a 5	mayor a 5

Fuente: Tópicos de Tecnología del Concreto, Ing. Enrique Pasquel Carvajal.

**Tabla 11: rango aceptable en fuerza individual de cilindros.**

	<b>Coeficiente de variación</b>	<b>Rango aceptable en fuerza individual de cilindros</b>	
6 X 12 pulg. (150x300mm)		2 Cilindros	3 Cilindros
Condiciones de laboratorio	2,40%	6,60%	7,80%
Condiciones de campo	2,90%	8,00%	9,50%
4X8 pulg. (100X200mm)			
Condiciones de laboratorio	3,20%	9,00%	10,60%

Fuente: Adoptado de la Norma ASTM C 39.

### 2.5.2. Definiciones de conceptos estadísticos.

A continuación, definiremos los elementos estadísticos y empezaremos según como se desarrolló el análisis estadístico:

**Rango de datos (R):** Llamado también recorrido de los datos, el rango es la diferencia entre el máximo y mínimo valor de un conjunto de datos.

$$R_X = X_{MAX} - X_{MIN}$$

**Número de intervalos de clase (K):** Este valor está relacionado con la cantidad de datos (n) de la muestra y generalmente se calcula con una regla de Sturges definida por:

$$K = 1 + 3.3 * \text{Log}(n)$$

**Tamaño de intervalos de clase (C):** Para efectos de hallar la longitud o tamaño de los intervalos de clase de igual tamaño utilizamos la siguiente relación:

$$C = \frac{R_x}{K}$$

### 2.5.2.1. Medidas de variación o dispersión.

Las medidas de variación o dispersión están relacionadas con las medidas de tendencia central, ya que lo que pretende es cuantificar como de concentrados o dispersos están los datos respecto a estas medidas. Nos limitaremos a dar medidas de dispersión asociadas a la media.

**La media aritmética:** es el promedio aritmético de todos los resultados de los ensayos.

$$\bar{X} = \frac{f_1 * X_1 + f_1 * X_2 + f_1 * X_3 + \dots + f_1 * X_n}{n}$$

**La varianza:** cuando la población es finita y está formado por n valores, la varianza se define como:

$$\sigma^2 = \frac{(x_1 - \bar{X})^2 + (x_2 - \bar{X})^2 + \dots + (x_n - \bar{X})^2}{n - 1}$$

**La desviación estándar:** es la raíz cuadrada de la varianza y nos indica que tan dispersos están los resultados de la media aritmética.

$$\sigma = \sqrt{\frac{(x_1 - \bar{X})^2 + (x_2 - \bar{X})^2 + \dots + (x_n - \bar{X})^2}{n - 1}}$$

**El Coeficiente de Variación:** es la división entre la desviación estándar y la media aritmética de las muestras, expresado en porcentaje. También conocida como coeficiente de variación existente entre la desviación estándar y la media, esta medida indica que entre mayor porcentaje de variación es mayor la dispersión.

$$CV = \frac{\sigma}{\bar{X}} * 100 \%$$

### 2.5.2.2. Distribución T de Student.

Se utiliza para detectar la existencia de diferencias significativas entre las medias de una determinada variable cuantitativa en dos grupos de datos.

#### Requisitos.

- Datos distribuidos según una distribución normal en cada grupo.
- Las varianzas de las dos muestras han de ser iguales.
- Muestras independientes y menores a 30.

Las hipótesis pueden ser de:

#### Hipótesis de dos colas.

Recibe también el nombre de prueba bilateral, debido a que es importante detectar diferencias a partir de un valor hipotético de la media  $\mu_0$  que se encuentre en cualquier lado de  $\mu_0$  en una prueba de ese tipo, la región crítica se separa en dos partes con la misma probabilidad en cada cola de la distribución de la estadística de prueba.

$$H_1: \mu_{\bar{X}_{P,AD}} = \mu_{\bar{X}_C} \rightarrow H_0: \mu_{\bar{X}_{P,AD}} = \mu_{\bar{X}_C}$$

#### Hipótesis de una cola

La hipótesis establece que existen diferencias entre las medias de los grupos considerados, presuponiendo que una de las dos medias es mayor que la otra.

La hipótesis nula establece que no existen diferencias entre dichas medias, o que las diferencias van en sentido contrario a como han sido expresadas en la hipótesis.

$$H_1: \mu_{\bar{X}_{P,AD}} > \mu_{\bar{X}_C} \rightarrow H_0: \mu_{\bar{X}_{P,AD}} \leq \mu_{\bar{X}_C} \quad \text{o} \quad H_1: \mu_{\bar{X}_{P,AD}} < \mu_{\bar{X}_C} \rightarrow H_0: \mu_{\bar{X}_{P,AD}} \geq \mu_{\bar{X}_C}$$

### 2.5.3. Prueba de hipótesis.

Para poder obtener conclusiones respecto a una población es necesario acudir a la estadística inferencial, que en función a estimadores como son: la desviación estándar, la media, mediana, moda, etc., y técnicas: la prueba de hipótesis y la estimación de parámetros; nos permiten inferir sobre las características de la misma.

La hipótesis en la estadística es una proposición que hace el investigador con base en uno o varios parámetros que permiten que ésta sea aceptada o rechazada respecto a un solo número (estimador puntual), todo el procedimiento de toma de decisiones sobre la hipótesis se llama “PRUEBA DE HIPÓTESIS”.

Para poder utilizar la prueba de hipótesis los datos deberán representar una distribución normal. Con la finalidad de evaluar las hipótesis planteadas, se realizó la prueba de hipótesis de igualdad de dos medias y varianzas conocidas.

El esquema para realizar una prueba de hipótesis acerca de un parámetro “ $\mu$ ” es el siguiente:

**Identificar el parámetro de interés:** Es decir, en base a qué parámetros se evaluará la hipótesis, pudiendo ser este parámetro la media “ $\mu$ ” de la Población.

Para el caso de esta investigación el parámetro de interés es la resistencia a la compresión promedio de cada grupo de concreto en estudio, se denotará como “ $\mu$ ”.

**Establecer la hipótesis nula ( $H_0$ ):** La hipótesis nula no tiene alternativas de cambio, está basada en un solo valor exacto del parámetro poblacional, generalmente se construye esta hipótesis como una igualdad ( $\mu_1 = \mu_2$ ).

Sin embargo para la comparación de dos poblaciones, como es el caso de la presente investigación se plantea la siguiente Hipótesis Nula  $H_0: \mu_1 \leq \mu_2$ .

**Especificar una apropiada hipótesis alternativa ( $H_a$ ):** Existen dos tipos de hipótesis alternativa; la primera de ellas es la hipótesis bilateral la cual se utiliza cuando la conclusión que se quiere obtener no implica ninguna dirección específica, y la respuesta será “no es igual a”. La segunda es la denominada hipótesis unilateral, que es la que se aplica en esta investigación, se utiliza cuando las proposiciones planteadas deben ser respondidas como “mayor que”, “menor que”, etc.



- Si  $H_a: u_1 > u_2$ , significa que la región crítica se encuentra en la cola superior de la distribución normal del estadístico de prueba.
- Si  $H_a: u_1 < u_2$ , significa que la región crítica se encuentra en la cola inferior de la distribución normal del estadístico de prueba.

Para fines de esta investigación se plantea,  $H_a: u_1 > u_2$ .

**Seleccionar el nivel de significancia ( $\alpha = 0.05, 0.01$  o  $0.10$ ):** Los niveles de significancia

más recomendados son:

- $\alpha = 0.10$  con 90% de probabilidad de certeza.
- $\alpha = 0.05$  con 95% de probabilidad de certeza.
- $\alpha = 0.01$  con 99% de probabilidad de certeza.

## CAPÍTULO III

### MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1. UBICACIÓN GEOGRÁFICA DEL ESTUDIO.

El presente proyecto se desarrolló en la ciudad de Puno, la región Puno está ubicada en la sierra sudeste del país, en la meseta del Collao a:  $13^{\circ}00'66''00''$  y  $17^{\circ}17'30''$  de latitud sur y los  $71^{\circ}06'57''$  y  $68^{\circ}48'46''$  de longitud oeste del meridiano de Greenwich. Limita por el Sur, con la región Tacna. Por el Este, con la República de Bolivia y por el oeste, con las regiones de Cusco, Arequipa y Moquegua.

#### 3.2. PERIODO DE DURACIÓN DEL ESTUDIO.

El estudio se inició en el mes de diciembre del año 2018 adquiriéndose los materiales para realizar la investigación y tuvo una duración de 11 meses.

*Tabla 12: Periodo de duración del estudio.*

Actividad	Mes											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
Adquisición del cemento	x	x	x	x	X	x	x	x	x	x	x	

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

- El estudio preliminar, está comprendido con las siguientes actividades:  
Reconocimiento de cantera y Transporte de muestras a laboratorio.
- Estudio definitivo, Ensayos realizados en el laboratorio de construcciones de la escuela

#### 3.3. PROCEDENCIA DEL MATERIAL UTILIZADO.

**CANTERA WILUYO:** La ubicación de la cantera permite conocer la accesibilidad al material así como la influencia en el mercado, y su aplicación en la ciudad de Puno.

**UBICACIÓN:** Km. 24+000 de la Ciudad Puno, salida a Moquegua.

**ACCESO:** Lado derecho del puente wiluyo.

**PROPIETARIO:** Municipalidad distrital de Pichacani.

MATERIAL: Arena y grava de río.

*Tabla 13: Coordenadas de cantera Wiluyo.*

Coordenadas de UTM			
Cantera	Este	Norte	Cota
Wiluyo	470404.69	8165279.00	3885

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

### 3.3.1. Cemento portland puzolanico IP.

Distribuido por YURA S.A, cemento portland IP, cemento cemento portland puzolanico ip frontera ultra fuerte. ubicada en carretera Yura Km 26 Arequipa-Perú.



*Figura 2. Fecha de inicio de almacenamiento.*

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

### 3.3.1. Aditivo superplastificante SIKA CEM<sup>o</sup>.



*Figura 3. Aditivo superplastificante.*

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

## 3.4. METODOLOGÍA EXPERIMENTAL.

### 3.4.1. Reducción de muestras de agregados a tamaños de prueba.

La norma técnica La norma NTP 400.043 define los procedimientos para reducir la muestra total obtenida en campo o producida en el laboratorio, ya sea de agregado grueso o fino, a un tamaño conveniente, para la realización de una serie de ensayos que describan al material y midan su calidad, de tal manera que la porción más pequeña, sea



representativa de la muestra total suministrada. Para la conformación de muestras de ensayo, en la práctica se emplea el método de cuarteo manual.

### **3.4.2. Peso unitario del Agregado fino y grueso.**

- **Normativa ASTM C 29-97**

El peso unitario es el peso por unidad de volumen del material, en condiciones de compactación y humedad que se efectúa en el ensayo, expresado en  $\text{kg/m}^3$ ; en la cual el volumen incluye el volumen de las partículas individuales y el volumen de vacíos entre partículas. Para el proporcionamiento de mezclas de concreto.

De forma resumida, el peso unitario consiste en determinar la densidad total como resultado de dividir la masa de un agregado seco y el volumen que este ocupa incluyendo los vacíos de aire entre las partículas.

- **Peso unitario suelto (PUS)**

El peso unitario, es el peso por unidad de volumen del material, en condiciones de compactación y humedad que se efectúa en el ensayo, expresado en  $\text{kg/m}^3$ ; en la cual el volumen incluye el volumen de las partículas individuales y el volumen de vacíos entre partículas.

- **Peso unitario compacto (PUC)**

Para poder determinar el (PUC), se colocan los agregados al interior de molde, y es sometido a una compactación (golpes por la varilla), incrementando así el grado de acomodamiento de los agregados. Hasta llegar al borde y enrasar con la varilla nuevamente. El valor de peso unitario, es de gran utilidad para el cálculo de por ciento de vacíos de los materiales.

- **Equipo utilizado**

Son: Balanza, Molde y varilla, Agregados (fino y grueso), Vernier, Flexómetro y cucharón.

- **Procedimientos**

Peso unitario del agregado suelto (PUS): Se obtiene el peso y las dimensiones (diámetro y altura) del molde, se llena el molde con el agregado a una altura de 5cm aproximado hasta llegar al borde del molde y luego se enrasa con la varilla se pesa el molde con el agregado suelto; se resta el peso del molde para obtener el peso del agregado suelto, el procedimiento se realiza tres veces.

El peso unitario suelto se obtiene de la siguiente manera:

$$\text{PUS} = \frac{W_{\text{suelto}}}{\text{Vol. molde}} (\text{Kg}/\text{m}^3)$$



*Figura 4. Ensayo del peso unitario suelto*

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

Peso unitario del agregado compacto (PUC): Se llena la tercera parte del molde con agregado y se compacta con la varilla 25 golpes para el acomodo del agregado en el molde para reducir los espacios vacíos, se llena los 2/3 de del molde con agregado, nuevamente se compacta con la varilla 25 golpes, sin penetrar en la capa previa ya compactada, llenar el resto del molde con agregado y nuevamente se compacta y luego se enrasa con la varilla, se pesa el molde con el agregado compactado; se resta el peso del molde para obtener el peso del agregado compactado.

El peso unitario compactado se obtendrá de la manera siguiente:

$$PUC = \frac{W_{compacto}}{Vol. molde} (Kg/m^3)$$



*Figura 5. Ensayo del peso unitario compactado*

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

- **Cálculos**

*Tabla 14: cálculo del peso unitario suelto del agregado fino.*

<b>Molde Nro.</b>	<b>I</b>	<b>II</b>	<b>III</b>
Peso del molde gr.	10025	10025	10025
Peso molde + muestra gr.	18835	18845	18900
Peso de la muestra gr.	8810	8820	8875
Volumen del molde cm <sup>3</sup> .	5377.437	5377.437	5377.437
peso unitario gr/cm <sup>3</sup> .	1.638	1.64	1.65
Peso unitario humedo kg/m <sup>3</sup> .		1643	
Peso unitario seco kg/m <sup>3</sup> .		1643	

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.



**Tabla 15: cálculo del peso unitario compactado del agregado fino.**

<b>Molde Nro.</b>	<b>I</b>	<b>II</b>	<b>III</b>
Peso del molde gr.	10025	10025	10025
Peso molde + muestra gr.	19500	19550	19535
Peso de la muestra gr.	9475	9525	9510
Volumen del molde cm <sup>3</sup>	5377.437	5377.437	5377.437
Peso unitario gr/cm <sup>3</sup>	1.762	1.771	1.769
Peso unitario humedo kg/m <sup>3</sup>		1767	
Peso unitario seco kg/m <sup>3</sup> .		1767	

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

**Tabla 16: cálculo del peso unitario suelto del agregado grueso.**

<b>Molde Nro.</b>	<b>I</b>	<b>II</b>	<b>III</b>
Peso del molde gr.	10025	10025	10025
Peso molde + muestra gr.	18260	18260	18200
Peso de la muestra gr.	8235	8235	8175
Volumen del molde cm <sup>3</sup>	5377.437	5377.437	5377.437
Peso unitario gr/cm <sup>3</sup>	1.531	1.531	1.52
Peso unitario humedo kg/m <sup>3</sup>		1528	
Peso unitario seco kg/m <sup>3</sup> ,		1528	

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

**Tabla 17: cálculo del peso unitario compactado del agregado grueso.**

<b>Molde Nro.</b>	<b>I</b>	<b>II</b>	<b>III</b>
Peso del molde gr.	10025	10025	10025
Peso molde + muestra gr.	19280	19075	19150
Peso de la muestra gr.	9255	9050	9125
Volumen del molde cm <sup>3</sup>	5377.437	5377.437	5377.437
Peso unitario gr/cm <sup>3</sup>	1.721	1.683	1.697
Peso unitario humedo kg/m <sup>3</sup>		1700	
Peso unitario seco kg/m <sup>3</sup>		1700	

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

- **Resultados**

*Tabla 18: resultado del peso unitario suelto y compactado del agregado fino y grueso.*

Descripción	Agregado Fino	Agregado Grueso
<b>Peso unitario suelto (kg/m<sup>3</sup>)</b>	1643 kg/m <sup>3</sup>	1528 kg/m <sup>3</sup>
<b>Peso unitario compactado (kg/m<sup>3</sup>)</b>	1767 kg/m <sup>3</sup>	1700 kg/m <sup>3</sup>

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

### 3.4.3. Análisis granulométrico de agregados gruesos y finos por tamizado.

Este método de ensayo tiene por objeto determinar cuantitativamente la distribución de los tamaños de las partículas de agregados gruesos y finos de un material, por medio de tamices de abertura cuadrada progresivamente decreciente. Este método también se puede aplicar usando mallas de laboratorio de abertura redonda, y no se empleará para agregados recuperados de mezclas asfálticas.



*Figura 6. Granulometría de agregados*

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

- **Equipos y materiales**

Son: balanza (Con sensibilidad de por lo menos 0.1 gramos o 0.1% de la masa de la muestra que va a ser ensayada), Tamices (Se dispondrá de la serie de tamices (de abertura cuadrada) de ensayo adecuada para obtenerla información deseada. Los marcos de los tamices se deberán acoplar de forma que se evite cualquier pérdida de material durante el proceso de tamizado), Horno (De tamaño adecuado, capaz de mantener una temperatura uniforme de  $110^{\circ} \pm 5^{\circ}\text{C}$ ), Muestra (Las muestras para el ensayo se obtendrán por medio



de cuarteo, manual o mecánico. El agregado debe estar completamente mezclado antes de cuartearlo y tener la suficiente humedad para evitar la segregación y la pérdida de finos. La muestra para el ensayo debe tener la masa seca aproximada y consistir en una fracción completa de la operación de cuarteo).

- **Agregado fino**

Las muestras de agregado fino para el análisis granulométrico, después de secadas, deberán tener una masa mínima de 500 g.

- **Agregado grueso**

Las muestras de agregado grueso para el análisis granulométrico, después de secadas, deberán tener aproximadamente las siguientes masas:

*Tabla 19: Determinación del peso mínimo*

Máximo tamaño nominal con aberturas cuadradas		Peso mínimo de la muestra del ensayo
Mm	Pulg	Kg
9.5	(3/8)	1
12.5	(1/2)	2
19	(3/4)	5
25	1	10
37.5	(1 1/2)	15
50	2	20
63	(2 1/2)	35
75	3	60
90	(3 1/2)	100
100	4	150
125	5	300

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

La muestra para nuestro ensayo es 10 kg, obtenida de la cantera de agregados de la cantera wiluyo. Tamizado por el tamiz de referencia N°4(4,76mm), se separó el agregado fino y grueso seleccionado para el ensayo.

- **Procedimiento**

Se seca la muestra a la intemperie.

Se Tamiza por el tamiz de referencia N°4(4,76mm), se separó el agregado fino y



grueso seleccionado para el ensayo.

Se selecciona un grupo de tamices de referencia para suministrar la información requerida por las especificaciones del material que se va a ensayar. Se encajan los tamices en orden decreciente, por tamaño de abertura y se coloca la muestra porción de muestra si el material se va a tamizar por porciones) sobre el tamiz superior. Se agitan los tamices mano o por medio de la tamizadora mecánico, durante un período adecuado.

Se determina la masa de la muestra retenida en cada tamiz, con una balanza que cumpla lo exigido. La masa total del material después del tamizado debe ser muy próxima a la masa de la muestra original colocada sobre los tamices. Si las cantidades difieren en más de 0.3% de la masa original de la muestra seca, los resultados no podrán ser utilizados para fines de aceptación.

- **Cálculos y resultados**

Se calculan los siguientes porcentajes:

El porcentaje retenido parcial, el porcentaje retenido acumulado; Cuando la muestra se haya ensayado por porciones, se deberán totalizar las masas de todas las porciones retenidas en cada tamiz y usar dichos totales para calcular los porcentajes.

$$\% \text{ Retenido Parcial} = \frac{\text{Peso retenido (g)}}{\text{Peso total}} \times 100$$

$$\% \text{ Retenido Acumulado} = \sum \% \text{ Retenido Parcial}$$

Se calcula el módulo de finura, cuando así se prescriba, sumando los porcentajes totales de material en la muestra, retenidos en los tamices siguientes y dividiendo la suma por 100: tamices 150  $\mu$  m (No.100), 300  $\mu$  m (No.50), 600  $\mu$  m (No.30), 1.18 mm (No.16), 2.36 mm (No.8), 4.75mm (No.4), 9.5 mm (3/8”), 19.0 mm (3/4”), 37.5 mm (1/2”), y mayores que aumenten en relación 2 a 1.

Tabla 20: granulometría agregado fino

Tamices ASTM	Abertura mm	Peso Retenido	%Retenido Parcial	%Retenido Acumulado	% Que Pasa	Especif. ASTM	
3"	76.200						
2 1/2"	63.500						
2"	50.600						
1 1/2"	38.100						
1"	25.400						
3/4"	19.050						
1/2"	12.700						
3/8"	9.525						100
1/4"	6.350						
No4	4.760	0.31	0.06	0.06	99.94	95	100
No8	2.380	86.85	17.39	17.45	82.55	80	100
No10	2.000						
No16	1.190	79.72	15.96	33.41	66.59	50	85
No20	0.840						
No30	0.590	113.92	22.81	56.21	43.79	25	60
No40	0.420						
No50	0.300	162.73	32.58	88.79	11.21	10	30
No60	0.250						
No80	0.180						
No100	0.149	44.62	8.93	97.72	2.28	2	10
No200	0.074	7.34	1.47	99.19	0.81		
<b>BASE</b>		4.03	0.81	100.00	0.00		
<b>TOTAL</b>		499.52	100.00				
<b>% PERDIDA</b>		0.096%					

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

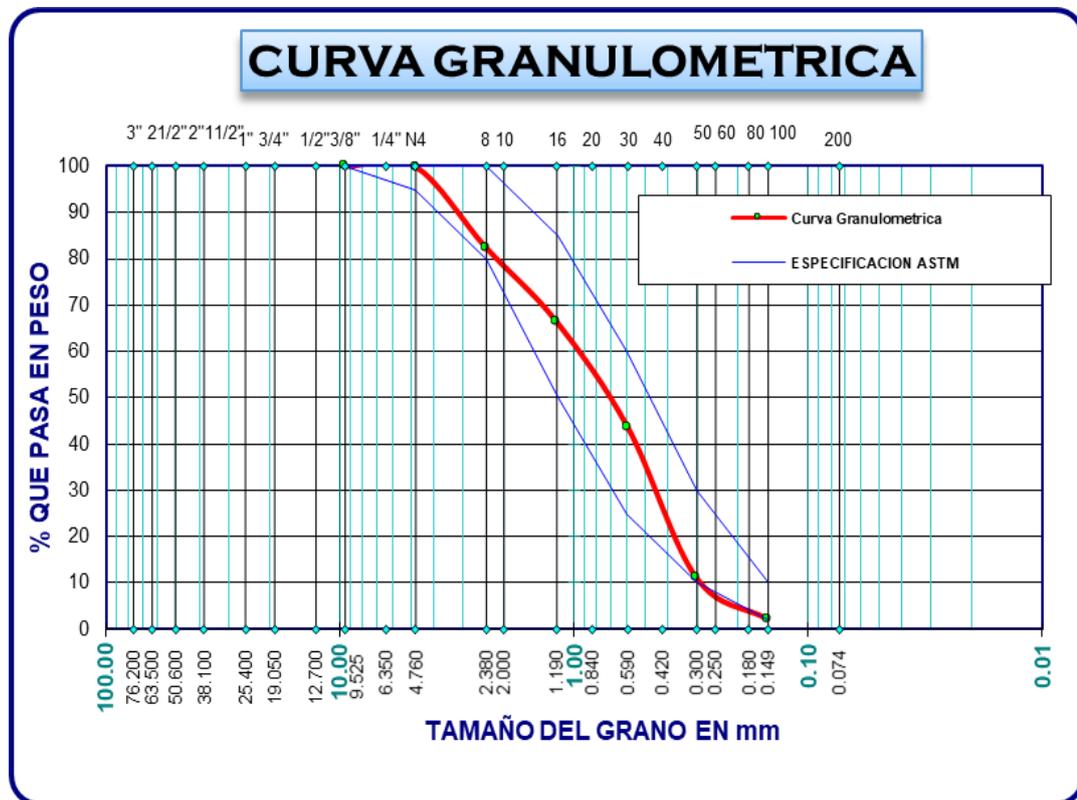


Figura 7. curva granulométrica agregado fino.

