

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE LOS ANDES

FACULTAD DE INGENIERÍA

Escuela profesional de ingeniería civil



TESIS:

“Análisis comparativo de la resistencia del concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ elaborados con aditivo superplastificante y diferentes cementos portland en Abancay - Apurímac, 2022”

Presentado por:

Bach. TEÓFILO ORELLANA DAMIÁN

Para optar el título profesional de:

INGENIERO CIVIL

**Abancay – Apurímac – Perú
2023**

Tesis:

“Análisis comparativo de la resistencia del concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ elaborados con aditivo superplastificante y diferentes cementos portland en Abancay - Apurímac, 2022”

Línea de investigación:

Gestión de la infraestructura para el desarrollo sostenible.

Asesor:

Ing. Mauro Samuel Altamirano Camacho



UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE LOS ANDES
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

**“ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA RESISTENCIA DEL CONCRETO $f'_c = 210$
kg/cm² ELABORADOS CON ADITIVO SUPERPLASTIFICANTE Y DIFERENTES
CEMENTOS PORTLAND EN ABANCAY - APURÍMAC, 2022”**

Presentado por el Bach. **TEÓFILO ORELLANA DAMIÁN**, para optar el título profesional de: **INGENIERO CIVIL**.

Sustentado y aprobado el 25 de abril del 2023 ante el jurado.

Presidente : Ing. Cristhian Martínez Huamán
Primer miembro : Ph.D Abbon Alex Vásquez Ramírez
Segundo miembro : Mg. Juan Franks Valenzuela Carrasco
Asesor : Ing. Mauro Samuel Altamirano Camacho

DEDICATORIA

Doy gracias a Dios por permitirme llegar a este punto de mi vida y por concederme esta meta, a mi padre que dirige mi camino desde los cielos con presencia celestial.

A mi madre por el impulso necesario para continuar con mis estudios a pesar de las dificultades.

A mis hermanos y amigos por las motivaciones en todas las situaciones vividas.

AGRADECIMIENTO

A Dios por darme la fuerza necesaria para poder continuar con mis estudios a pesar de las dificultades vistas en el camino.

A toda mi familia por su apoyo incondicional mientras estudiaba en la Universidad Tecnológica de los Andes, mi alma mater en Apurímac, y a cada uno de los instructores de la escuela de ingeniería civil por sus amplios conocimientos impartidos durante mi formación profesional.

ÍNDICE CONTENIDOS

PORTADA.....	i
POSTPORTADA.....	ii
PÁGINA DE JURADOS.....	iii
DEDICATORIA.....	iv
AGRADECIMIENTO.....	v
ÍNDICE CONTENIDOS.....	vi
ÍNDICE DE TABLAS.....	xiii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xvii
ACRÓNIMOS.....	xx
RESUMEN.....	xxi
ABSTRACT.....	xxii
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO I.....	2
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	2
1.1 Realidad problemática.....	2
1.2 Planteamiento del problema.....	4
1.2.1 Formulación de los problemas.....	4
1.2.2 Problema general.....	4
1.2.3 Problemas específicos.....	5

1.3	Justificación de la investigación.....	5
1.4	Objetivos de la investigación	6
1.4.1	Objetivo general.....	6
1.4.2	Objetivos específicos.	7
1.5	Delimitación de la investigación	7
1.5.1	Espacial.....	7
1.5.2	Temporal.....	7
1.5.3	Social.....	7
1.5.4	Conceptual	7
1.6	Viabilidad de la investigación	7
1.7	Limitaciones de la investigación	8
CAPÍTULO II.....		9
MARCO TEÓRICO.....		9
2.1.	Antecedentes de la investigación.	9
2.1.1.	A nivel internacional.....	9
2.1.2.	A nivel nacional.	12
2.1.3.	A nivel regional y local.....	16
2.2.	Bases teóricas.	18
2.2.1.	Cemento.....	18
2.2.1.1.	Cemento Portland	18

2.2.1.2.	Compuestos químicos de un cemento pórtland	19
2.2.1.3.	Materias primas del cemento portland.....	20
2.2.1.4.	Especificación del rendimiento de un cemento portland.....	21
2.2.1.5.	Clasificación de los cementos portland	21
2.2.1.5.1.	Cementos Portland Típicos: NTP 334.009 / ASTM C 150	21
2.2.1.5.2.	Cementos Portland Adicionados: NTP 334.090 / ASTM C 595	21
2.2.1.5.3.	Cementos Portland según sus desempeños: NTP 334.082 / ASTM C 1157	21
2.2.2.	Agregado para los Concretos	22
2.2.2.1.	Clasificación de un Agregado.....	22
2.2.2.2.	Propiedad Física de los Agregados.....	23
2.2.3.	El Agua para los Concretos.....	29
2.2.4.	Diseño de Mezclas del Concreto.....	29
2.2.4.1.	Criterios fundamentales para un diseño de mezcla.	30
2.2.4.2.	Fundamentos del diseño de mezclas para un concreto	31
2.2.5.	Aditivo para los concretos.	40
2.2.5.1.	Aditivo superplastificante.....	42
2.2.5.2.	Evolución de los aditivos superplastificantes	43
2.2.5.3.	Modo de empleo de un aditivo superplastificante.	44
2.2.5.4.	Efectos del aditivo superplastificante sobre el concreto.....	45
2.2.5.5.	Dosificación de aditivos superplastificantes para concreto.	46