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

Tabla 21: Granulometría de agregado grueso.

Tamices ASTM	Abertura mm	Peso Retenido	%Retenido Parcial	%Retenido Acumulado	% Que Pasa	Especif. ASTM	
3"	76.200						
2 1/2"	63.500						
2"	50.600						
1 1/2"	38.100	0.00	0.00	0.00	100.00	100	100
1"	25.400	1800.00	18.00	18.00	82.00	95	100
3/4"	19.050	1930.00	19.30	37.30	62.70		100
1/2"	12.700	2820.00	28.20	65.50	34.50	25	60
3/8"	9.525	1360.00	13.60	79.10	20.90		
1/4"	6.350						
No4	4.760	2045.00	20.45	99.55	0.45	0	10
No8	2.380						
No10	2.000						
No16	1.190						
No20	0.840						
No30	0.590						
No40	0.420						
No50	0.300						
No60	0.250						
No80	0.180						
No100	0.149						
No200	0.074						
<b>BASE</b>		45.00	0.45	100.00	0.00		
<b>TOTAL</b>		10000.00	100.00				
<b>% PERDIDA</b>		0.000					

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

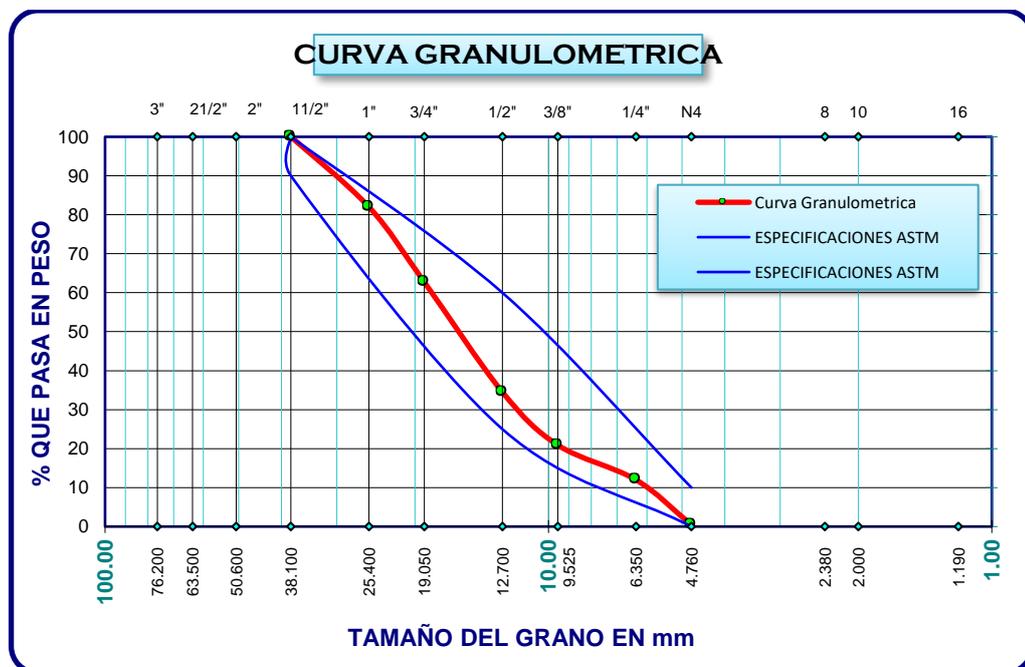


Figura 8. curva granulométrica agregado grueso.

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

### 3.4.3.1. Tamaño máximo y tamaño máximo nominal del agregado grueso.

*Tabla 22: valores del tamaño máximo y tamaño máximo nominal.*

<b>Tamaño Máximo</b>	<b>1 1/2"</b>
<b>Tamaño Máximo Nominal</b>	<b>1"</b>

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

### 3.4.3.2. Módulo de fineza de los agregados (ntp 400.011).

*Tabla 23: módulo de fineza del agregado grueso y agregado fino.*

	<b>A. Grueso</b>	<b>A. Fino</b>
<b>Módulo de Finez</b>	7.16	2.94

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo

### 3.4.4. Gravedad específica y absorción de agregados finos.

Gravedad Relativa es la relación de la densidad de un material a la densidad del agua destilada a una temperatura determinada; los valores son adimensionales.

La importancia de esta propiedad radica en la obtención de los volúmenes que ocupará un agregado en el concreto de la manera más exacta, que le ayudará mucho al ingeniero para realizar mezclas más exactas.

La absorción, es importante porque indica la cantidad de agua que puede penetrar en los poros permeables de los agregados (áridos) en 24 horas, cuando estos se encuentran sumergidos en agua.

Para los propósitos se aplicarán las definiciones contenidas en la NTP 400.022.

Esta NTP 400.022 se aplica para determinar el peso específico seco, el peso específico húmedo saturado con superficie seca, el peso específico aparente y la absorción de agregado fino, a fin de usar estos valores tanto en el cálculo y corrección de diseños de mezclas, como el control de uniformidad de sus características físicas.

- **Equipos y materiales**

Son: Balanza Electrónica con precisión de +- 0.1g, Probeta, Molde Cónico, Varilla Metálica para apisonado, Secadora, Bandeja.



- **Procedimiento**

Se coloca aproximadamente 500g del agregado fino, obtenido por método del cuarteo y secado a peso constante a una temperatura  $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ . Se cubica la muestra con agua y se deja reposar durante 24 horas. Se extiende sobre la superficie plana expuesta a una corriente suave de aire tibio y se remueve con frecuencia, para garantizar un secado uniforme. Se continúa esta operación hasta que los granos de agregado no se adhieran marcadamente entre sí. Luego se coloca en el molde cónico, se golpea la superficie suavemente 25 veces con la barra de metal y se levanta el molde verticalmente. Si existe humedad libre, el cono de agregado fino mantendrá su forma. Se sigue con el secado, revolviendo constantemente y se prueba a intervalos frecuentes hasta que el cono se derrumbe al quitar el molde. Esto significa que el agregado fino ha alcanzado una condición de superficie seca.

Se introduce de inmediato en el frasco una muestra de 500g. del material preparado, se llena de agua para alcanzar aproximadamente la marca de 500cm<sup>3</sup> a una temperatura de  $23^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ .

2Después de una hora se llena con agua hasta los 500cm<sup>3</sup> y se determina el peso total del agua introducida en el frasco con aproximación de 0.1g.

3Se saca el agregado fino del frasco, se seca a peso constante a una temperatura de  $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ , se enfría a temperatura ambiente en un secador durante ½ hora a 1 ½ y se pesa.

- **Cálculos y resultados**

Peso específico de masa seca(Pem).

$$Pem = \frac{Wo}{(V - Va)} \times 100$$

Dónde:



Pem: Peso específico de masa

Wo: Peso en el aire de la muestra secada en el horno, gramos.

V: Volumen del frasco en cm<sup>3</sup>

Va: Peso en gramos o volumen en cm<sup>3</sup> de agua añadida en el frasco

Peso específico saturado superficialmente seco.(PeSSS).

$$PeSSS = \frac{500}{V - Va} \times 100$$

Peso específico aparente.(Pea).

$$Pea = \frac{(Wo)}{(V - Va) - (500 - Wo)} \times 100$$

Absorción (Ab)

$$Ab = \frac{500 - Wo}{Wo} \times 100$$

**Tabla 24: Datos para el cálculo del peso específico y absorción del agregado fino.**

<b>Peso Específico Y Absorción de Agregado Fino (Datos)</b>		
S	Peso de la muestra de arena superficialmente seca	500
B	Peso del picnometro +peso del agua	708.61
C	Peso de la arena superficialmente seca+peso del picnometro+peso del agua	1020.8
A	Peso de la arena secada al horno	480.78

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

**Tabla 25: Resultados peso específico y absorción del agregado fino.**

1	Peso especifico aparente (A/(B+S-C))	2.56
2	Peso especifico aparente (SSS)	2.66
3	Porcentaje de absorcion: %ABS((S-A)/A)	4.00

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.



### 3.4.5. Gravedad específica y absorción de agregado grueso.

La presente NTP establece un procedimiento para determinar el peso específico seco, el peso específico saturado con superficie seca, el peso específico aparente y la absorción (después de 24 horas) del agregado grueso. El peso específico saturado con superficie seca y la absorción están basados en agregados remojados en agua después de 24 horas. Este método de ensayo no es aplicable para agregados ligeros.

Para los propósitos de esta NTP se aplicarán las definiciones siguientes:

**Absorción:** Es la cantidad de agua absorbida por el agregado después de ser sumergido 24 horas en ésta, se expresa como porcentaje del peso seco. El agregado se considera “seco” cuando éste ha sido mantenido a una temperatura de  $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$  por tiempo suficiente para remover toda el agua sin combinar.

**Peso Específico:** Es la relación, a una temperatura estable, de la masa (o peso en el aire) de un volumen unitario del material, a la masa del mismo volumen del agua a las temperaturas indicadas. Los valores son adimensionales.

**Peso Específico Aparente:** Es la relación a una temperatura estable, de la masa en el aire de un volumen unitario del agregado (incluyendo los poros permeables e impermeables en las partículas, pero no incluyendo los poros entre partículas); a la masa en el aire de igual volumen de agua destilada libre de gas.

**Peso Específico de Masa Saturado Superficialmente Seco (SSS):** Es la relación, a una temperatura estable, de la masa en el aire de un volumen unitario de agregado incluyendo la masa de agua de los poros llenos hasta colmarse por sumersión en agua por 24 horas aproximadamente (pero no incluyendo los poros entre partículas), comparada con la masa en el aire de un igual volumen de agua de agua destilada libre de gas.



- **Equipos y materiales**

Balanza: Sensible a 0.5g y con capacidad de 5000g o más. La balanza estará equipada con un dispositivo capaz de suspender la muestra en la cesta con malla de alambre en el recipiente con agua desde el centro de la plataforma del pesado.

Cesta con Malla de Alambre: Con abertura correspondiente al tamiz N°6 o abertura menor, también se puede utilizar un recipiente aproximadamente igual ancho y altura con capacidad de 4L a 7L para tamaños máximos nominales de 37,5 mm (1 ½ pulg.) o menores, y un cesto más grande como sea necesario para ensayar agregados con tamaños máximos mayores. El cesto deberá ser construido de tal forma de prevenir el aire atrapado cuando esté sumergido.

Depósito de agua: Un depósito estanco adecuado para sumergir la cesta de alambre en el agua y un dispositivo para suspenderla del centro de la escala de balanza.

Tamices: Un tamiz normalizado de 4.75 mm (N°4) o de otros tamaños como sean necesarios, de acuerdo a la NTP 350.001.

Estufa: Una estufa capaz de mantener una temperatura de  $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ .

- **Procedimiento**

Secar la muestra a peso constante, a una temperatura de  $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ , ventilar en un lugar fresco a temperatura ambiente de 1h a 3h para muestras de ensayo de tamaños máximos nominales de 37,5 mm (1 ½ pulg.) o mayores para tamaños más grandes hasta que el agregado haya enfriado a una temperatura que sea cómoda al tacto (aproximadamente  $50^{\circ}\text{C}$ ). Inmediatamente sumergir el agregado en agua a una temperatura ambiente por un periodo de  $24\text{h} \pm 4\text{h}$ .

Cuando los valores de peso específico y la absorción van a ser usados en proporción a mezclas de hormigón (concreto) en los cuales los agregados van a ser usados en su condición natural de humedad, el requerimiento inicial del secado a



peso constante puede ser eliminada y, si las superficies de las partículas de la muestra van a ser mantenidas continuamente húmedas antes del ensayo, el remojo de 24 h. puede ser eliminado.

Remover la muestra del agua y hacerla rodar sobre un paño grande y absorbente, hasta hacer desaparecer toda película de agua visible, aunque la superficie de las partículas aún parezca húmeda. Secar separadamente en fragmentos más grandes. Se debe tener cuidado en evitar la evaporación durante la operación del secado de la superficie. Se obtiene el peso de la muestra bajo la condición de saturación con superficie seca. Se determina éste y todos los demás pesos con aproximación de 0.5 g o al 0.05% del peso de la muestra, la que sea mayor.

Después de pesar, se coloca de inmediato la muestra saturada con superficie seca en la cesta de alambre y se determina su peso en agua a una temperatura entre  $23^{\circ}\text{C} \pm 1,7^{\circ}\text{C}$ , densidad  $997 \pm 2 \text{kg/m}^3$ . Tener cuidado de remover todo el aire atrapado antes del pesado sacudiendo el recipiente mientras se sumerge.

Secar la muestra hasta peso constante, a una temperatura entre  $100^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$  y se deja enfriar hasta la temperatura ambiente, durante 1h a 3h o hasta que el agregado haya enfriado a una temperatura que sea cómodo al tacto (aproximadamente a  $50^{\circ}\text{C}$ ) y se pesa.

- **Cálculos y resultados**

Peso específico de masa seca ( $P_{em}$ ).

$$P_{em} = \frac{W_o}{(V - V_a)} \times 100$$

Dónde:

$P_{em}$ : Peso específico de masa

$W_o$ : Peso en el aire de la muestra secada en el horno, gramos.

$V$ : Volumen del frasco en  $\text{cm}^3$



Va: Peso en gramos o volumen en cm<sup>3</sup> de agua añadida en el frasco

Peso específico saturado superficialmente seco.(PeSSS).

$$PeSSS = \frac{500}{V - Va} \times 100$$

Peso específico aparente.(Pea).

$$Pea = \frac{(Wo)}{(V - Va) - (500 - Wo)} \times 100$$

Absorción (Ab)

$$Ab = \frac{500 - Wo}{Wo} \times 100$$

**Tabla 26: Datos para el cálculo del peso específico y absorción del agregado grueso.**

A	Peso de la muestra secada al horno gr.	1970.3
S	Peso de la muestra saturada superficialmente seca gr.	2000
	Peso de la canastilla sumergida	141.08
	Peso de la canastilla sumergida + muestra SSS sumergida	1361.6
C	Peso de la muestra saturada superficialmente seca sumergida en agua	1220.5

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

**Tabla 27: Resultados del cálculo del peso específico y absorción del agregado grueso.**

1	Peso específico aparente (A/(S-C))	2.528
2	Peso específico aparente (SSS)	2.57
3	Porcentaje de absorción: %ABS(S-A)/A	1.51

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.



### 3.4.6. Contenido de humedad del agregado fino y grueso.

Las normas ASTM C-566 y N.T.P. 339.185, establecen el procedimiento para determinar el porcentaje total de humedad evaporable en una muestra de agregado fino o grueso por secado. La humedad evaporable incluye la humedad superficial y la contenida en los poros del agregado.

El contenido de humedad del agregado es la cantidad de agua que contiene el agregado en un momento dado. Cuando dicha cantidad se exprese como porcentaje de la muestra seca (en estufa), se denomina porcentaje de humedad, pudiendo ser mayor o menor que el porcentaje de absorción. Los agregados generalmente se los encuentran húmedos, y varían con el estado del tiempo, razón por la cual se debe determinar frecuentemente el contenido de humedad, para luego corregir las proporciones de una mezcla.

Los agregados pueden tener algún grado de humedad lo cual está directamente relacionado con la porosidad de las partículas. La porosidad depende a su vez del tamaño de los poros, su permeabilidad y la cantidad o volumen total de poros.

Las partículas de agregado pueden pasar por cuatro estados, los cuales se describen a continuación:

**Totalmente Seco:** Se logra mediante un secado al horno a una temperatura de  $110 \pm 5^\circ\text{C}$ ., hasta que los agregados tengan un peso constante. (Generalmente el tiempo de secado es de 24 horas).

**Parcialmente Seco:** Se logra mediante exposición al aire libre. El contenido de humedad es menor al porcentaje de absorción.

**Saturado y Superficialmente Seco (SSS):** Es un estado límite en el que los agregados tienen todos sus poros llenos de agua pero superficialmente se encuentran



secos. Es una condición ideal de un agregado, en la cual no absorbe ni cede agua a la mezcla. Este estado sólo se logra en laboratorio.

**Totalmente Húmedo:** Todos los agregados están llenos de agua y además existe agua libre superficial. El contenido de humedad es mayor que el porcentaje de absorción.

- **Equipos y materiales**

Una balanza o báscula con precisión dentro del 0.1% de la carga de ensayo en cualquier punto dentro del rango de uso, graduada como mínimo a 0,05 kg, Horno o estufa, capaz de mantener una temperatura de  $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ , recipientes o bandejas, Se utiliza para realizar el peso de los agregados e introducir la muestra en el horno, Un cucharón y un Tamiz Nro 4.

- **Procedimiento**

Se coloca la muestra húmeda a ensayar en un recipiente adecuado, luego de determinar y registrar dicho peso (peso del recipiente + muestra húmeda).

Llevar al recipiente con la muestra húmeda a una estufa, para sacarla finalizando las 24 horas de secado a una temperatura de  $110 \pm 5^{\circ}\text{C}$ .

Pesar el recipiente con la muestra seca (peso del recipiente + muestra seca) y determinar la cantidad de agua evaporada mediante esta fórmula:

$W_w = (\text{peso del recipiente} + \text{muestra húmeda}) - (\text{peso del recipiente} + \text{muestra seca})$ .

Luego se calcula el peso de la muestra seca mediante la siguiente fórmula:

$W_{ms} = (\text{peso del recipiente} + \text{muestra seca}) - (\text{peso del recipiente})$

Finalmente se calcula el contenido de humedad del agregado usando la fórmula:

$$W(\%) = \frac{W_{mh} - W_{ms}}{W_{ms}} * 100 = \frac{W_w}{W_{ms}} * 100$$

- **Cálculos y resultados**

**Tabla 28: Resultado del contenido de humedad del agregado fino.**

<b>Nro De Tara</b>	<b>B-8</b>	<b>S-03</b>	<b>S-01</b>
Peso de Tara	29.82	50.68	50.65
Peso de Tara + M. Humeda	529.05	664.78	550.57
Peso de Tara + M. Seca	509.93	653.89	537.08
Peso de Agua	19.12	10.89	13.49
Peso Muestra Seca	480.11	603.21	486.43
Contenido de humedad W%	3.98	1.81	2.77
Promedio cont. Humedad W%	<b>2.85</b>		

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

**Tabla 29: Resultado del contenido de humedad del agregado grueso.**

<b>Nro De Tara</b>	<b>B-9</b>	<b>S-02</b>	<b>B-11</b>
Peso de Tara	29.18	51.31	32.38
Peso de Tara + M. Humeda	574.76	737.48	689.83
Peso de Tara + M. Seca	566.86	729.25	680.01
Peso de Agua	7.9	8.23	9.82
Peso Muestra Seca	537.68	677.94	647.63
Contenido de humedad W%	1.47	1.21	1.52
Promedio cont. Humedad W%	<b>1.4</b>		

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

### **3.4.7. Diseño de mezcla.**

Para el diseño de mezcla se trabajó con tres relaciones A/C : 0.55; 0.65 Y 0.75. Se diseñó una mezcla patrón para cada relación y luego las variantes con el aditivo superplastificante.

El aditivo superplastificante, fue usado en 3 dosis: 1%,1.2% y 1.4% de peso del cemento diseñado.

Toda las variantes hacen un total de 60 diseños de mezclas, para el diseño patrón se consideró un asentamiento de 3” a 4”.

El método de dosificación módulo de fineza, es tomada por la presente tesis.

### 3.4.7.1. Materiales cementantes.

Se ha optado por trabajar con cemento Portland tipo IP (ASTM C150) marca FRONTERA, por ser este de uso general para obras sin especificaciones particulares, y la marca FRONTERA por ser esta comercial en la ciudad de Puno. El peso específico fue considerado como 2.85 gr/cm<sup>3</sup>.

### 3.4.7.2. Agregados.

Se utilizaron los agregados de la cantera Wiluyo, el tamaño estándar del agregado grueso se ciñe a la gradación N° 67 (ASTM C 33). Y estos presentan las siguientes características:

*Tabla 30: características de los agregados.*

<b>Agregados</b>	<b>Fino</b>	<b>Grueso</b>
<b>Cantera</b>	wiluyo	wiluyo
<b>P.U. suelto seco ( Kg/m<sup>3</sup>)</b>	1642.98	1527.68
<b>P.U. compactado ( Kg/m<sup>3</sup>)</b>	1767.26	1700.31
<b>P.E. seco</b>	2,559.93	2,527.56
<b>Modulo de fineza</b>	2.94	7.16
<b>Tamaño NM</b>		1"
<b>% Absorción</b>	4.00%	1.51%
<b>Contenido de Humedad</b>	2.85%	1.40%

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

### 3.4.7.3. Agua.

Se usó agua potable del Laboratorio de Construcciones de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Universidad Nacional del Altiplano PUNO.

### 3.4.7.4. Método del módulo de fineza de la combinación de agregados.

A continuación, se presenta la secuencia del diseño de mezcla del concreto por el método del módulo de fineza de la combinación de agregados.

### 1. Cálculo de la resistencia promedio

Puesto que no cuenta con registros anteriores de desviación estándar, para el cálculo de la resistencia promedio se utilizó la siguiente tabla:

**Tabla 31: Cálculo de la resistencia promedio.**

$f'c = 216$		$\text{Kg/cm}^2$	
$< 210 \text{ Kg/cm}^2$	$f'c + 70 =$	286	$\text{Kg/cm}^2$
$210 - 350 \text{ Kg/cm}^2$	$f'c + 84 =$	300	$\text{Kg/cm}^2$
$> 350 \text{ Kg/cm}^2$	$f'c + 98 =$	314	$\text{Kg/cm}^2$

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

### 2. Selección del tamaño máximo nominal (T.M.N)

El tamaño máximo nominal del agregado grueso considerado para la presente investigación es de T.M.N = 1", siendo el tamaño máximo 1".

### 3. Selección del asentamiento (SLUMP)

Se considera realizar el diseño de mezcla con una consistencia plástica con el fin de garantizar la trabajabilidad del concreto, teniéndose un revenimiento de 3 a 4.

### 4. Volumen unitario de agua

Para la determinación del volumen unitario de agua, se ha considerado la siguiente tabla establecida por el ACI 211:

**Tabla 32: Para la determinación del volumen unitario de agua.**

Asentamiento	Agua en $\text{lt/m}^3$ , para los tamaños máximos nominales de agregado grueso y consistencia indicadas			
	3/8"	1/2"	3/4"	1"
<b>Concreto sin aire incorporado</b>				
1" a 2"	207	199	190	179
3" a 4"	228	216	205	<b>193</b>
6" a 7"	243	228	216	202

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

Por lo tanto, para una mezcla de consistencia plástica ( revenimiento de 3" a 4"), y el tamaño máximo nominal de 1", se tiene un volumen unitario de  $205 \text{ l/m}^3$ .

### 5. Selección del contenido de aire.

Puesto que no ha sido considerado la incorporación de aire en el diseño, se procede a obtener el porcentaje de aire atrapado, según la siguiente tabla:

**Tabla 33: Para determinar contenido de aire atrapado.**

<b>Contenido de Aire Atrapado</b>	
<b>TNM del Agregado Grueso</b>	<b>Aire Atrapado %</b>
3/8"	3.0
1/2"	2.5
3/4"	2.0
1"	<b>1.5</b>
1 1/2"	1.0
2"	0.5
3"	0.3
4"	0.2

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

Por lo tanto, para un tamaño máximo nominal de 1", se tiene 1.5% de aire atrapado en la mezcla.

### 6. Cálculo de la relación agua/cemento (a/c)

En este paso se ha considerado, la elección de la relación agua/cemento según la resistencia promedio, según la siguiente tabla:

**Tabla 34: Para determinar la relación agua cemento.**

<b>Resistencia a la compresión a los 28 días <math>F^c</math> kg/cm<sup>2</sup></b>	<b>Relación agua - cemento de diseño en peso</b>	
	<b>Concreto sin aire incorporado</b>	<b>Concreto con aire incorporado</b>
<b>150</b>	0.8	0.71
<b>200</b>	0.7	0.61
<b>250</b>	0.62	0.53
<b>300</b>	0.55	0.46
<b>350</b>	0.48	0.4
<b>400</b>	0.43	-
<b>450</b>	0.38	-

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

Entonces como el  $f_{cr}$  es igual a 294 Kg/cm<sup>2</sup>, se interpola con los valores de la tabla 32.



**Tabla 35: Interpolando se obtiene la relación agua cemento = 0.55.**

250	0.62
300	0.55
350	0.48

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

**7. Cálculo del factor cemento (F.C)**

$$F.C = \frac{\text{Volumen Unitario de Agua de Mezclado}}{\text{Relacion de a/c}}$$

$$F.C = \frac{193 \text{ lt/m}^3}{0.55}$$

$$F.C = 350.91 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

**8. Peso del agregado grueso por unidad de volumen del concreto.**

$$T.M.N = 1'' \text{ y Modulo de fineza del Agr. Fino} = 2.94$$

**Tabla 36: Para determinar el peso del agregado grueso por unidad de volumen del concreto.**

TNM del Agregado Grueso	Volumen del agregado grueso seco y compactado por unidad de volumen de concreto para diversos Módulos de fineza del fino (h/h0)			
	2.40	2.60	2.80	3.00
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

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

Interpolando entre los valores de la tabla, el Peso del agregado Grueso x Unidad de bolsa = 0.606.

El peso unitario compactado x 0.606 = 1030.39 kg. ( Peso del agregado Grueso).

## 9. Cálculo volumen absoluto de los materiales sin contar el agregado fino.

**Tabla 37: Volumen absoluto de los materiales sin contar el agregado fino.**

Material	Pesos	Peso Especifico	Volumen (m <sup>3</sup> )
Cemento	350.91	2.85	0.123
Agua	193	1000	0.193
Agregado Grueso	1030.39	2527.56	0.408
Aire	1.5		0.015
			<b>0.739</b>

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

Por lo tanto el volumen del agregado fino =  $1.00 - 0.739 = 0.261 \text{ m}^3$ .

## 10. Peso de diseño de los materiales

**Tabla 38: Peso de diseño de los materiales.**

Material	Peso seco / m <sup>3</sup>	Proporción
Cemento	350.909	1.000
Agua	193.000	
Agr. Fino	668.684	1.906
Agr. Grueso	1030.390	2.936
Aire	1.5	

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

**Tabla 39: Proporciones de los materiales.**

Cemento	A° Fino	A° Grueso
1.0	1.9	2.9

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

## 11. Diseño final por corrección por humedad

**Tabla 40: Diseño final en peso por corrección por humedad.**

Cemento	350.91 Kg/m <sup>3</sup>
Agua Efectiva	193.88 lt/m <sup>3</sup>
Agr. Fino Húmedo	670.59 Kg/m <sup>3</sup>
Agr. Grueso Húmedo	1031.50 Kg/m <sup>3</sup>

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

**Tabla 41: Proporción (cemento: A° Fino: A° Grueso)**

Cemento	A° Fino	A° Grueso
1.0	1.9	2.9

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

## 12. Diseño de mezcla según los grupos de prueba.

Todo los materiales necesarios para una tanda de concreto para la elaboración de los especímenes cilíndricos de 4" x 8", para ser sometidos a los ensayos de compresión. La incorporación del aditivo superplastificante se realizó en 1.0%, 1.2% y 1.4% del peso del cemento. Finalmente las dosificaciones en pesos y volúmenes de los 60 diseños de mezcla, se resumen en las tablas 40,41 y 42.

**Tabla 42: Diseño de mezcla patrón y aditivo superplastificante para la relación  $a/c = 0.55$ .**

<b>Peso de cada material para una cantidad de probetas (n =9)</b>	
Cemento :	6.238 kg
Agregado fino:	12.334 kg
Agregado grueso:	18.474 kg
Agua:	3.588 l
Agua reducido al 20% para aditivo del 1%:	2.870 l
Agua reducido al 21% para aditivo del 1.2%:	2.834 l
Agua reducido al 22% para aditivo del 1.4%:	2.798 l
Aditivo 1%:	0.062 kg
Aditivo 1.2%:	0.075 kg
Aditivo 1.4%:	0.088 kg

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

**Tabla 43: Diseño de mezcla patrón y aditivo superplastificante para la relación  $a/c = 0.65$ .**

<b>Peso de cada material para una cantidad de probetas (n =6)</b>	
Cemento :	3.519 kg
Agregado fino:	9.173 kg
Agregado grueso:	11.968 kg
Agua:	2.402 l
Agua reducido al 20% para aditivo del 1%:	1.922 l
Agua reducido al 21% para aditivo del 1.2%:	1.898 l
Agua reducido al 22% para aditivo del 1.4%:	1.874 l
Aditivo 1%:	0.035 kg
Aditivo 1.2%:	0.042 kg
Aditivo 1.4%:	0.050 kg

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

**Tabla 44: Diseño de mezcla patrón y aditivo superplastificante para la relación  $a/c = 0.75$ .**

<b>Peso de cada material para una cantidad de probetas (n =6)</b>	
Cemento :	3.050 kg
Agregado fino:	9.573 kg
Agregado grueso:	12.005 kg
Agua:	2.406 l
Agua reducido al 20% para aditivo del 1%:	1.925 l
Agua reducido al 21% para aditivo del 1.2%:	1.901 l
Agua reducido al 22% para aditivo del 1.4%:	1.877 l
Aditivo 1%:	0.030 kg
Aditivo 1.2%:	0.037 kg
Aditivo 1.4%:	0.043 kg

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

### **3.4.8. Elaboración de concreto.**

La elaboración de las mezclas de concreto se realizó según el método descrito anteriormente. Se pesó los materiales de acuerdo a las cantidades de especímenes de concreto, en una mezcladora de concreto tipo trompo de 6 pies cúbicos se mezclaron los agregados en un tercio de agua. Posteriormente se añadió el cemento, a continuación se añadió el agua restante con el aditivo superplastificante, finalmente se mezcló durante 3 minutos, tras lo cual se realizó el ensayo de asentamiento que cumpla dentro de 3 a 3 pulgadas, para que finalmente se elaboren las probetas para los ensayos en estado endurecido.

#### **3.4.8.1. Probetas de concreto.**

Para la presente investigación se utilizó probetas cilíndricas de 4"x8", luego se codificaron de acuerdo al llenado en el molde y se retiraron el molde pasado las 24 horas de vaciado. Las probetas y la elaboración de especímenes de concreto cumplen la norma NTP 339.033.

Moldeado de los cilindros de prueba

- Se colocó los moldes de cilindros en una superficie nivelada.
- Se engrasó con aceite la pared y la base interior de los moldes cilíndricos.

- Se llenó el molde en tres capas iguales con la cuchara.
- Se compactó la capa apisonando, con una varilla de 3/8” en caso de los moldes de 4”x8”, 25 veces uniformemente distribuidas en cada capa.
- Se enrasó la parte superior con la plancha de albañil para obtener una superficie lisa y nivelada.
- Finalmente se le marcó en la superficie la fecha y el tipo de concreto vaciado.



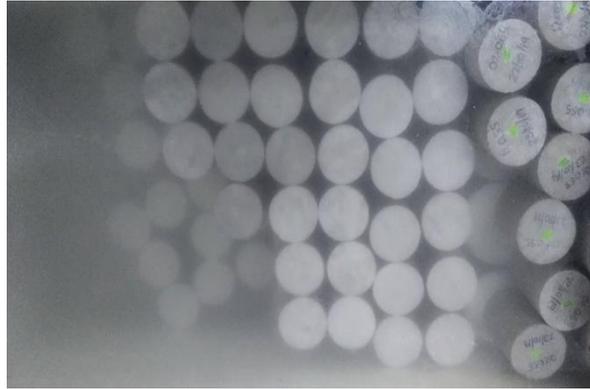
*Figura 9. probetas de concreto de 4” x 8”*

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

#### **3.4.8.2. Curado del concreto.**

Después de su fabricación, las probetas cilíndricas utilizadas para los ensayos de caracterización, se mantuvieron en sus respectivos moldes durante las primeras 24 horas.

Las muestras de concreto han sido extraídas de los moldes a 24 horas del vaciado, según la norma ASTM C 192 las muestras deben ser sumergidas en agua o en un ambiente con un 95% de humedad relativa y a una temperatura mínima de  $23 \pm 2$  °C. Pero esta condición de la temperatura para efectos del presente trabajo, no se ha cumplido, se ha tomado la decisión que el agua usada en el proceso de curado sea la misma que viene de la red pública. En lo posible se ha tratado de mantener la temperatura del agua de curado a 13°C, ya que estas temperaturas son representativos de la realidad en la ciudad de Puno.



*Figura 10. curado de probetas*

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

### **3.4.9. Ensayos realizados.**

En este apartado se describen los métodos de los ensayos realizados a las mezclas de concreto, los ensayos para determinar las propiedades se realizan en estado fresco y endurecido; que suman en total de probetas.



*Figura 11. probetas de concreto con diferentes tratamientos*

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

### **3.4.10. Ensayos al concreto fresco.**

#### **3.4.10.1. Ensayo de asentamiento.**

El ensayo se realizó una vez finalizada cada tandada de concreto, utilizando el cono de Abrams y equipos necesarios, según lo descrito en la Norma Técnica Peruana NTP 339.035, como se muestra en la figura.



*Figura 12. validación del asentamiento*

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

#### **3.4.10.2. Ensayo de temperatura.**

La norma NTP 339.184 señala el procedimiento para determinar la temperatura de mezcla de concreto en estado fresco. Para medir y registrar la temperatura del concreto; primeramente debemos colocar el dispositivo a una profundidad de 75 mm (3 pulg); finalmente debemos esperar 2 minutos o hasta que la lectura se estabilice.



*Figura 13. temperatura del concreto fresco*

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

#### **3.4.10.3. Ensayo de peso unitario y rendimiento.**

La norma NTP 339.046 indica el procedimiento a seguir para determinar el peso unitario y rendimiento de la mezcla de concreto fresco. La secuencia de actividades para la realización del presente ensayo en laboratorio.



*Figura 14. peso unitario y rendimiento de la mezcla de concreto fresco*

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

### **3.4.11. Ensayos al concreto endurecido.**

#### **3.4.11.1. Ensayo de resistencia a compresión.**

La norma NTP 339.034 contempla las siguientes recomendaciones y procedimientos para la determinación de la resistencia a la compresión en probetas cilíndricas (10.0 cm x 20.0 cm):

Colocar la probeta sobre el bloque inferior de apoyo y centrar sobre el mismo. Aplicar la carga en forma continua y constante evitando choques, la velocidad de carga estará en el rango de  $0.24 \pm 0.05$  MPa/s. Aplicar la carga hasta que aparezca la falla de ruptura, registrándola en el informe.



*Figura 15. Ensayo a la compresión*

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 4.1. RESULTADOS DE MUESTRAS NO TRATADAS.

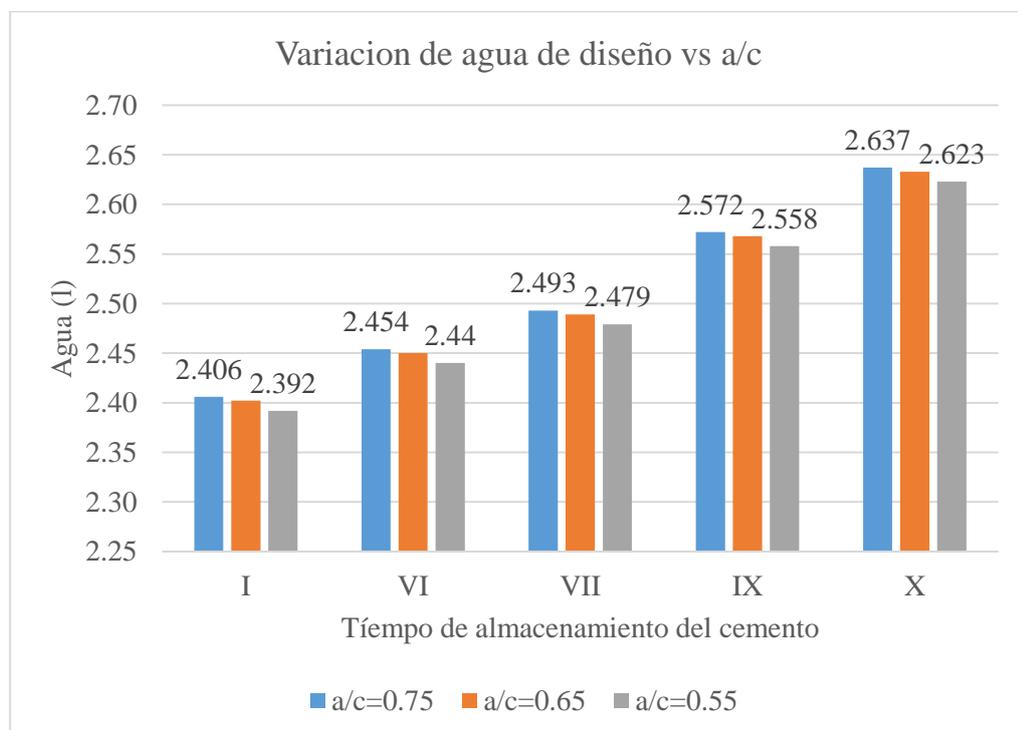
##### 4.1.1. Análisis de resultados del concreto en estado fresco.

##### 4.1.1.1. Trabajabilidad.

En esta sección se expone y analiza los resultados obtenidos para los ensayos de asentamiento, temperatura y peso unitario. Con la finalidad de evaluar la trabajabilidad del concreto.

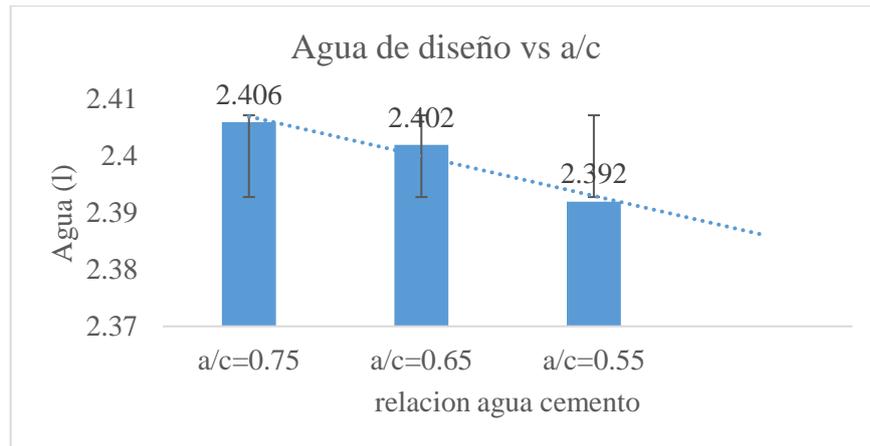
##### 4.1.1.1.1. Asentamiento (ASTM-C143).

La reducción de agua para controlar la plasticidad de 3” a 4” sin la incorporación de aditivo superplastificante, respecto a los concretos patrones de relación  $a/c = 0.75$ ,  $0.65$  y  $0.55$  se aprecian en la figura 15.



**Figura 16. La correlación entre el tiempo de almacenamiento y la  $a/c=0.55$ ,  $0.65$  y  $0.75$**

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.



**Figura 17. variación de agua de diseño para la relación a/c=0.55, 0.65 y 0.75**

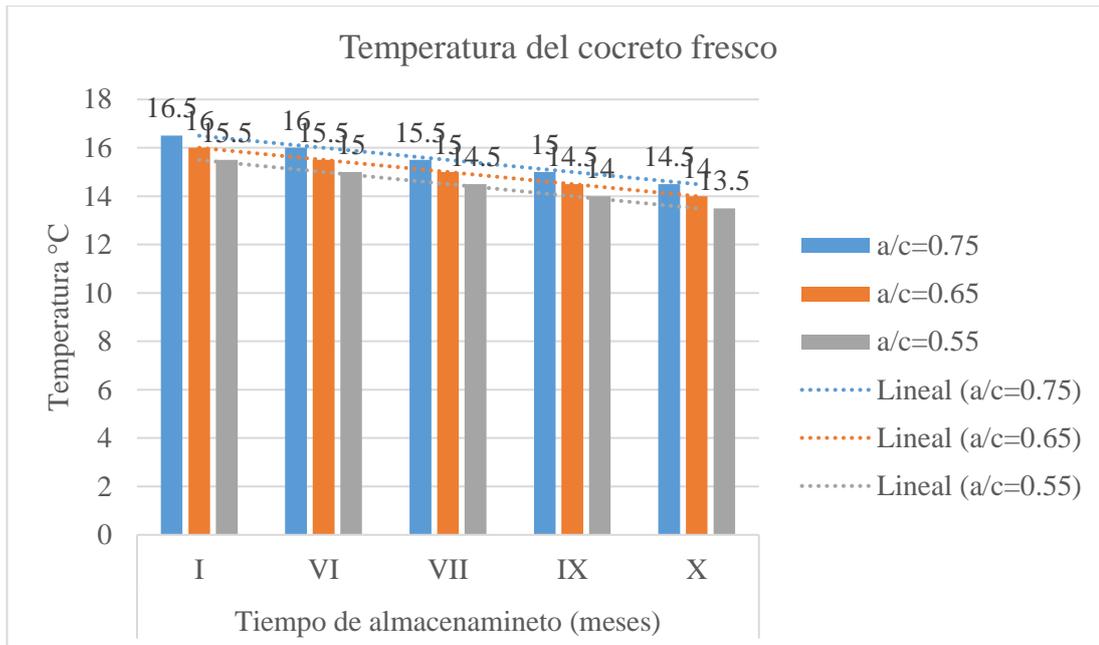
Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

Del análisis de la figura 15 y 16 se confirma que aumenta la cantidad de agua de diseño conforme aumenta el tiempo de almacenamiento desde (2% hasta un 10%) y un incremento de la cantidad de agua de diseño conforme sea mayor la relación a/c.

Dicha condición indicada anteriormente se debe a que el envejecimiento del cemento, a causa de un almacenamiento prolongado, disminuye sus propiedades para lograr su resistencia y aumenta el agua necesaria para una consistencia determinada. Se manifiesta de manera importante, incluso en ambientes protegidos de la intemperie. (Ossa, 1974)

#### **4.1.1.1.2. Temperatura.**

La correlación de la temperatura promedio del concreto y el tiempo de almacenamiento del cemento para cada relación agua cemento a/c = 0.75, 0.65 y 0.55. se contempla en la figura 17.



**Figura 18. Temperatura del concreto vs tiempo de almacenamiento y la incorporación del aditivo superplastificante**

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

De la figura:17 Se tiene una variación constante de  $0.5^{\circ}\text{C}$  por cada mes y para cada relación a/c, de lo cual se determina que conforme pasa el tiempo de almacenamiento la temperatura disminuye.

El comparar concretos con igual contenido de cemento, pero diferentes relaciones agua/cemento (a/c), las mezclas con elevadas a/c tienen más agua y espacio micro estructural disponible para la hidratación del cemento; por lo que se hidrata a un ritmo más rápido, lo que da por resultado un aumento de la tasa de generación de calor. Vico A., Morris W.; Vázquez M.(2013)

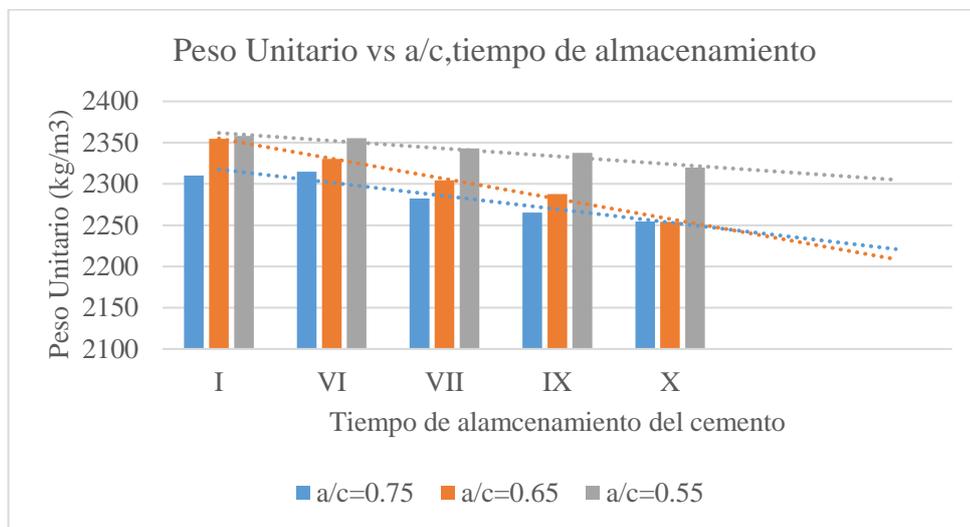
#### 4.1.1.1.3. Peso unitario.

La correlación entre el peso unitario del concreto y el tiempo de almacenamiento del cemento (I, VI, VII, IX y X), para cada relación (a/c = 0.75, 0.65 y 0.55), se observa en la tabla 44 y figura 18.

**Tabla 45: Resumen del ensayo de peso unitario para diseños sin aditivo.**

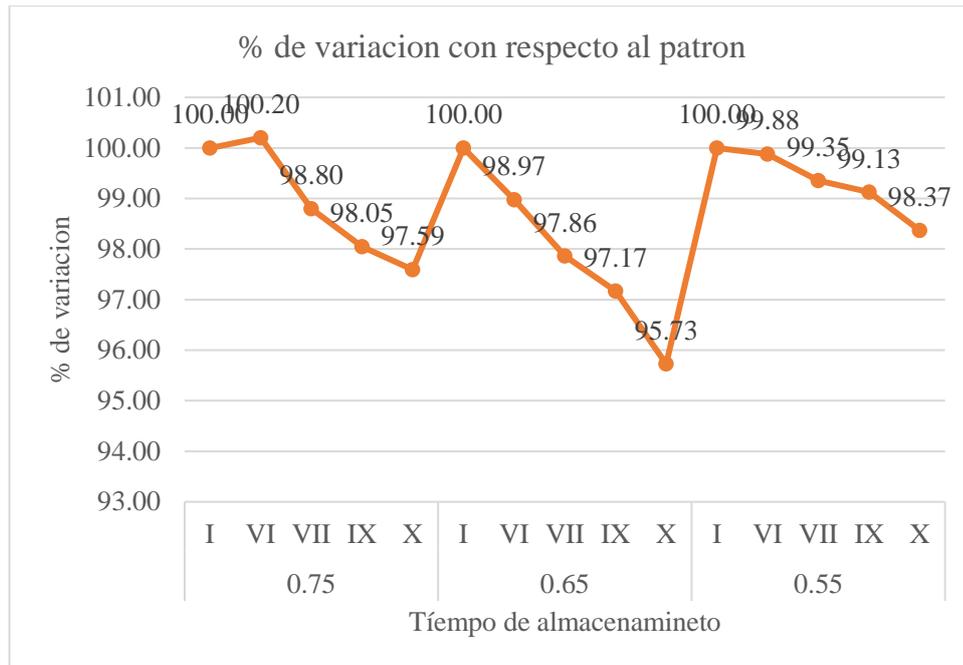
Id Mezcla	Relacion a/c	Tiempo de almacenamiento	peso unitario (kg/m3)	% de Variación con respecto al patrón
0% de aditivo.	0.75	I	2310.22	100%
		VI	2314.87	100.20%
		VII	2282.39	98.80%
		IX	2265.14	98.05%
		X	2254.56	97.59%
	0.65	I	2354.6	100%
		VI	2330.4	98.97%
		VII	2304.29	97.86%
		IX	2287.9	97.17%
		X	2253.98	95.73%
	0.55	I	2358.27	100%
		VI	2355.44	99.88%
VII		2343.03	99.35%	
IX		2337.65	99.13%	
		X	2319.86	98.37%

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.



**Figura 19. variación del Peso unitario del concreto para diferentes tiempos de almacenamiento**

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.



**Figura 20. % de pérdida respecto a la muestra patrón**

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

Del análisis de la figura 18,19 se encontró que el peso unitario del concreto fresco experimenta una pérdida gradual conforme aumenta el tiempo de almacenamiento del cemento siendo una pérdida mínima expresada en porcentaje de 0.32% y un máximo de 2.77%,pero el peso unitario para cada tratamiento se encuentra dentro los límites fijados por el comité ACI para concretos normales (2240 a 2400 kg/m<sup>3</sup>).Como se muestra en la tabla. 48.

Se sabe que el almacenamiento del cemento puede afectar su propiedad más importante: la resistencia a la compresión del concreto. (...) Se ha encontrado un retardo en el fraguado, bajo desarrollo del calor de hidratación y densidades más bajas que las muestras de cemento fresco. (Aranda, Quispe, & La Jara, pág. 3).

**Tabla 46: Pérdida del peso unitario del concreto fresco en función al tiempo de almacenamiento en comparación a la muestra patrón.**

	Pérdida de peso unitario en (kg/m <sup>3</sup> ) en función al tiempo de almacenamiento del cemento			Pérdida Promedio (kg/m <sup>3</sup> )	Pérdida Promedio(%)
	a/c=0.75	a/c=0.65	a/c=0.55		
VI	-4.65	24.2	2.83	<b>7.46</b>	<b>0.32%</b>
VII	27.83	50.31	15.24	<b>31.13</b>	<b>1.33%</b>
IX	45.08	66.7	20.62	<b>44.13</b>	<b>1.89%</b>
X	55.66	100.62	38.41	<b>64.9</b>	<b>2.77%</b>

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

#### 4.1.2. Ensayo al concreto endurecido.

##### 4.1.2.1. Resistencia a la compresión.

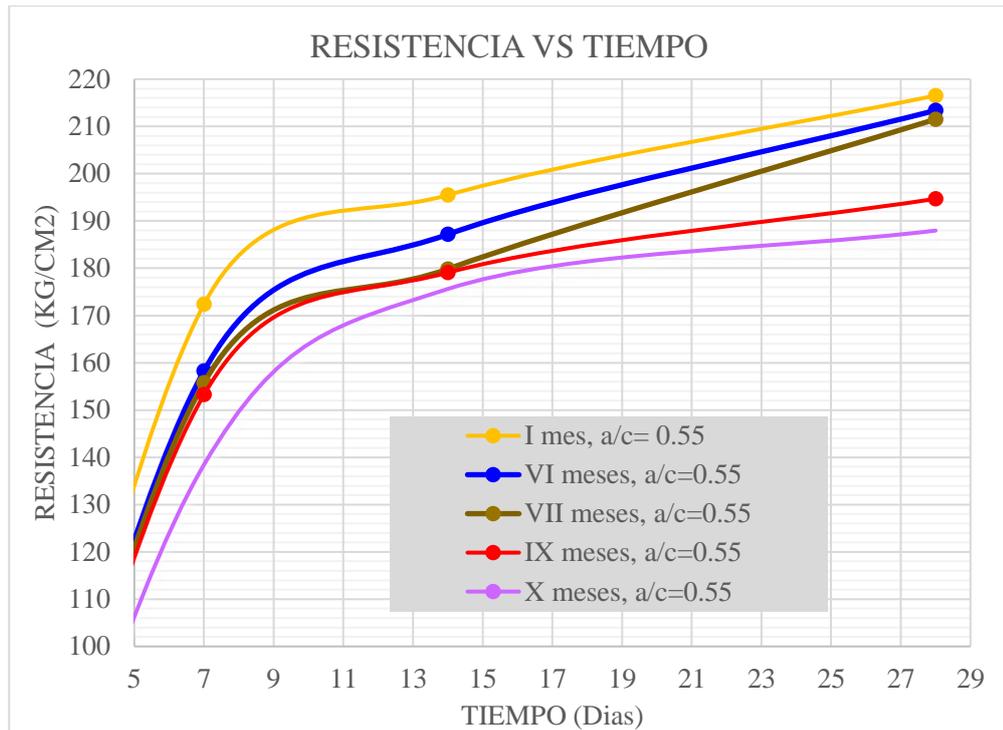
##### 4.1.2.1.1. Resistencia a la compresión del concreto patrón elaborados con cementos almacenados.

Los resultados obtenidos del ensayo de resistencia a la compresión, para las mezclas patrones realizadas a/c = 0.75, 0.65 y 0.55, a edades de 7, 14 y 28 días pueden apreciarse en la tabla 49 y Figura 20, 21 y 22.

**Tabla 47: Resume del ensayo de resistencia a la compresión del concreto para diferentes edades en mezclas patrones elaborados con cementos almacenados de relaciones a/c = 0.55, 0.65 y 0.75.**

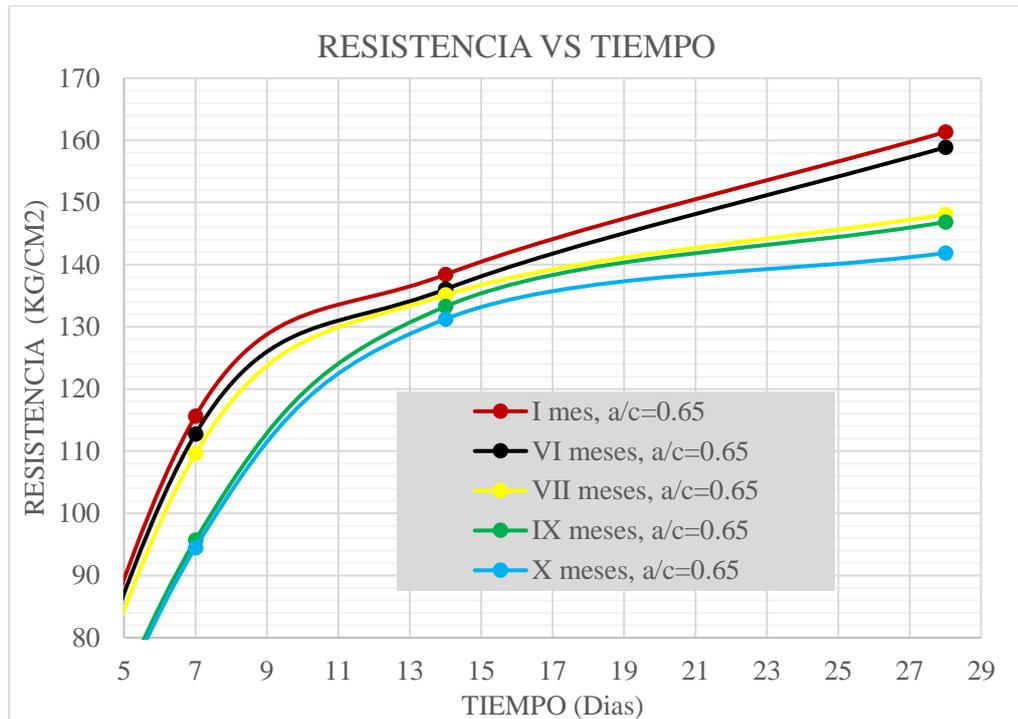
ID MEZCLA	RESISTENCIA A LA COMPRESION (kg/cm <sup>2</sup> )			
	7d	14d	28d	
I	A = 0.55	172.38	195.48	216.52
	B = 0.65	115.62	138.41	161.32
	C = 0.75	78.24	91.83	104.06
VI	A = 0.55	158.27	187.17	213.38
	B = 0.65	112.76	136.05	158.87
	C = 0.75	71.83	90.64	101.44
VII	A = 0.55	155.79	179.84	211.51
	B = 0.65	109.59	135.11	148.1
	C = 0.75	69.63	88.56	98.79
IX	A = 0.55	153.27	179.08	194.68
	B = 0.65	95.69	133.27	146.86
	C = 0.75	69.21	87.37	95.1
X	A = 0.55	138.44	175.62	187.97
	B = 0.65	94.48	131.25	141.88
	C = 0.75	64.08	80.96	89.58

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.



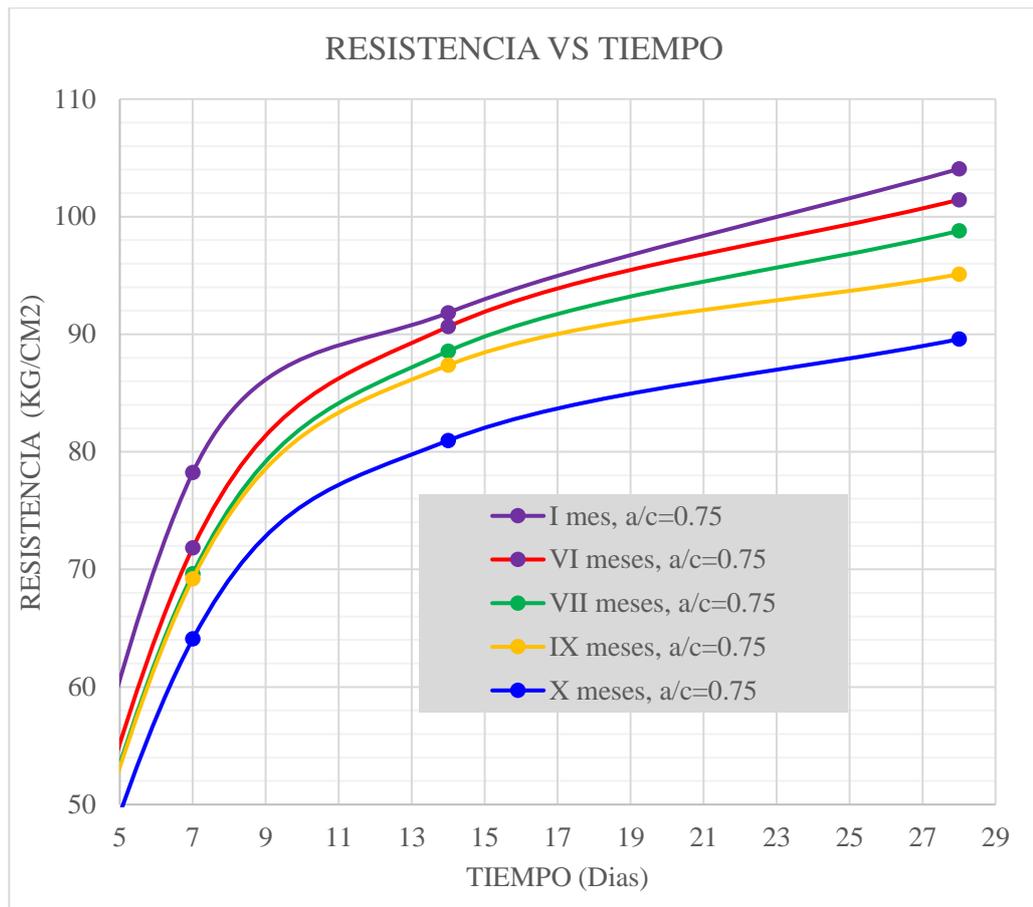
**Figura 21. Resistencia a la compresión del concreto a diferentes edades, en mezclas patrones elaborados con cementos almacenados, para relaciones  $a/c = 0.55$ .**

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.



**Figura 22. Resistencia a la compresión del concreto a diferentes edades, en mezclas patrones elaborados con cementos almacenados, para relaciones  $a/c = 0.65$ .**

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.



**Figura 23. Resistencia a la compresión del concreto a diferentes edades, en mezclas patrones elaborados con cementos almacenados, para relaciones  $a/c = 0.75$ .**

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

Del análisis de la tabla. 49 y figuras 20, 21 y 22 se comprueba que la resistencia a la compresión incrementa a los 7, 14 y 28 días de edad, disminuye conforme avanza el tiempo de almacenamiento del cemento de una manera gradual tal como se muestra en la tabla. 50, con una pérdida máxima de 20.82kg/cm<sup>2</sup> en el décimo mes a los 28 días. y disminuye la resistencia con el aumento de la relación  $a/c$ .

Otras investigaciones, como la realizada por Maultzsch et al., estudiaron el comportamiento del cemento a tiempos mucho mayores de almacenamiento (10 a 15 años), determinando que el valor de resistencia a la compresión a 2 días de vaciado sufre una reducción entre 40 a 60%, mientras que para 10 semanas de almacenamiento, la

resistencia a la compresión a 28 días de vaciado se redujo sólo 20%. (Aranda, Quispe, & La Jara, pág. 3)

Condiciones Climáticas Durante los Periodos Más Húmedos en la Ciudad de Arequipa, para el mes de febrero fue de 90% de humedad relativa. %. (Aranda, Quispe, & La Jara, pág. 38)

En la presente investigación se registró 64.7% de humedad relativa en el mes de enero del 2019, según SENAMHI. (ver anexo A-4).

Una de las diferencias de estas dos investigaciones es la humedad relativa.

*Tabla 48: Resume de la perdida de la resistencia vs tiempo de almacenamiento del cemento*

MESES	PERDIDA DE RESISTENCIA(kg/cm <sup>2</sup> )			% DE PERDIDA
	7 días	14 días	28 días	
VI	7.79	3.95	2.74	1.26
VII	10.41	7.4	7.83	3.62
IX	16.02	8.67	15.09	6.97
X	23.08	12.63	20.82	9.62

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

Según la tabla 10 y 47. Se puede ver que la perdida de resistencia a los VI meses es de 1.26% que representa 2.73 kg/cm<sup>2</sup> de F'c. lo cual indica que para periodos de almacenamiento menores a VI los valores de la resistencia a la compresión son aceptables.

Es necesario que el cemento almacenado por periodos mayores de 60 días sea controlado en laboratorio antes de su empleo en obras. (Ossa, 1974, pág. 103).

**Tabla 49: Resume de la resistencia a la compresión expresado en porcentaje.**

ID MEZCLA (0%)	RESISTENCIA A LA COMPRESION (%)			
	7d	14d	28d	
I	A = 0.55	79.80%	90.50%	100.20%
	B = 0.65	72.30%	86.50%	100.80%
	C = 0.75	74.50%	87.50%	99.10%
VI	A = 0.55	73.30%	86.70%	98.80%
	B = 0.65	70.50%	85.00%	99.30%
	C = 0.75	68.40%	86.30%	96.60%
VII	A = 0.55	72.10%	83.30%	97.90%
	B = 0.65	68.50%	84.40%	92.60%
	C = 0.75	66.30%	84.30%	94.10%
IX	A = 0.55	71.00%	82.90%	90.10%
	B = 0.65	59.80%	83.30%	91.80%
	C = 0.75	65.90%	83.20%	90.60%
X	A = 0.55	64.10%	81.30%	87.00%
	B = 0.65	59.10%	82.00%	88.70%
	C = 0.75	61.00%	77.10%	85.30%

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

Según la tabla 48. Se puede encontrar que la ganancia de resistencia a los 7 días en la mayoría de los tratamientos es mayor a 60% de la resistencia a los 28 días. Este cálculo se realiza como comprobación, ya que el diseño de las mezclas patrón fue a partir de relaciones a/c y no de resistencia de concreto requerida.

## 4.2. RESULTADOS DE MUESTRAS TRATADAS.

### 4.2.1. Ensayos al concreto fresco.

#### 4.2.1.1. Trabajabilidad.

En esta sección se expone y analiza los resultados obtenidos para los ensayos de asentamiento, temperatura y peso unitario. Con la finalidad de evaluar la trabajabilidad del concreto.

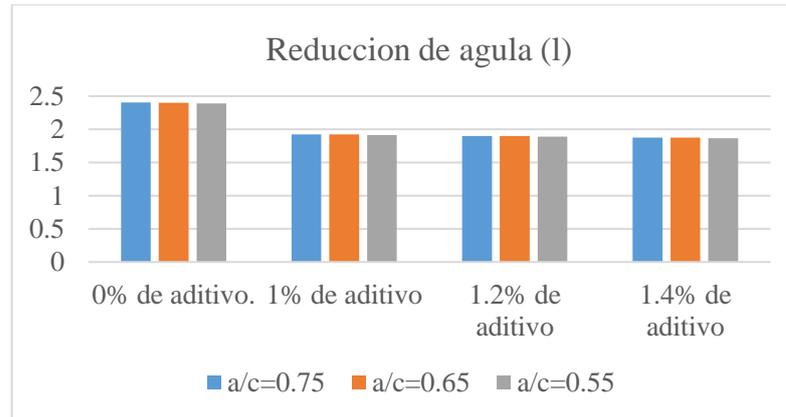
##### 4.2.1.1.1. Asentamiento.

La reducción de agua para controlar la plasticidad de 3'' a 4'' con la incorporación de aditivo superplastificante (1%, 1.2% y 1.4%), respecto a los concretos patrones de relación a/c = 0.75, 0.65 y 0.55 se aprecian en la tabla 49 y en la figura 24.

**Tabla 50 : Reducción de agua para cada porcentaje de aditivo.**

Reduccion de agua (litros)	Cemento almacenado I, VI, VII, IX, X (meses)		
	a/c=0.75	a/c=0.65	a/c=0.55
	0% de aditivo.	2.406	2.402
1% de aditivo	1.925	1.922	1.913
1.2% de aditivo	1.901	1.898	1.89
1.4% de aditivo	1.877	1.874	1.866

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.



**Figura 24. Reducción de agua para cada % de aditivo y relación a/c.**

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

De la tabla 52 y figura: 23, se determina que la incorporación del aditivo superplastificante disminuye la cantidad de agua necesaria para la producción del concreto como se muestra en la tabla 50, y que mientras aumenta la relación a/c aumenta la cantidad de agua.

**Tabla 51: % Reducción de agua para cada porcentaje de aditivo.**

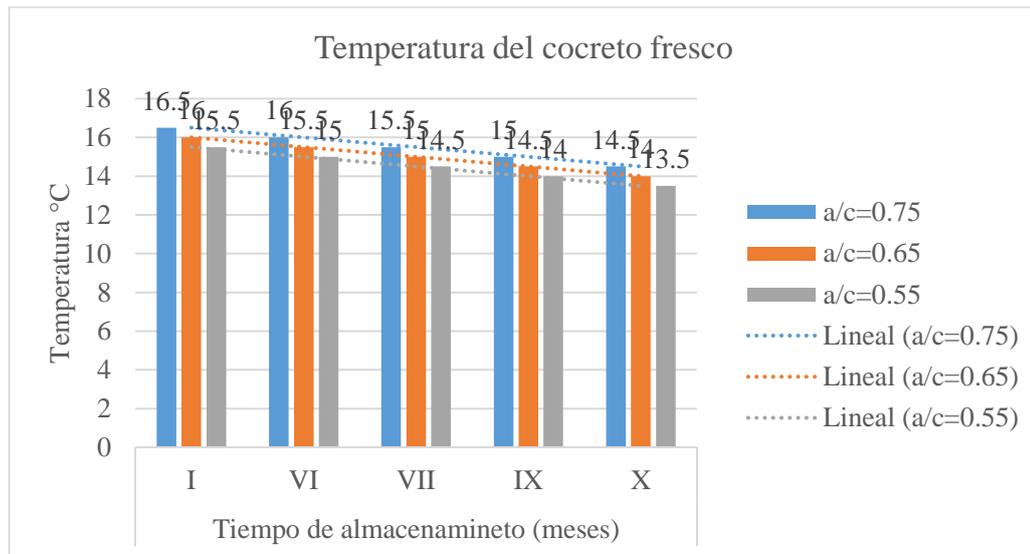
Reduccion de agua	% De agua reducida para cada dosis.	
	según el diseño	según la elaboracion
0% de aditivo.	0%	0%
1% de aditivo	20%	19.97%
1.2% de aditivo	21%	20.09%
1.4% de aditivo	22%	21.23%

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

#### 4.2.1.1.2. Temperatura.

La correlación de la temperatura promedio del concreto y el tiempo de almacenamiento del cemento para cada relación agua cemento  $a/c = 0.75, 0.65$  y  $0.55$ . con la incorporación de aditivo superplastificante, se contempla en la figura 26.

*figura 1: Temperatura del concreto vs tiempo de almacenamiento y la incorporación del aditivo superplastificante*



*Figura 25. Temperatura del concreto vs tiempo de almacenamiento y la incorporación del aditivo superplastificante.*

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

El comparar concretos con igual contenido de cemento pero diferentes relaciones agua/cemento ( $a/c$ ), las mezclas con elevadas  $a/c$  tienen más agua y espacio micro estructural disponible para la hidratación del cemento; por lo que se hidrata a un ritmo más rápido, lo que da por resultado un aumento de la tasa de generación de calor. Vico A., Morris W.; Vázquez M.(2013)

De la figura:26 se tiene una variación constante de  $0.5^{\circ}\text{C}$  para cada relación  $a/c$

Los aditivos químicos que aceleran la hidratación, también aceleran la liberación de calor. Por otra parte, los aditivos que retardan la hidratación, retrasan el desarrollo de calor. Vico A., Morris W.; Vázquez M.(2013)

Para el presente proyecto de investigación se incorporó a la elaboración del concreto el aditivo superplastificante una de las propiedades es disminuir el agua de diseño; por lo que se hidrata a un ritmo más lento, por lo tanto no generando variaciones en la temperatura del concreto fresco.

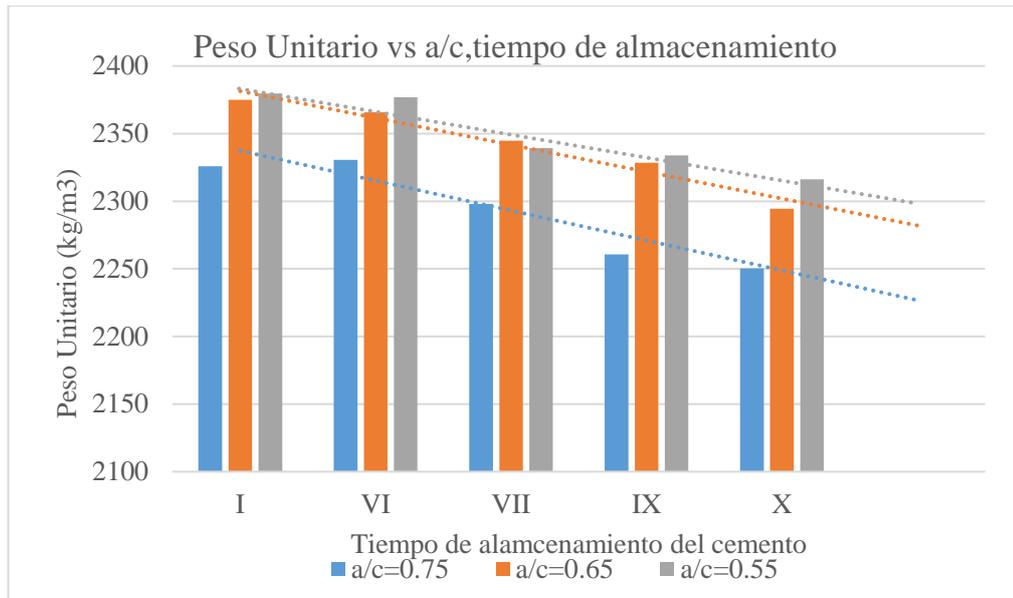
#### 4.2.1.1.3. Peso unitario.

La correlación entre el peso unitario del concreto, el tiempo de almacenamiento del cemento (I, VI, VII, IX y X), para cada relación (a/c = 0.75, 0.65 y 0.55) y la incorporación del aditivo superplastificante (1%, 1.2% y 1.4%) se observa en la tabla 51 y figura 26.

*Tabla 52: Resumen del ensayo de peso unitario para diseños con aditivo al 1% con respecto a las relaciones agua cemento.*

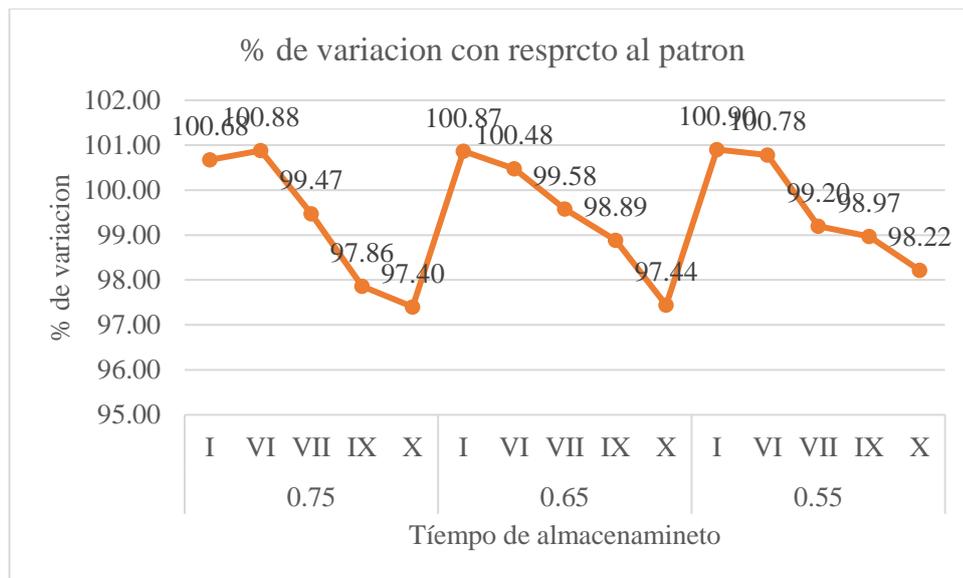
ID Mezcla	Relacion a/c	Tiempo de almacenamiento	Peso unitario (kg/cm <sup>3</sup> )	% De Variación con respecto al patrón
1% de aditivo.	0.75	I	2325.87	100
		VI	2330.52	100.22
		VII	2298.04	98.82
		IX	2260.79	97.22
		X	2250.21	96.76
	0.65	I	2375.05	100
		VI	2365.85	99.61
		VII	2344.74	98.72
		IX	2328.35	98.03
		X	2294.43	96.61
	0.55	I	2379.59	100
		VI	2376.76	99.88
		VII	2339.35	98.31
		IX	2333.97	98.08
		X	2316.18	97.34

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.



**Figura 26. Peso unitario del concreto para dosis de aditivo al 1% y diferentes relaciones a/c**

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.



**Figura 27. % de pérdida respecto a la muestra patrón**

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

Del análisis de la figura 26 y 27 se encontró que el peso unitario del concreto fresco experimenta una pérdida gradual conforme aumenta el tiempo de almacenamiento del cemento, como se muestra en la tabla. 52.



*Tabla 53: Pérdida del peso unitario del concreto fresco en función al tiempo de almacenamiento en comparación a la muestra patrón.*

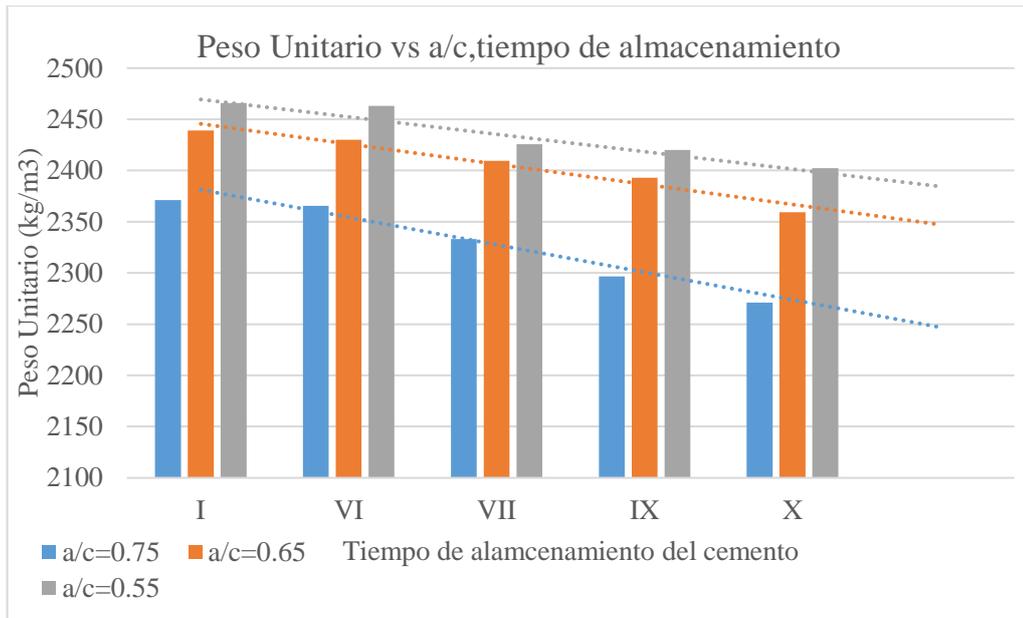
	Pérdida de peso unitario en (kg/m <sup>3</sup> ) en función al tiempo de almacenamiento del cemento			Pérdida Promedio(kg/m <sup>3</sup> )
	a/c=0.75	a/c=0.65	a/c=0.55	
VI	-4.65	9.2	2.83	<b>2.46</b>
VII	27.83	30.31	40.24	<b>32.79</b>
IX	65.08	46.7	45.62	<b>52.47</b>
X	75.66	80.62	63.41	<b>73.23</b>

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

*Tabla 54: Resumen del ensayo de peso unitario para diseños con aditivo al 1.2% con respecto a las relaciones agua cemento.*

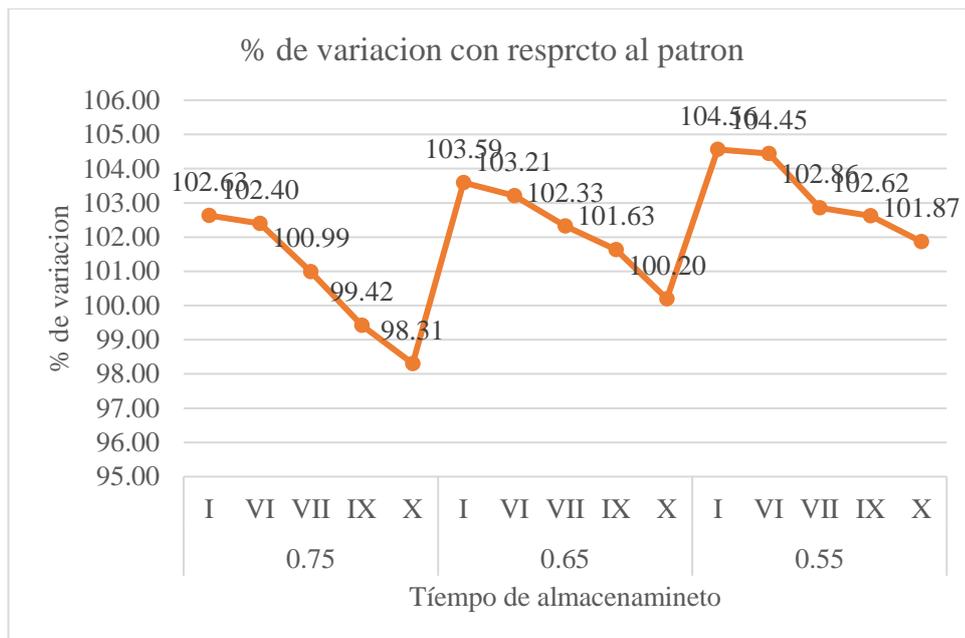
ID Mezcla	Relacion a/c	Tiempo de almacenamiento	Peso unitario (kg/cm <sup>3</sup> )	% De Variación con respecto al patrón
1.2% de aditivo.	0.75	I	2371.02	100
		VI	2365.67	99.77
		VII	2333.19	98.4
		IX	2296.78	96.87
	0.65	X	2271.08	95.78
		I	2439.18	100
		VI	2430.19	99.63
		VII	2409.4	98.78
	0.55	IX	2393.09	98.11
		X	2359.3	96.73
		I	2465.81	100
		VI	2463.13	99.89
	0.55	VII	2425.65	98.37
		IX	2420.07	98.15
		X	2402.38	97.43

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.



**Figura 28. Peso unitario del concreto para dosis de aditivo al 1.2% y diferentes relaciones a/c**

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.



**Figura 29. % de pérdida respecto a la muestra patrón.**

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

Del análisis de la figura 28 y 29 se encontró que el peso unitario del concreto fresco experimenta una pérdida gradual conforme aumenta el tiempo de almacenamiento del cemento, como se muestra en la tabla. 54.



*Tabla 55: Pérdida del peso unitario del concreto fresco en función al tiempo de almacenamiento en comparación a la muestra patrón.*

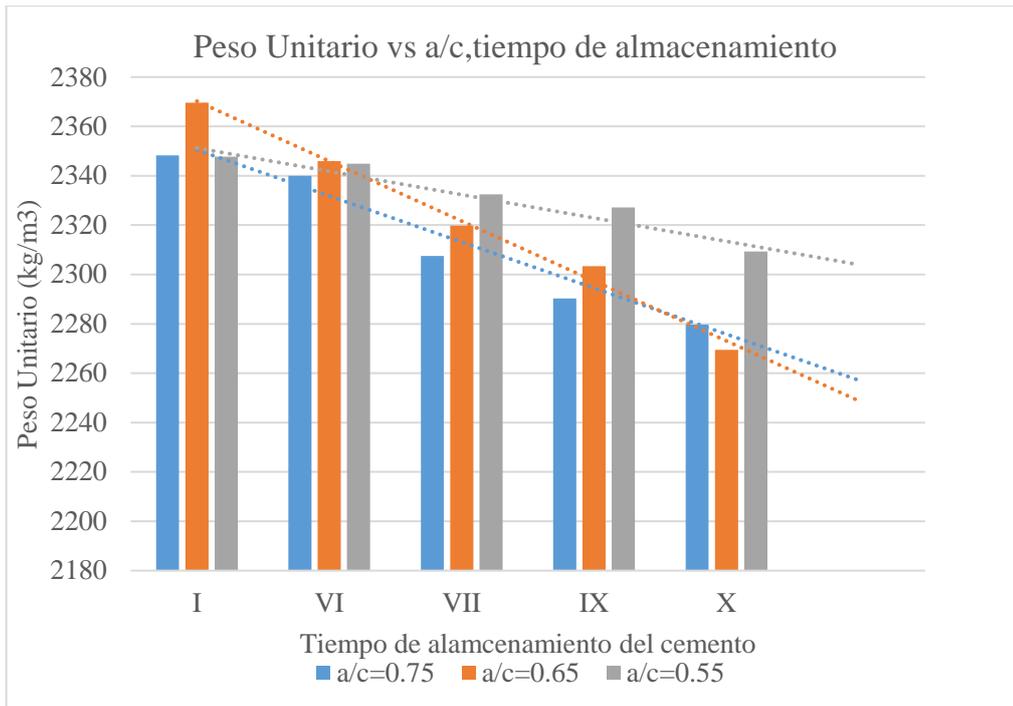
	Pérdida de peso unitario en (kg/m <sup>3</sup> ) en función al tiempo de almacenamiento del cemento			Pérdida Promedio(kg/m <sup>3</sup> )
	a/c=0.75	a/c=0.65	a/c=0.55	
VI	5.35	8.99	2.68	<b>5.67</b>
VII	37.83	29.78	40.16	<b>35.92</b>
IX	74.24	46.09	45.74	<b>55.36</b>
X	99.94	79.88	63.43	<b>81.08</b>

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

*Tabla 56: Resumen del ensayo de peso unitario para diseños con aditivo al 1.4% con respecto a las relaciones agua cemento.*

ID Mezcla	Relacion a/c	Tiempo de almacenamiento	Peso unitario (kg/cm <sup>3</sup> )	% De Variación con respecto al patrón
<b>1.4% de aditivo.</b>	0.75	I	2348.22	100
		VI	2340.02	99.65
		VII	2307.54	98.27
		IX	2290.29	97.53
		X	2279.71	97.08
	0.65	I	2369.67	100
		VI	2345.9	99
		VII	2319.79	97.9
		IX	2303.4	97.2
		X	2269.48	95.77
	0.55	I	2347.77	100
		VI	2344.94	99.88
VII		2332.53	99.35	
IX		2327.15	99.12	
		X	2309.36	98.36

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.



**Figura 30. Peso unitario del concreto para dosis de aditivo al 1.4% y diferentes relaciones a/c**

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.



**Figura 31. % de perdida respecto a la muestra patrón.**

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

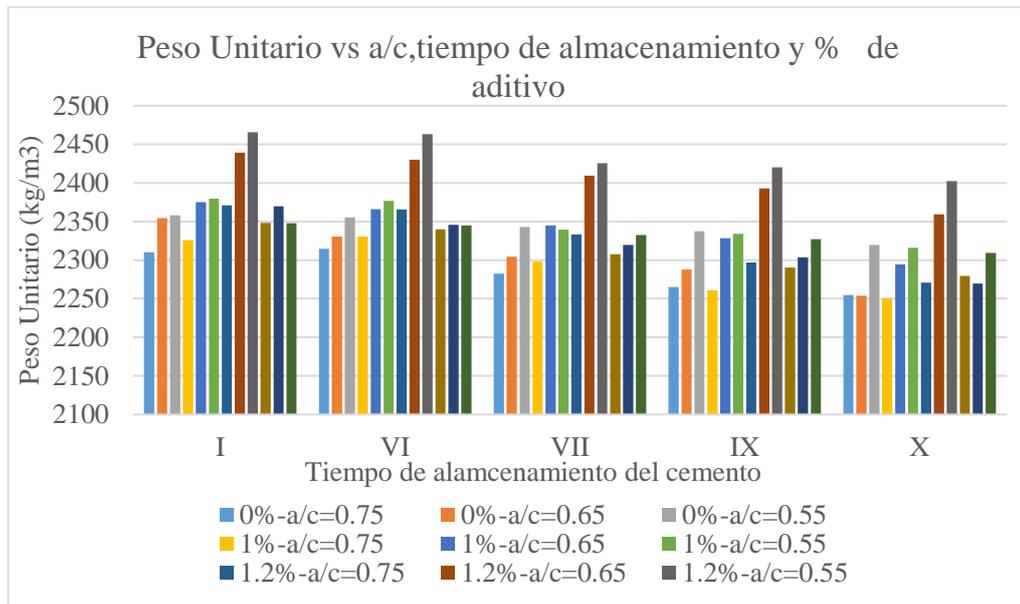
Del análisis de la figura 30 y 31 se encontró que el peso unitario del concreto fresco experimenta una pérdida gradual conforme aumenta el tiempo de almacenamiento del cemento, como se muestra en la tabla. 56.

**Tabla 57: Pérdida del peso unitario del concreto fresco en función al tiempo de almacenamiento en comparación a la muestra patrón**

	Pérdida de peso unitario en (kg/m <sup>3</sup> ) en función al tiempo de almacenamiento del cemento			Pérdida Promedio(kg/m <sup>3</sup> )
	a/c=0.75	a/c=0.65	a/c=0.55	
VI	8.2	23.77	2.83	<b>11.6</b>
VII	40.68	49.88	15.24	<b>35.27</b>
IX	57.93	66.27	20.62	<b>48.27</b>
X	68.51	100.19	38.41	<b>69.04</b>

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

**Variación del peso unitario respecto a la muestra patrón**



**Figura 32. Variación del peso unitario respecto a la muestra patrón**

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

De la figura 32 el peso unitario del concreto fresco elaborado con cemento almacenado para un determinado tiempo, la adición del aditivo superplastificante mejora el peso unitario, según la tabla 57.

**Tabla 58: incremento del peso unitario del CP + % AD frente al concreto patrón.**

TIEMPO DE ALMACENAMIENTO	PESO UNITARIO (kg/cm <sup>3</sup> )			
	CP+0.0% AD.	CP+1.0% AD.	CP+1.2% AD.	CP+1.4% AD.
I	2358.27	2379.59	2465.81	2347.77
VI	2355.44	2376.76	2463.13	2344.94
VII	2343.03	2339.35	2425.65	2332.53
IX	2337.65	2333.97	2420.07	2327.15
X	2319.86	2316.18	2402.38	2309.36

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

El peso unitario del concreto fresco experimenta un incremento para dosis debajo e iguales a 1.2%; sin embargo, para dosis superiores a 1.2%, el peso unitario del concreto experimenta un decrecimiento, no obstante este valor se encuentra mayormente por encima del peso unitario de la mezcla patrón y de los límites fijados por el comité ACI para concretos normales (2240 a 2400 kg/m<sup>3</sup>).

El aumento del peso unitario del concreto en un primer momento, se debe a que el efecto fluidificante del aditivo superplastificante produce una hidratación más eficaz y por lo tanto se genera una microestructura algo más homogénea (mayor compacidad); sin embargo, a partir de ciertas dosis de aditivo superplastificante, el valor del peso unitario disminuye debido a la inclusión de aire en la mezcla de concreto (efecto secundario del aditivo superplastificante).

#### **4.2.2. Ensayo al concreto endurecido con tratamiento.**

##### **4.2.2.1. Resistencia a la compresión del concreto con aditivo elaborados con cementos almacenados.**

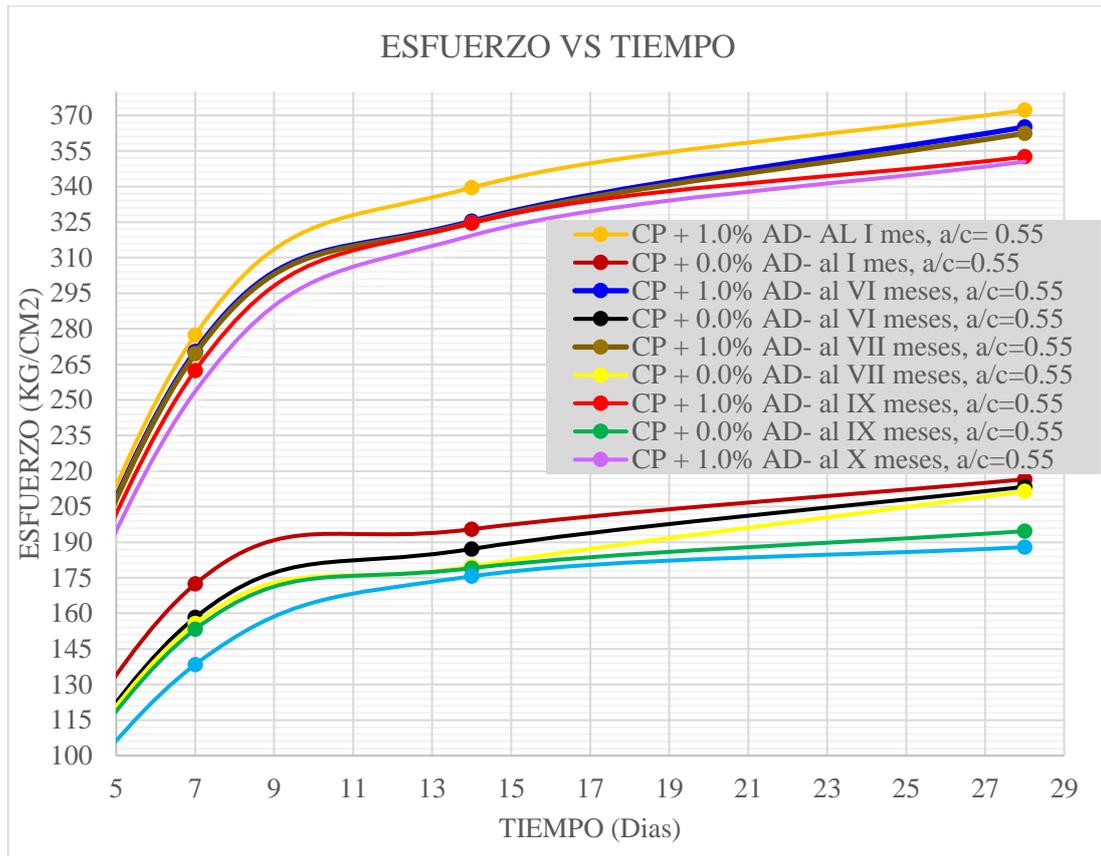
Los resultados obtenidos del ensayo de resistencia a la compresión para diferentes dosis del aditivo superplastificante (1%, 1.2% y 1.4%) con respecto a las relaciones a/c = 0.55, 0.65 y 0.75, a edades de 7, 14 y 28 días, con cementos almacenados (I, VI, VII, IX y X).



**Tabla 59: Resumen del ensayo de la resistencia a la compresión del concreto para diferentes edades en mezclas de relación a/c = 0.55, 0.65 y 0.75 con aditivo 1%.**

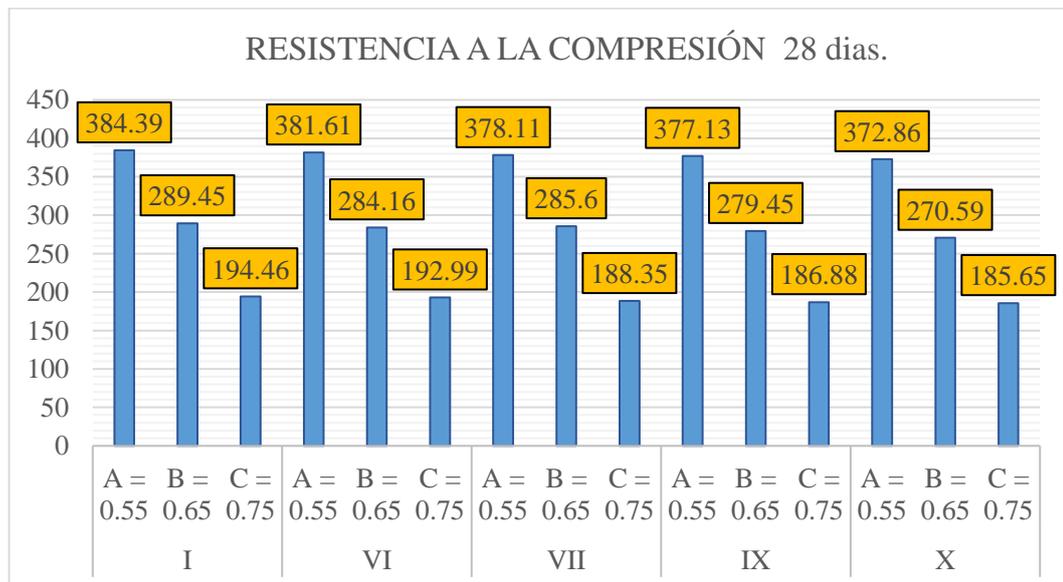
ID Mezcla-aditivo	1%	Resistencia a la compresión		
		7d	14d	28d
I	A = 0.55	277.4	339.58	372.23
	B = 0.65	206.32	251.56	283.52
	C = 0.75	154.22	194.11	201.36
VI	A = 0.55	270.52	325.38	365.07
	B = 0.65	203.03	251.41	281.37
	C = 0.75	151.71	186.63	200.15
VII	A = 0.55	269.48	324.76	362.46
	B = 0.65	201.68	250.57	280.08
	C = 0.75	145.88	185.71	198.86
IX	A = 0.55	262.43	324.63	352.54
	B = 0.65	201.14	249.72	281.4
	C = 0.75	142.57	182.71	195.12
X	A = 0.55	253.59	319.35	350.5
	B = 0.65	180.45	241.68	262.03
	C = 0.75	114.92	165.14	168.91

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.



**Figura 33. resistencia a la compresión de concreto para diferentes edades en mezclas de relación a/c y con una dosis del 1% de aditivo.**

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.



**Figura 34. Incremento de la resistencia a la compresión con la adición del aditivo superplastificante 1.0%.**

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

Del análisis de la tabla. 58 y figura 33 se comprueba que la resistencia a la compresión se incrementa con el aumento de la edad, disminuye conforme avanza el tiempo de almacenamiento del cemento de una manera gradual tal como se muestra en la tabla. 59, con una pérdida máxima de 25.22kg/cm<sup>2</sup> en el décimo mes a los 28 días. y disminuye la resistencia con el aumento de la relación a/c.

**Tabla 60: Resume de la perdida de la resistencia vs tiempo de almacenamiento del cemento**

MESES	Perdida de resistencia(kg/cm <sup>2</sup> )		% De perdida	
	7 días	14 días	28 días	
VI	4.23	7.28	3.51	0.94
VII	6.97	8.07	5.24	2.42
IX	10.6	9.4	9.35	4.32
X	29.66	19.69	25.22	11.65

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

**Tabla 61: Resume de la resistencia a la compresión expresado en porcentaje.**

ID MEZCLA (1%)		RESISTENCIA A LA COMPRESION (%)		
		7d	14d	28d
I	A = 0.55	128.40%	157.20%	172.30%
	B = 0.65	129.00%	157.20%	177.20%
	C = 0.75	146.90%	184.90%	191.80%
VI	A = 0.55	125.20%	150.60%	169.00%
	B = 0.65	126.90%	157.10%	175.90%
	C = 0.75	144.50%	177.70%	190.60%
VII	A = 0.55	124.80%	150.40%	167.80%
	B = 0.65	126.10%	156.60%	175.10%
	C = 0.75	138.90%	176.90%	189.40%
IX	A = 0.55	121.50%	150.30%	163.20%
	B = 0.65	125.70%	156.10%	175.90%
	C = 0.75	135.80%	174.00%	185.80%
X	A = 0.55	117.40%	147.80%	162.30%
	B = 0.65	112.80%	151.10%	163.80%
	C = 0.75	109.40%	157.30%	160.90%

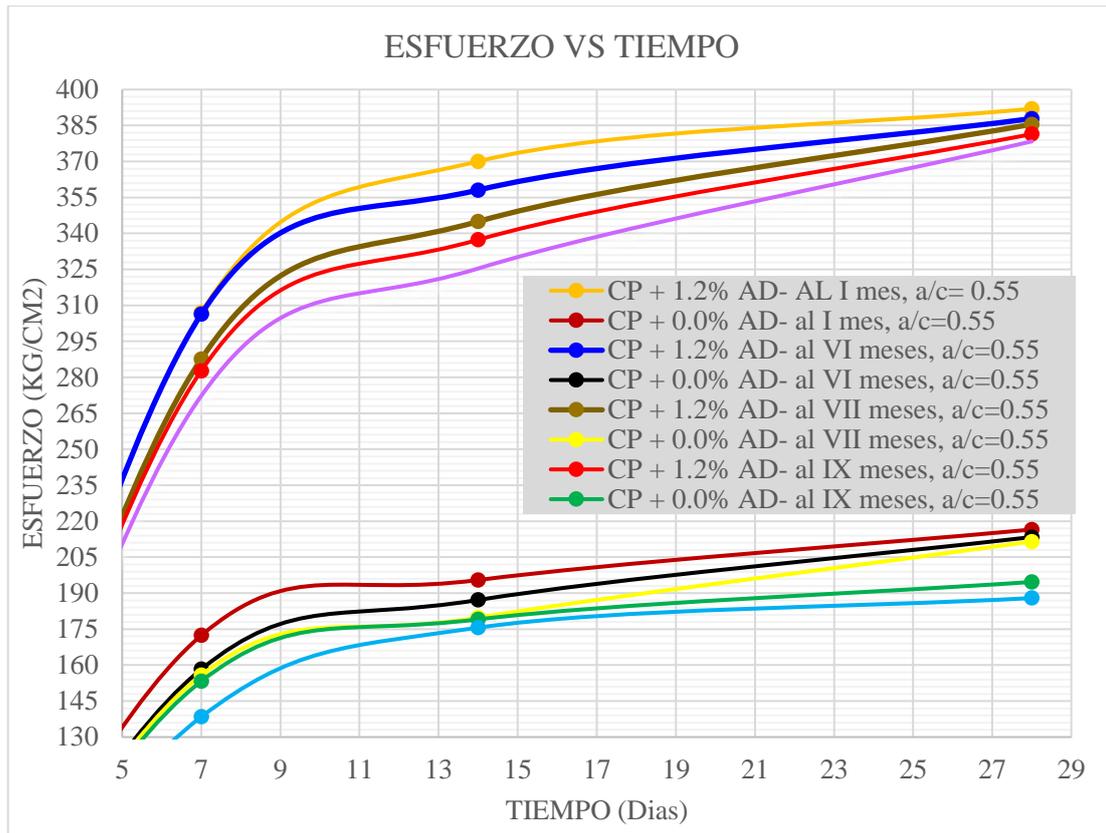
Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.



**Tabla 62: Resumen del ensayo de la resistencia a la compresión del concreto para diferentes edades en mezclas de relación a/c = 0.55, 0.65 y 0.75 con aditivo 1.2%.**

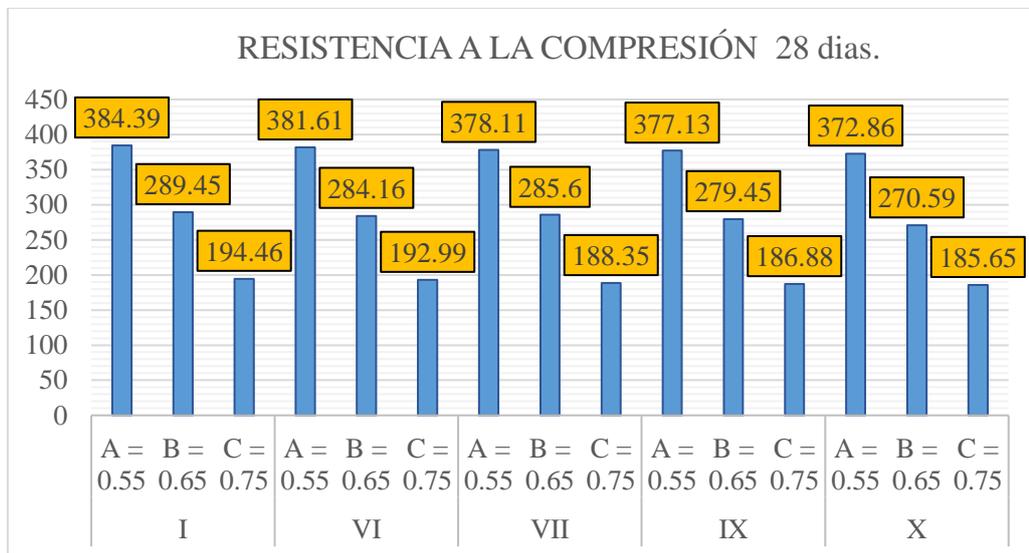
ID Mezcla-aditivo	1.2%	Resistencia a la compresion		
		7d	14d	28d
I	A = 0.55	307.03	370.08	392.01
	B = 0.65	228.22	284.1	293.4
	C = 0.75	157.26	193.35	210.62
VI	A = 0.55	306.36	358.1	387.88
	B = 0.65	227.83	279.86	293.03
	C = 0.75	153.28	188.69	209.61
VII	A = 0.55	287.65	344.99	385.52
	B = 0.65	213.87	279.12	291.99
	C = 0.75	145.45	185.59	199.17
IX	A = 0.55	282.73	337.37	381.41
	B = 0.65	208.43	245.94	288.15
	C = 0.75	137.37	177.1	195.13
X	A = 0.55	272.29	325.39	378.39
	B = 0.65	208.08	245.29	284.75
	C = 0.75	128.78	175.68	194.04

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.



**Figura 35. resistencia a la compresión de concreto para diferentes edades en mezclas de relación a/c y con una dosis del 1.2% de aditivo**

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.



**Figura 36. Incremento de la resistencia a la compresión con la adición del aditivo superplastificante 1.2%.**

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

Del análisis de la tabla. 61 y figura 35 se comprueba que la resistencia a la compresión se incrementa con el aumento de la edad, disminuye conforme avanza el tiempo de almacenamiento del cemento de una manera gradual tal como se muestra en la tabla. 62, con una pérdida máxima de 12.48kg/cm<sup>2</sup> en el décimo mes a los 28 días. y disminuye la resistencia con el aumento de la relación a/c.

**Tabla 63: Resume de la perdida de la resistencia vs tiempo de almacenamiento del cemento.**

Meses	Pérdida de resistencia(kg/cm <sup>2</sup> )		% De perdida	
VI	1.68	6.96	1.84	0.47
VII	15.18	12.61	5.98	2.76
IX	21.33	29.04	9.98	4.61
X	27.79	33.72	12.48	5.76
	<b>7 días</b>	<b>14 días</b>	<b>28 días</b>	

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

**Tabla 64: Resume de la resistencia a la compresión expresado en porcentaje.**

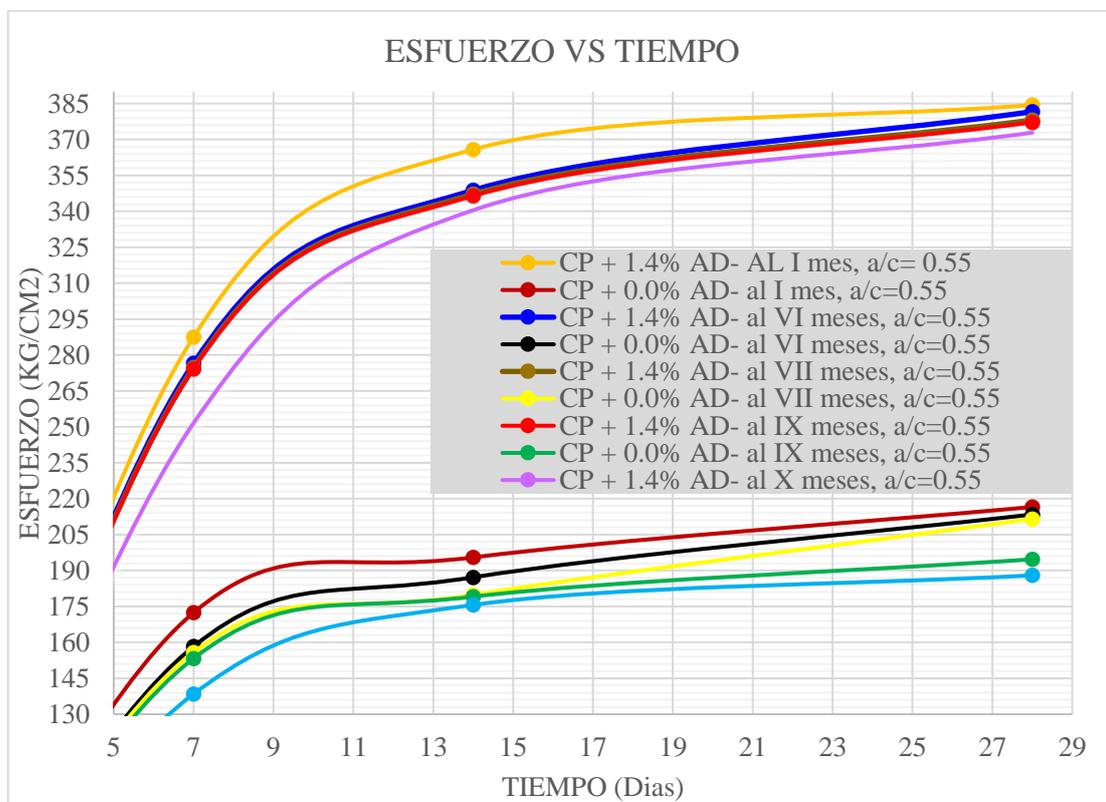
ID Mezcla (1.2%)		Resistencia a la compresion (%)		
		7d	14d	28d
I	A = 0.55	142.10%	171.30%	181.50%
	B = 0.65	142.60%	177.60%	183.40%
	C = 0.75	149.80%	184.10%	200.60%
VI	A = 0.55	141.80%	165.80%	179.60%
	B = 0.65	142.40%	174.90%	183.10%
	C = 0.75	146.00%	179.70%	199.60%
VII	A = 0.55	133.20%	159.70%	178.50%
	B = 0.65	133.70%	174.50%	182.50%
	C = 0.75	138.50%	176.80%	189.70%
IX	A = 0.55	130.90%	156.20%	176.60%
	B = 0.65	130.30%	153.70%	180.10%
	C = 0.75	130.80%	168.70%	185.80%
X	A = 0.55	126.10%	150.60%	175.20%
	B = 0.65	130.10%	153.30%	178.00%
	C = 0.75	122.60%	167.30%	184.80%

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

**Tabla 65: Resumen del ensayo de la resistencia a la compresión del concreto para diferentes edades en mezclas de relación  $a/c = 0.55, 0.65$  y  $0.75$  con aditivo 1.4%.**

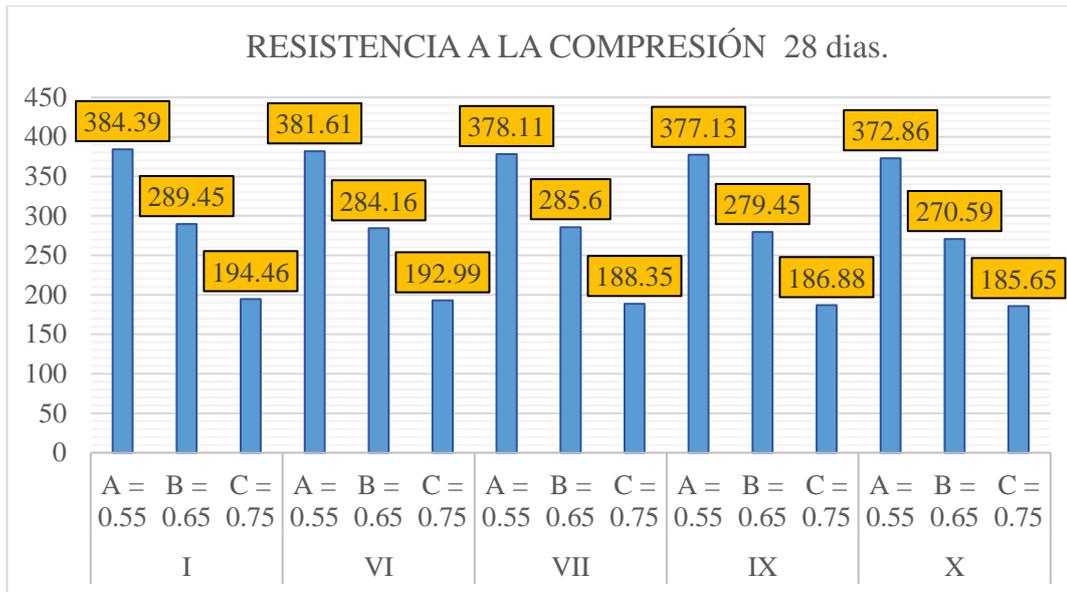
ID Mezcla-aditivo	1.4%	Resistencia a la compresion		
		7d	14d	28d
I	A = 0.55	287.52	365.81	384.39
	B = 0.65	201.87	266.92	289.45
	C = 0.75	149.67	184.39	194.46
VI	A = 0.55	276.53	348.77	381.61
	B = 0.65	201.32	256.08	284.16
	C = 0.75	142.74	174.68	192.99
VII	A = 0.55	274.8	347.2	378.11
	B = 0.65	198.4	254.18	285.6
	C = 0.75	141.85	173.36	188.35
IX	A = 0.55	274.22	346.4	377.13
	B = 0.65	194.99	246.03	279.45
	C = 0.75	129.82	165.82	186.88
X	A = 0.55	251.56	340.46	372.86
	B = 0.65	185.23	242.31	270.59
	C = 0.75	128.25	163.53	185.65

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.



**Figura 37. resistencia a la compresión de concreto para diferentes edades en mezclas de relación  $a/c$  y con una dosis del 1.4% de aditivo**

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.



**Figura 38. Incremento de la resistencia a la compresión con la adición del aditivo superplastificante 1.4%.**

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

Del análisis de la tabla. 64 y figura 37 se comprueba que la resistencia a la compresión se incrementa con el aumento de la edad, disminuye conforme avanza el tiempo de almacenamiento del cemento de una manera gradual tal como se muestra en la tabla. 65, con una pérdida máxima de 13.07kg/cm<sup>2</sup> en el décimo mes a los 28 días. y disminuye la resistencia con el aumento de la relación a/c.

**Tabla 66: Resume de la perdida de la resistencia vs tiempo de almacenamiento del cemento.**

Meses	Perdida de resistencia(kg/cm <sup>2</sup> )	% De perdida
VI	6.16	0.83
VII	8	2.5
IX	13.34	3.82
X	24.67	6.03
	<b>7 días</b>	<b>14 días</b>
	<b>14 días</b>	<b>28 días</b>

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

**Tabla 67: Resume de la resistencia a la compresión expresado en porcentaje.**

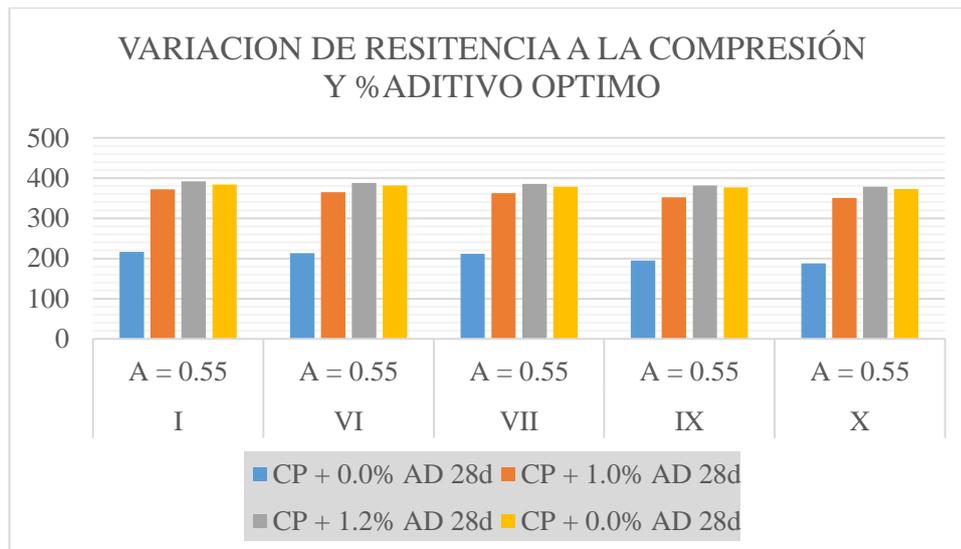
ID MEZCLA (1.4%)		RESISTENCIA A LA COMPRESION (%)		
		7d	14d	28d
I	A = 0.55	133.10%	169.40%	178.00%
	B = 0.65	126.20%	166.80%	180.90%
	C = 0.75	142.50%	175.60%	185.20%
VI	A = 0.55	128.00%	161.50%	176.70%
	B = 0.65	125.80%	160.10%	177.60%
	C = 0.75	135.90%	166.40%	183.80%
VII	A = 0.55	127.20%	160.70%	175.10%
	B = 0.65	124.00%	158.90%	178.50%
	C = 0.75	135.10%	165.10%	179.40%
IX	A = 0.55	127.00%	160.40%	174.60%
	B = 0.65	121.90%	153.80%	174.70%
	C = 0.75	123.60%	157.90%	178.00%
X	A = 0.55	116.50%	157.60%	172.60%
	B = 0.65	115.80%	151.40%	169.10%
	C = 0.75	122.10%	155.70%	176.80%

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

**Tabla 68: Resumen de la resistencia a la compresión del CP y CP + % a los 28 días de edad.**

ID MEZCLA		CP + 0.0%	CP + 1.0%	CP + 1.2%	CP + 1.4%
		AD	AD	AD	AD
		28d	28d	28d	28d
I	A = 0.55	216.52	372.23	392.01	384.39
	B = 0.65	161.32	283.52	293.4	289.45
	C = 0.75	104.06	201.36	210.62	194.46
VI	A = 0.55	213.38	365.07	387.88	381.61
	B = 0.65	158.87	281.37	293.03	284.16
	C = 0.75	101.44	200.15	209.61	192.99
VII	A = 0.55	211.51	362.46	385.52	378.11
	B = 0.65	148.1	280.08	291.99	285.6
	C = 0.75	98.79	198.86	199.17	188.35
IX	A = 0.55	194.68	352.54	381.41	377.13
	B = 0.65	146.86	281.4	288.15	279.45
	C = 0.75	95.1	195.12	195.13	186.88
X	A = 0.55	187.97	350.5	378.39	372.86
	B = 0.65	141.88	262.03	284.75	270.59
	C = 0.75	89.58	168.91	194.04	185.65

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.



**Figura 39. Variación de la resistencia entre CP y CP + %AD**

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

Del análisis de la tabla 67, la resistencia alcanzada a los 28 días por el concreto patrón para una relación  $a/c = 0.55$  es de  $216.52 \text{ kg/cm}^2$  y con la adición del aditivo superplastificante para una dosis de 1.0% es de  $372.23 \text{ kg/cm}^2$ , dosis de 1.2% es de  $392.01 \text{ kg/cm}^2$  y dosis de 1.4% es de  $384.39 \text{ kg/cm}^2$  se verifica el incremento de la resistencia.

Se encontró que las mezclas diseñadas en función a la relación  $a/c = 0.55, 0.65$  y  $0.75$ , para dosis de aditivo superplastificante por debajo e igual al 1.2%, la resistencia a la compresión crece en forma proporcional con la dosis suministrada; sin embargo para dosis superiores a 1.2%, la resistencia a la compresión del concreto experimenta un decrecimiento, no obstante este valor se encuentra mayormente por encima de la resistencia a la compresión de la mezcla patrón.

El ligero incremento de la resistencia a la compresión del concreto en un primer momento, se debe a que el efecto fluidificante del aditivo superplastificante produce una hidratación más eficaz y por lo tanto se genera una microestructura algo más homogénea que produce una cierta mejoría de la resistencia mecánica a compresión; sin embargo, a partir de ciertas dosis de aditivo superplastificante, el valor de la resistencia disminuye



debido a la inclusión de aire en la mezcla de concreto (efecto secundario del aditivo superplastificante).

Se observa que las probetas logran alcanzar valores de resistencia mayores al 70% respecto al concreto patrón (referente 28 días) en 7 días, para dosis de 1.2% ml del aditivo superplastificante para cualquier relación a/c. Esto hace prever que el aditivo se comporta ligeramente como un acelerador de endurecimiento temprano.

#### 4.3. ANÁLISIS DE COSTOS.

En este apartado se analiza el costo de producción del concreto, donde se realizó solo con los materiales que intervienen en la mezcla para 1 m<sup>3</sup> de concreto.

El costo del aditivo superplastificante SIKACEM de 4 Litros en la ciudad de Puno tiene un costo de S/ . 34.00.

- Según, Isidro Perca (2017), los costos unitarios por metro cúbico del agregado fino y grueso en la región de Puno es S/. 34.10 y S/. 27.44 respectivamente.

En ese sentido el concreto sustituido con aditivo superplastificante se basa en el costo beneficio. Si una solución en particular requiere costos excesivos, se buscará una solución que proporcione costos no tan elevados.

#### CASO I:

Se realizó el análisis de costos al elemento estructural columna, con las siguientes consideraciones:

- Las columnas se pre dimensiona con:

$$bD=Pn /f'c$$

Donde:

D= dimensión de la sección en la dirección del análisis sísmico de la columna.

b= la otra dimensión de la sección de la columna.



$P$  = carga total que soporta la columna.

$n$  = valor que depende del tipo de columna.

$F'_c$  = resistencia del concreto a la compresión simple.

- Una columna tipo C2 con área tributaria  $20m^2$ , altura 2.5m, cargas total que soporta la columna  $1000 Kg/m^2$ , de 10 niveles.
- Predimensionamiento de la columna con concreto normal y concreto con aditivo superplastificante.

$$P = 1000kg/m^2 * 20m^2 = 20000kg. \quad ; n = 0.25$$

Predimensionamiento de la columna, concreto normal  $F'_c = 216.52 kg/cm^2$

$$bD = \frac{1.25 * 20000 * 10}{0.25 * 216.52} = 0.4123 m^2$$

Predimensionamiento de la columna, concreto con aditivo superplastificante

$F'_c = 392.01 kg/cm^2$

$$bD = \frac{1.25 * 20000 * 10}{0.25 * 392.01} = 0.2550 m^2$$

### **Volumen de Concreto**

Volumen de concreto normal  $V1 = 0.4123 m^2 * 2.5m = 1.0307m^3$

Volumen de concreto con aditivo superplastificante  $V2 = 0.2550 m^2 * 2.5m = 0.6375m^3$

En las siguientes tablas se muestra el costo de materiales para la elaboración de cada tipo de concreto con diferentes porcentajes de superplastificante:

**Tabla 69: Costo unitario de materiales para el concreto: CP + 0.0% AD- al I  
MES, relacion a/c =0.55.**

Material	Cantidad usada	Cantidad equivalente	Costo Unitario	Precio para 1m <sup>3</sup>
Cemento	350.91 kg/m <sup>3</sup>	8.26 bls	S/. 21.7	S/. 179.242
AD 0%	0 kg/m <sup>3</sup>	0 kg	S/. 0	S/. 0
Agregado Fino	670.59 kg/m <sup>3</sup>	0.26 m <sup>3</sup>	S/. 34.1	S/. 8.866
Agregado Grueso	1031.5 kg/m <sup>3</sup>	0.41 m <sup>3</sup>	S/. 27.44	S/. 11.2504
Agua	193.88 Lt/m <sup>3</sup>	0.19 m <sup>3</sup>	S/. 4.5	S/. 0.855
Costo total para 1 m <sup>3</sup> de concreto en soles				S/. 200.2134
Volumen del concreto m <sup>3</sup>				1.03
Costo total				S/. 206.2198

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

**Tabla 70: Costo unitario de materiales para el concreto: CP + 1.2% AD- al I  
MES, relacion a/c =0.55.**

Material	Cantidad	Cantidad	Costo	Precio para
Cemento	350.91 kg/m <sup>3</sup>	8.26 bls	S/. 21.7	S/. 179.242
AD 1.2%	4.21 kg/m <sup>3</sup>	3.51 Lt	S/. 8.5	S/. 29.835
Agregado Fino	670.59 kg/m <sup>3</sup>	0.26 m <sup>3</sup>	S/. 34.1	S/. 8.866
Agregado Grueso	1031.5 kg/m <sup>3</sup>	0.41 m <sup>3</sup>	S/. 27.44	S/. 11.2504
Agua	153.17 Lt/m <sup>3</sup>	0.15 m <sup>3</sup>	S/. 4.5	S/. 0.675
Costo total para 1 m <sup>3</sup> de concreto en soles				S/. 229.8684
Volumen del concreto m <sup>3</sup>				0.637
Costo total				S/. 146.42617

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

De análisis de la tabla 68 y 69 se determina que se presenta variación en el costo de producción del concreto, CP + 0.0% AD = S/. 206.21 y CP + 1.2% AD = S/. 146.42. Siendo la diferencia S/. 59.8, que en porcentaje representa el 28 % el costo de producción. Por lo tanto se tiene un ahorro con la adición del aditivo superplastificante.

## CASO II:

Se realizó el análisis de costos al elemento ZAPATAS AISLADAS: CONCRETO

F<sup>c</sup>=210 Kg/cm<sup>2</sup>, con las siguientes consideraciones:

Volumen requerido 40 m<sup>3</sup> para la partida ZAPATAS AISLADAS: CONCRETO F'<sub>c</sub>=210 Kg/cm<sup>2</sup>, de la obra: “AMPLIACION Y MEJORAMIENTO DEL SERVICIO DE FORMACION PROFESIONAL EN LA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA TOPOGRAFICA Y AGRIMENSURA DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO DPTO DE PUNO”.

**Tabla 71: Costo unitario de materiales para el concreto:CP + 0.0% AD- al I  
MES, relacion a/c =0.55.**

Material	Cantidad	Cantidad	Costo	Precio para
Cemento	350.91 kg/m <sup>3</sup>	8.26 bls	S/. 21.7	S/. 179.242
AD 0%	0 kg/m <sup>3</sup>	0 kg	S/. 0	S/. 0
Agregado Fino	670.59 kg/m <sup>3</sup>	0.26 m <sup>3</sup>	S/. 34.1	S/. 8.866
Agregado Grueso	1031.5 kg/m <sup>3</sup>	0.41 m <sup>3</sup>	S/. 27.44	S/. 11.2504
Agua	193.88 Lt/m <sup>3</sup>	0.19 m <sup>3</sup>	S/. 4.5	S/. 0.855
Costo total para 1 m <sup>3</sup> de concreto en soles				S/. 200.2134
Volumen del concreto m <sup>3</sup>				40
Costo total				S/. 8008.536

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

**Tabla 72: Costo unitario de materiales para el concreto:CP + 1.2% AD- al I  
MES, relacion a/c =0.75.**

Material	Cantidad usada	Cantidad equivalente	Costo Unitario	Precio para 1m <sup>3</sup>
Cemento	257.33 kg/m <sup>3</sup>	6.05 bls	S/. 21.7	S/. 131.285
AD 1.2%	3.088 kg/m <sup>3</sup>	2.57 Lt	S/. 8.5	S/. 21.845
Agregado Fino	754.88 kg/m <sup>3</sup>	0.29 m <sup>3</sup>	S/. 34.1	S/. 9.889
Agregado Grueso	1031.5 kg/m <sup>3</sup>	0.41 m <sup>3</sup>	S/. 27.44	S/. 11.2504
Agua	153.24 Lt/m <sup>3</sup>	0.15 m <sup>3</sup>	S/. 4.5	S/. 0.675
Costo total para 1 m <sup>3</sup> de concreto en soles				S/. 174.9444
Volumen del concreto m <sup>3</sup>				40
Costo total				S/. 6997.776

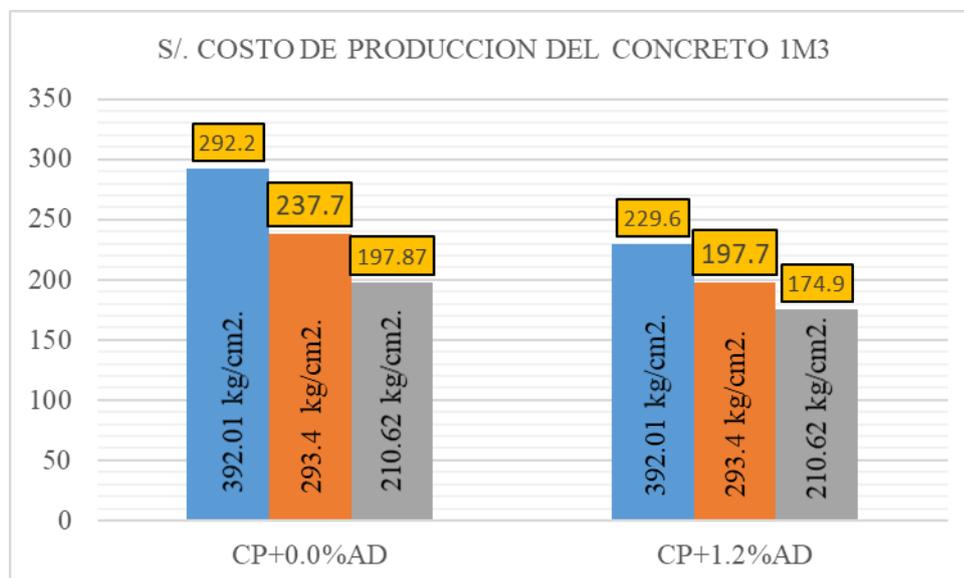
Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

Analizando los datos de la tabla 70 y 71 se determina que se presenta variación en el costo de producción del concreto para 1 m<sup>3</sup>, CP + 0.0% AD = S/. 8008.5y CP + 1.2% AD = S/. 6997.7. Siendo la diferencia S/. 1010.8, que en porcentaje representa el 12 % el costo de producción. Por lo tanto se tiene un ahorro con la adición del aditivo superplastificante.

**Tabla 73: Costo unitario de materiales para el concreto:CP + 1.2% AD- al I MES, relacion a/c =0.75.**

Resistencia a la compresión F <sup>'</sup> c (kg/cm <sup>2</sup> )	Costo de producción S/.		Porcentaje de variación de costo.
	CP+0.0%AD	CP+1.2%AD	
28 DÍAS			
392.01	292.2	229.6	21.42%
293.4	237.7	197.7	16.83%
210.62	197.87	174.9	11.61%

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.



**Figura 40. Variación de costo de producción con la adición de aditivo superplastificante.**

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

#### **4.4. ANALISIS ESTADISTICO.**

Para la evaluación de resultados del presente trabajo de investigación se realiza el análisis de la muestra mediante datos agrupados, esto nos permite evaluar las medidas de tendencia central que nos permitirá probar las hipótesis planteadas mediante la estadística inferencial y poder sacar conclusiones respecto a una población.

La Hipótesis a probar es la siguiente:

La pre hidratación y la adición de aditivo superplastificante influyen directamente en la trabajabilidad y resistencia a la compresión del concreto de una manera negativa y positiva respectivamente.

Para esta situación se ha de probar lo siguiente:

Si la resistencia mecánica del concreto elaborado con cemento almacenado disminuye y con la adición del aditivo superplastificante mejora.

Para tal efecto se realizará la validación de datos y la prueba de hipótesis correspondiente a ambos casos.

##### **4.4.1. Validación de datos de del ensayo a la compresión.**

###### **Elaborados con cementos almacenados.**

Para el análisis y validación de los datos del ensayo a compresión en laboratorio, los cálculos correspondientes a las medidas de tendencia central se han realizado mediante datos agrupados.

Para lo cual se muestra cuadro resume de rotura de testigos de concreto a los 7, 14 y 28 días de edad. Ver tabla 67.

ANALISIS ESTADISTICO - CONCRETO PATRON + 0.0%AD PARA EL MES I - a/c=0.55

Diseño		Probeta		Resistencia	
RESISTENCIA A LA COMPRESION (f'c) OBTENIDAS A LOS 28 DIAS		CP + 0.0% a/c=0.55 -1		214.76	
		CP + 0.0% a/c=0.55 -1		218.23	
		CP + 0.0% a/c=0.55 -1		216.58	

Intervalos de	$X_i$	$f_i$	$F_i$	$f_i \cdot X_i$	$(X_i - u)$	$(X_i - u)^2$	$f_i(X_i - u)^2$
214.76 - 216.11 >	215.44	1.00	1.00	215.44	-1.35	1.82	1.82
216.11 - 217.46 >	216.79	1.00	2.00	216.79	0.00	0.00	0.00
217.46 - 218.81 >	218.14	1.00	3.00	218.14	1.35	1.82	1.82
		<b>3.00</b>		<b>650.36</b>			<b>3.64</b>

NUMERO DE MUESTRAS : n =	3.00	VARIANZA : $\sigma^2 =$	1.82
RANGO DE DATOS : $R_x =$	3.47	DESVIACION ESTANDAR : $\sigma =$	1.35
$X_{max} = 218.23$ $X_{min} = 214.76$		COEFICIENTE DE VARIACION : CV =	0.62
Nº DE INTERVALOS DE CLASE : K =	2.57	PERCENTIL : $P_{10} \geq 0.70$	= 215.17
ANCHO DE INTERVALOS DE CLAS: C =	1.35	PERCENTIL : $P_{25} \geq 1.75$	= 215.77
MEDIA : u =	216.79		

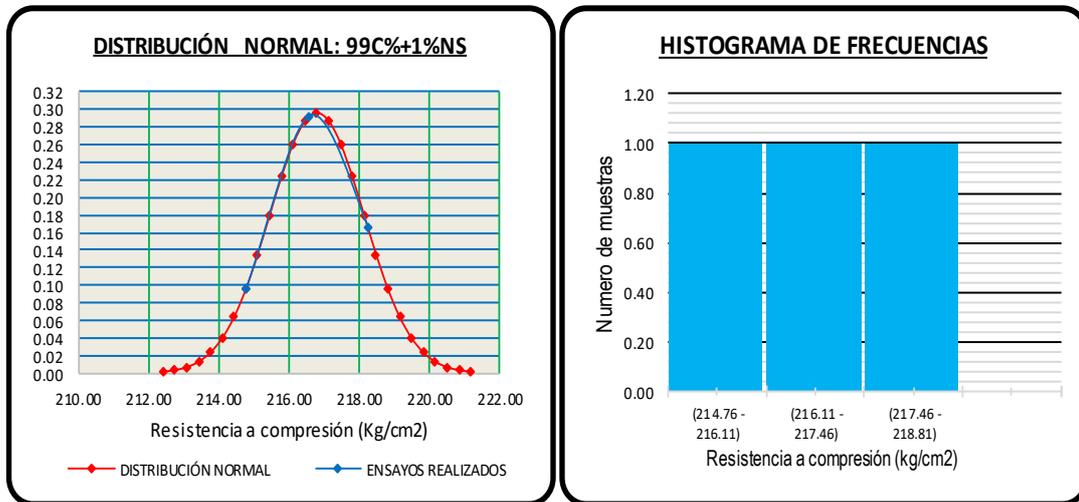


Figura 41. Análisis estadístico CP + 0%AD para el I mes.

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

Observando la figura 40 y la tabla 10, se observa dispersión total y dispersión entre testigos para validación de datos, esta distribución normal del concreto patrón +0.0%AD al I MES – a/c = 0.55 presenta una desviación estándar de 1.35 menor a 14.1; considerado como excelente, un coeficiente de variación de 0.62 menor a 2 considerado como excelente.

**Tabla 74: Analisis estadístico para todo los casos del CP+0%AD.**

ID Mezcla	CP + 0.0% AD	Varianza	Desviacion estándar	Coefficiente de Variacion	
		28 DÍAS	$\sigma^2$	$\sigma$	CV
I	A = 0.55	216.52	1.82	1.35	0.62
	B = 0.65	161.32	11.04	3.32	2.06
	C = 0.75	104.06	15.46	3.93	3.78
VI	A = 0.55	213.38	1.22	1.10	0.52
	B = 0.65	158.87	0.70	0.83	0.53
	C = 0.75	101.44	<b>0.01</b>	<b>0.11</b>	<b>0.11</b>
VII	A = 0.55	211.51	0.15	0.39	0.18
	B = 0.65	148.1	8.82	2.97	2.01
	C = 0.75	98.79	3.98	1.99	2.02
IX	A = 0.55	194.68	6.73	2.60	1.33
	B = 0.65	146.86	0.62	0.78	0.53
	C = 0.75	95.1	<b>21.32</b>	<b>4.62</b>	<b>4.85</b>
X	A = 0.55	187.97	0.62	0.78	0.42
	B = 0.65	141.88	0.30	0.55	0.39
	C = 0.75	89.58	9.25	3.04	3.39

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

Del análisis de la tabla 10 y 73 se observa para validación de datos, esta distribución normal del concreto patrón +0.0%AD para los 15 diseños, presenta una desviación estándar máxima de todo el grupo de 4.62 menor a 14.1; considerado como excelente, un coeficiente de variación de 4.85 menor a 5 considerado como suficiente.

#### 4.4.2. Validación de datos de del ensayo a la compresión.

##### Con la adición de aditivo superplastificante.

Para el análisis y validación de los datos del ensayo a compresión en laboratorio, los cálculos correspondientes a las medidas de tendencia central se han realizado mediante datos agrupados.

Para lo cual se muestra cuadro resume de rotura de testigos de concreto a los 7, 14 y 28 días de edad. Ver tabla 67.

ANALISIS ESTADISTICO - CONCRETO PATRON + 1.2%AD PARA EL MES I - a/c=0.55

Diseño		Probeta		Resistencia			
RESISTENCIA A LA COMPRESION (f'c) OBTENIDAS A LOS 28 DIAS		CP + 1.2% a/c=0.55 -1	388.70				
		CP + 1.2% a/c=0.55 -2	392.24				
		CP + 1.2% a/c=0.55 -3	394.10				
Intervalos de	$X_i$	$f_i$	$F_i$	$f_i \cdot X_i$	$(X_i - u)$	$(X_i - u)^2$	$f_i(X_i - u)^2$
388.70 - 390.80 >	389.75	1.00	1.00	389.75	-2.10	4.41	4.41
390.80 - 392.90 >	391.85	1.00	2.00	391.85	0.00	0.00	0.00
392.90 - 395.00 >	393.95	1.00	3.00	393.95	2.10	4.41	4.41
		<b>3.00</b>		<b>1175.55</b>			<b>8.82</b>
NUMERO DE MUESTRAS : n = 3.00				VARIANZA : $\sigma^2 = 4.41$			
RANGO DE DATOS : $R_x = 5.40$				DESVIACION ESTANDAR : $\sigma = 2.10$			
$X_{max} = 394.10$ $X_{min} = 388.70$				COEFICIENTE DE VARIACION : CV = 0.54			
Nº DE INTERVALOS DE CLASE : K = 2.57				PERCENTIL : $P_{10} \geq 0.70 = 389.33$			
ANCHO DE INTERVALOS DE CLAS : C = 2.10				PERCENTIL : $P_{25} \geq 1.75 = 390.28$			
MEDIA : u = 391.85							

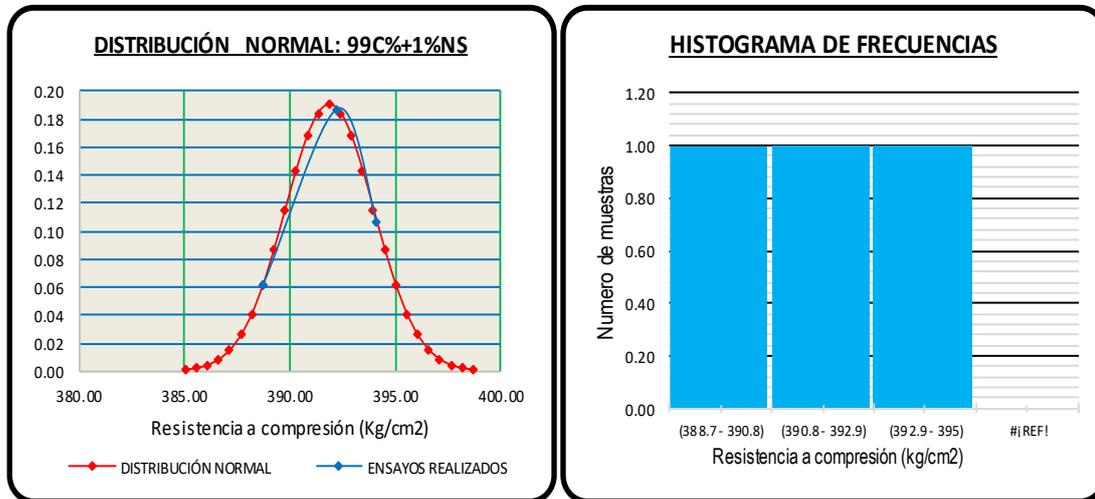


Figura 42. Análisis estadístico CP + 1.2%AD para el I mes.

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

Observando la figura 41 y la tabla 10, se observa dispersión total y dispersión entre testigos para validación de datos, esta distribución normal del concreto patrón +1.2%AD al I MES – a/c = 0.55 presenta una desviación estándar de 2.10 menor a 14.1; considerado como excelente, un coeficiente de variación de 0.54 menor a 2 considerado como excelente.

**Tabla 75: Análisis estadístico para todo los casos del CP+1.0%AD.**

ID Mezcla	CP + 1.0% AD	Varianza	Desviacion estándar	Coeficiente DE Variacion	
					28d
I	A = 0.55	372.23	66.24	8.14	2.19
	B = 0.65	283.52	11.66	3.42	1.20
	C = 0.75	201.36	27.53	5.25	2.61
VI	A = 0.55	365.07	2.81	1.68	0.46
	B = 0.65	281.37	1.66	1.29	0.46
	C = 0.75	200.15	0.05	0.22	0.11
VII	A = 0.55	362.46	1.53	1.24	0.34
	B = 0.65	280.08	2.86	1.69	0.60
	C = 0.75	198.86	0.01	0.08	0.04
IX	A = 0.55	352.54	0.34	0.58	0.16
	B = 0.65	<b>281.4</b>	<b>0.00</b>	<b>0.04</b>	<b>0.02</b>
	C = 0.75	195.12	0.82	0.91	0.46
X	A = 0.55	350.5	2.93	1.71	0.49
	B = 0.65	262.03	0.01	0.09	0.04
	C = 0.75	<b>168.91</b>	<b>22.65</b>	<b>4.76</b>	<b>2.82</b>

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

**Tabla 76: Análisis estadístico para todo los casos del CP+1.2%AD.**

ID MEZCLA	CP + 1.2% AD	VARIANZ A	DESVIACIO N ESTÁNDAR	COEFICIENT E DE VARIACION	
					28d
I	A = 0.55	392.01	4.41	2.10	0.54
	B = 0.65	<b>293.4</b>	<b>25.42</b>	<b>5.04</b>	<b>1.73</b>
	C = 0.75	210.62	5.51	2.35	1.11
VI	A = 0.55	387.88	1.39	1.18	0.30
	B = 0.65	293.03	3.23	1.80	0.62
	C = 0.75	209.61	9.29	3.05	1.45
VII	A = 0.55	385.52	0.68	0.83	0.21
	B = 0.65	291.99	0.27	0.52	0.18
	C = 0.75	199.17	0.01	0.11	0.06
IX	A = 0.55	<b>381.41</b>	<b>0.01</b>	<b>0.08</b>	<b>0.02</b>
	B = 0.65	288.15	16.30	4.04	1.38
	C = 0.75	195.13	7.37	2.72	1.39
X	A = 0.55	378.39	18.00	4.24	1.12
	B = 0.65	284.75	4.81	2.19	0.75
	C = 0.75	194.04	0.08	0.28	0.14

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

**Tabla 77: Análisis estadístico para todo los casos del CP+1.4%AD.**

ID MEZCLA	CP + 1.4% AD	VARIANZA	DESVIACION ESTÁNDAR	COEFICIENTE DE VARIACION
		$\sigma^2$	$\sigma$	CV
I	A = 0.55	384.39	0.06	0.06
	B = 0.65	289.45	1.55	0.43
	C = 0.75	<b>194.46</b>	<b>37.07</b>	<b>3.13</b>
VI	A = 0.55	381.61	4.35	0.55
	B = 0.65	<b>284.16</b>	<b>1.46</b>	<b>0.43</b>
	C = 0.75	192.99	24.57	2.57
VII	A = 0.55	378.11	17.88	1.12
	B = 0.65	285.6	64.64	8.04
	C = 0.75	188.35	1.50	0.65
IX	A = 0.55	377.13	1.39	0.31
	B = 0.65	279.45	0.09	0.11
	C = 0.75	186.88	1.71	0.70
X	A = 0.55	372.86	20.22	4.50
	B = 0.65	270.59	1.71	1.31
	C = 0.75	185.65	3.03	1.74

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

Del análisis de la tabla 10 y 74, 75 y 76 se observa para validación de datos, esta distribución normal del concreto patrón +%AD para los 45 diseños, presenta una desviación estándar máxima de todo el grupo de 6.09 menor a 14.1; considerado como excelente, un coeficiente de variación de 3.13 menor a 4 considerado como bueno.

#### 4.4.3. Análisis de la prueba de hipótesis.

Para el análisis de la prueba de hipótesis se ha considerado el análisis mediante el estadístico de prueba “t-student”, para un análisis de datos de una cola o prueba unilateral.

Para la validación de la hipótesis se plantea lo siguiente.

##### CASO I

- (u1) son muestras realizadas en el concreto patrón
- (u2) son muestras correspondientes a los concretos elaborados con

cementos almacenados de VI, VII, IX y X meses.



Para lo cual se tiene que analizar si por el tiempo de almacenamiento del cemento disminuye o no la resistencia a compresión de la muestra, por lo que se considera que si existe disminución entonces los valores de la media serán iguales.

Para lo cual se considera primero la hipótesis alternativa unilateral.

Hipótesis nula  $H_0: \mu_1 = \mu_2$

La pre hidratación del cemento NO DISMINUYE la resistencia a la compresión del concreto.

Hipótesis nula  $H_0: \mu_1 > \mu_2$ ,

La pre hidratación del cemento DISMINUYE la resistencia a la compresión del concreto,

Se rechaza  $H_0$ , si la muestra elaborada con cementos almacenados disminuye la resistencia.

Para la construcción de la prueba se va hacer uso del estadístico de prueba t-student.

Para los cuales se tienen los siguientes cuadros de resumen de validación de hipótesis a los 28 días de edad.

**Tabla 78: de resumen de validación de hipótesis a los 28 días de edad, para VI, VII, IX y X meses.**

		C.P	C.P VI meses	C.P VII meses	C.P IX meses	C.P X meses
Numero de muestras	N	7	7	7	7	7
Media aritmetica	u	168.62	165.83	161.19	152.57	146.69
Varianza	$\sigma^2$	2572.91	2530.15	2629.71	2017.54	1953.93
t critico tabla	tc tabl a		1.943	1.943	1.943	1.943
Nivel de significancia	$\alpha$		0.05	0.05	0.05	0.05
Grados de libertad	n1 +n2 - 2		6	6	6	6
t calculado	to calc .		1.48	4.54	5.70	7.78
DECISION			NO HACEPTA Ha	SI HACEPTA Ha	SI HACEPTA Ha	SI HACEPTA Ha

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

Del análisis de validación de hipótesis, se concluye que la pre hidratación disminuye la resistencia a la compresión del concreto a partir del VII Mes. A periodos de almacenamiento menores a VI meses no varía la resistencia a la compresión.

## CASO II

- (u1) son muestras realizadas en el concreto patrón
- (u2) son muestras correspondientes a los concretos adicionados en 1.0%, 1.2% y 1.4% de aditivo superplastificante.

Para lo cual se tiene que analizar la adición del aditivo superplastificante incrementa o no la resistencia a compresión de la muestra, por lo que se considera que si existe incremento entonces los valores de la media serán iguales.

Para lo cual se considera primero la hipótesis alternativa unilateral.

Hipótesis nula  $H_0: u_1 = u_2$

La adición de aditivo superplastificante en dosis de 1.0%, 1.2%, y 1.4% del peso del cemento NO AUMENTA la resistencia a la compresión del concreto.

Hipótesis nula  $H_0: \mu_1 < \mu_2$ ,

La adición de aditivo superplastificante en dosis de 1.0%, 1.2%, y 1.4% del peso del cemento AUMENTA la resistencia a la compresión del concreto.

Para la construcción de la prueba se va hacer uso del estadístico de prueba t-student

Para los cuales se tienen los siguientes cuadros de resumen de validación de hipótesis a los 28 días de edad.

**Tabla 79: de resumen de validación de hipótesis a los 28 días de edad, con aditivo superplastificante.**

		<b>C.P</b>	<b>C.P + 1.0% AD</b>	<b>C.P + 1.2% AD</b>	<b>C.P + 1.4% AD</b>
Numero de muestras	N	7	7	7	7
Media aritmetica	u	168.62	298.06	311.61	303.00
varianza	$\sigma^2$	2572.91	6008.03	6781.40	7325.97
t critico tabla	tc tabla		1.943	1.943	1.943
nivel de significancia	$\alpha$		0.05	0.05	0.05
Grados de libertad	n1 +n2 - 2		6	6	6
t calculado	to calc.		11.74	11.81	9.86
			<i>SI</i>	<i>SI</i>	<i>SI</i>
			<i>HACEPTA</i>	<i>HACEPTA</i>	<i>HACEPTA</i>
<b>DECISION</b>			<i>Ha</i>	<i>Ha</i>	<i>Ha</i>

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

Del análisis de validación de hipótesis, se concluye que la adición de aditivo superplastificante en dosis de 1.0%, 1.2% y 1.4% del peso del cemento aumenta la resistencia a la compresión del concreto.

## V. CONCLUSIONES

### 5.1. CONCLUSIÓN GENERAL

La pre hidratación ocasionada por el tiempo de almacenamiento en humedad ambiente disminuye gradualmente las propiedades del concreto a partir del VII mes, específicamente la resistencia a la compresión y la trabajabilidad de la mezcla. Y la adición del aditivo superplastificante mejora considerablemente en la trabajabilidad y la resistencia a la compresión del concreto.

### 5.2. CONCLUSIONES ESPECÍFICAS

- Con respecto a la influencia de la pre hidratación en la trabajabilidad del concreto según los resultados obtenidos y analizados en la presente investigación se concluye que: la cantidad de agua de diseño varía para diferentes tiempos de almacenamiento, la temperatura del concreto en estado fresco disminuye en 1°C a partir del VII mes tomando como referencia la NTP 339.184 recomienda que la temperatura ideal para la colocación del concreto es de 15 °C. El peso unitario del concreto fresco experimenta una pérdida gradual conforme aumenta el tiempo de almacenamiento del cemento, pero los valores se encuentran aproximadamente dentro de los límites fijados por el comité ACI para concretos normales (2240 a 2400 kg/m<sup>3</sup>).

	Pérdida de peso unitario en (kg/m <sup>3</sup> ) en función al tiempo de almacenamiento del cemento			Pérdida Promedio (kg/m <sup>3</sup> )
	a/c=0.75	a/c=0.65	a/c=0.55	
VI	-4.65	24.2	2.83	<b>7.46</b>
VII	27.83	50.31	15.24	<b>31.13</b>
IX	45.08	66.7	20.62	<b>44.13</b>
X	55.66	100.62	38.41	<b>64.90</b>

- Con respecto a la influencia de la pre hidratación en la resistencia a la compresión, según los resultados obtenidos y analizados en la presente investigación se

concluye que a los 28 días de edad presenta pérdida de resistencia a la compresión frente al concreto patrón (216.52 kg/cm<sup>2</sup>). Para periodos de almacenamiento menores a VI meses la resistencia a la compresión son aceptables con referencia a F'c del concreto patrón.

<b>MESES</b>	<b>PERDIDA DE RESISTENCIA(kg/cm<sup>2</sup>) A LOS 28 DÍAS</b>	<b>% DE PERDIDA</b>
VI	2.74	1.26
VII	7.83	3.62
IX	15.09	6.97
X	20.82	9.62

- Con respecto a la influencia del aditivo superplastificante en la trabajabilidad del concreto según los resultados obtenidos y analizados en la presente investigación se concluye que: la cantidad de agua de diseño disminuye frente a las diferentes dosis de adición de aditivo (como se muestra en la tabla).

<b>Reduccion de agua</b>	<b>% De agua reducida para cada dosis. según el diseño</b>
0% de aditivo.	0%
1% de aditivo	19.97%
1.2% de aditivo	20.09%
1.4% de aditivo	21.23%

- Respectó a la temperatura se incorporó a la elaboración del concreto el aditivo superplastificante una de las propiedades es disminuir el agua de diseño; por lo que se hidrata a un ritmo más lento, por lo tanto no generando variaciones en la temperatura del concreto fresco manteniendo un promedio de 15.5°C.
- El peso unitario del concreto fresco experimenta un incremento para dosis debajo e iguales a 1.2%; sin embargo, para dosis superiores a 1.2%, el peso unitario del

concreto experimenta un decrecimiento, no obstante este valor se encuentra mayormente por encima del peso unitario de la mezcla patrón y de los límites fijados por el comité ACI para concretos normales (2240 a 2400 kg/m<sup>3</sup>).

Tiempo de almacenamiento	Peso unitario (kg/cm <sup>3</sup> )			
	CP+0.0% AD.	CP+1.0% AD.	CP+1.2% AD.	CP+1.4% AD.
I	2358.27	2379.59	2465.81	2347.77
VI	2355.44	2376.76	2463.13	2344.94
VII	2343.03	2339.35	2425.65	2332.53
IX	2337.65	2333.97	2420.07	2327.15
X	2319.86	2316.18	2402.38	2309.36

- Con respecto a la influencia del aditivo superplastificante en la resistencia a la compresión, según los resultados obtenidos y analizados en la presente investigación se concluye que a los 28 días de edad presenta incremento de resistencia a la compresión frente al concreto patrón (216.52 kg/cm<sup>2</sup>).

Tiempo de almacenamiento	Resistencia a la compresión (kg/cm <sup>2</sup> )			
	CP+0.0 % AD.	CP+1.0% AD.	CP+1.2 % AD.	CP+1.4 % AD.
I	216.52	372.23	392.01	384.39
VI	213.38	365.07	387.88	381.61
VII	211.51	362.46	385.52	378.11
IX	194.68	352.54	381.41	377.13
X	187.97	350.5	378.39	372.86

- La incorporación del aditivo superplastificante en las mezclas de concreto, ocasionó un incremento de la resistencia a la compresión para dosis debajo e igual a 1.2%; sin embargo, para dosis superiores a 1.2%, la resistencia a la compresión del concreto experimenta un decrecimiento, no obstante este valor se encuentra mayormente por encima de la resistencia a la compresión de la mezcla patrón.



- El costo de producción de concreto por m<sup>3</sup> disminuye en más de 11% del costo total con la incorporación del aditivo superplastificante.



## VI. RECOMENDACIONES

La elección de un determinado aditivo superplastificante es un proceso muy importante en el que deben considerarse muchos más aspectos que la simple comparación del costo unitario de los aditivos. Según la aplicación, a la hora de seleccionar un determinado aditivo, debe tenerse en cuenta la influencia del mismo en los siguientes aspectos: incremento de la trabajabilidad, capacidad reductora de agua, mantenimiento de la trabajabilidad en el tiempo, desarrollo de resistencia temprana, retraso de fraguado, desarrollo de resistencia a largo plazo, incorporación de aire, presencia de otros aditivos químicos.

Para un adecuado proceso de mezclado del concreto con aditivo superplastificante adicionada, se recomienda la siguiente secuencia: separa en dos partes iguales al agua de diseño, luego añadirlo el aditivo superplastificante al parte de agua. Vaciar en la mezcladora parte del agua de diseño añadido con aditivo, seguido el agregado grueso y fino, luego el cemento finalmente el agua restante . añadido 3 a 4 minutos al tiempo de mezclado, para así obtener una mejor distribución del aditivo superplastificante en la mezcla.

Se recomienda la adición del aditivo superplastificante con una dosis de 1.2% con respecto al peso del cemento, ya que la resistencia a la compresión disminuye mientras mayor sea la cantidad de aditivo superplastificante.

Se recomienda el uso de cementos almacenados por más de seis meses para obras de concretos simple.



## VII. REFERENCIAS

### LIBROS Y TESIS

Abanto Castillo, F. (1994). Tecnología del Concreto. Lima, Perú: San Marcos..

Huincho Salvatierra, E. (2011). Concreto de alta Resistencia usando aditivo superplastificante, microsílíce y nanosílíce con cemento portland tipo I (Tesis de pregrado). Facultad de Ingeniería Civil. Universidad Nacional de Ingeniería, Lima, Perú.

Alvarado, D., & Cortez, P. (2018). Influencia del tiempo de almacenamiento y tipo de cemento en la fluidez, fraguado y compresión de morteros de asiento (tesis de pregrado). Trujillo-Perú: Universidad Nacional de Trujillo.

Aranda, J., Quispe, M., & La Jara, H. (s.f.). Variación De Las Propiedades Del Cemento Portland Tipo I, Almacenado En Condiciones No Favorables Durante Largos Periodos. Cemento Andino S.A.

Cana, D., & Quispe, S. (2018). Análisis de las propiedades mecánicas del concreto aplicando cemento portland tipo IP almacenado en condiciones no favorables durante los meses más húmedos en la ciudad de Arequipa (tesis de pregrado). Arequipa: Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa.

Feijoo, O. (2016). Estudio del comportamiento del cemento tipo I Co almacenado con envase protector aislante (tesis de pregrado). Lima: Universidad Nacional de Ingeniería.

Ossa, M. (1974). Influencia de la edad y tipo de almacenamiento en los cementos chilenos. Revista IDIEM, 22.



- Rincon, P. (2006). Evaluacion Del Fenomeno De Formacion De Grumos Y/O Endurecimiento Prematuro En Los Cementos Ensacados En Cementos Paz Del Rio S.A (tesis de pregrado). Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander.
- Thompson, J. A. (1974). "Resilient Response of Granular Materials Subjected to Time Dependent Lateral Stresses". Washington, D.C: Record.
- ASTM C 31/C 31M. (2003). Práctica estándar para fabricación y curado de especímenes de concreto. USA: ASTM Internacional.
- ASTM C39/C39M. . (2014). Método de prueba estándar para resistencia a la compresión de los especímenes cilíndricos de concreto. USA: ASTM Internacional.
- Castillo, F. A. (1995). Tecnología del concreto. Lima: San Marcos.
- Hernández Sampieri, R. C., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, P. (2006). Metodología de la Investigación. México: 4ta Ed. McGraw-Hill Interamericana.
- Association Concrete National Ready Mixed.
- Elias Castells,X(2012). Reciclaje de residuos industriales (ediciones Diaz de Santos)(1320 pag.) de Madrid, Madrid, España.
- ACI 211.1-97. (1998) Estándar Practice for Selecting Proportions for normal, Heavy Weight, Mass Concrete.
- Isidro Perca, G. (2017). Influencia de las fibras de polipropileno en las propiedades del concreto  $f'c$  210 kg/cm<sup>2</sup>. tesis de pregrado. Universidad Nacional de Altiplano. Puno, peru.
- ACI 201.2R-07. (2000).Guide to durable concrete. American Concrete Institute (ACI)..



## ANEXOS