2.2.5.6.	Diseño de Mezclas por el Método ACI - 211	47
2.2.6.	El Concreto	47
2.2.6.1.	El concreto y su clasificación	48
2.2.6.2.	El Concreto y sus propiedades.....	49
2.2.6.3.	Curado del Concreto.....	58
2.3.	Marco conceptual	60
CAPITULO III.....		64
METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN		64
3.1.	Hipótesis.....	64
3.1.1.	Hipótesis general.....	64
3.1.2.	Hipótesis específica	64
3.2.	Método	64
3.3.	Tipo de investigación	65
3.4.	Nivel o alcance de la investigación	65
3.5.	Diseño de investigación	66
3.6.	Operacionalización de variables.....	67
3.7.	Población, muestra y muestreo.....	68
3.7.1.	Población.....	68
3.7.2.	Muestra.	68
3.7.3.	Muestreo.	68

3.8. Técnicas e instrumentos	69
3.9. Consideraciones éticas	70
3.10. Procesamiento de estadísticos	70
3.10.1. Análisis Estadístico	71
3.10.2. Método para la prueba de hipótesis.....	73
CAPÍTULO IV.....	78
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	78
4.1 Resultados	78
4.1.1 Evaluación de mercado acerca de la venta de cemento portland en sus diferentes marcas.....	78
4.1.2 Evaluación y selección del aditivo superplastificante usado en la elaboración del concreto.....	80
4.1.3 Evaluación y selección de los agregados usados en la elaboración de la mezcla de los concretos.....	80
4.1.4 Determinación de las propiedades físicas y mecánicas de los agregados del concreto.....	82
4.1.4.1 Análisis granulométrico y tamizado del agregado fino.....	82
4.1.4.2. Tamizado y análisis granulométrico del agregado grueso.....	84
4.1.4.3. El peso unitario compactado y suelto del agregado fino	86
4.1.4.4. El peso compactado y suelto del agregado grueso.	88
4.1.4.5. La Gravedad específica y absorción del agregado fino.....	90

4.1.4.6.	Peso específico y absorción del agregado grueso.....	91
4.1.4.7.	El porcentaje de humedad en el agregado fino y en el agregado grueso.	92
4.1.4.8.	El Porcentaje agregado fino y grueso pasante por la malla N° 200.	94
4.1.5.	Elaboración y prueba de resistencia del concreto patrón y concreto con aditivo superplastificante elaborado con diferentes marcas de cemento portland.	95
4.1.5.1.	Justificación de la dosificación de aditivo superplastificante usado en los diseños de mezcla para la elaboración del concreto.	95
4.1.5.2.	Diseños de mezcla por el método del comité ACI 211.1	98
4.1.5.3.	Materiales usados en la elaboración del concreto.	102
4.1.5.4.	Elaboración del concreto.	102
4.1.5.5.	Prueba de temperatura en el concreto.....	103
4.1.5.6.	Prueba del peso unitario del concreto.....	104
4.1.5.7.	Prueba volumétrica para determinar el contenido de aire del concreto fresco.....	105
4.1.5.8.	Prueba de asentamiento del concreto en estado fresco.....	106
4.1.5.9.	Elaboración de las muestras de concreto en probetas 4” x 8” de acuerdo norma.....	107
4.1.5.10.	Desmoldado de las muestras de concreto en probetas 4” x 8” de acuerdo norma.....	108
4.1.5.11.	Curado de las muestras de concreto desmoldadas.....	108
4.1.5.12.	Prueba de resistencia del concreto.....	109

4.1.5.13. Resultados en las pruebas de resistencia del concreto sometido a compresión simple, método ACI 211.....	109
4.1.5.14. Promedios de resistencia en el concreto patrón y en los concretos con aditivo superplastificante, elaborados con diferentes tipos de cementos portland por el método ACI – 211.....	116
4.2. Discusión de resultados.....	117
4.2.1. Discusión y análisis comparativo de la resistencia a la compresión del concreto patrón frente al concreto con aditivo superplastificante.	117
4.2.1.1. Prueba de resistencia $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ a los 7 días.....	117
4.2.1.2. Prueba de resistencia $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ a los 14 días.....	119
4.2.1.3. Prueba de resistencia $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ a los 28 días.....	121
4.2.2. Discusión y análisis comparativo de la resistencia a compresión de un concreto elaborado con aditivo superplastificante.....	123
4.3. Prueba de hipótesis.....	126
4.3.1. Validación de hipótesis.....	126
4.3.2. Prueba de la hipótesis: “La marca y tipo de cemento influye significativamente en la resistencia a compresión del concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$, elaborados con aditivo superplastificante y diferentes tipos de cementos portland, en la ciudad de Abancay”.	129
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	139
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	146
ANEXOS	151

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Compuestos químicos de un cemento portland.	19
Tabla 2 Requisitos granulométricos de agregados finos.....	25
Tabla 3 Requisitos granulométricos de agregados gruesos.	26
Tabla 4 Parámetros aceptados de los contenidos y sustancias disueltas.....	29
Tabla 5 Valores que modifican la desviación estándar.....	33
Tabla 6 Requisitos mínimos de resistencia promedio sin suficientes datos conocidos	33
Tabla 7 Valores recomendados según la estructura.	34
Tabla 8 Aire atrapado porcentual para distintos valores de T.M.N.	35
Tabla 9 Contenidos de aire incorporado total.	35
Tabla 10 Cantidades estimadas de agua de mezclado necesarias para diferentes especificaciones.	37
Tabla 11 Valores de cantidad de agua necesaria para la mezcla para diversos valores de asentamiento y tamaños máximos.	37
Tabla 12 Valores de Relación agua / cemento según f'_{cr}	38
Tabla 13 Condiciones especiales de exposición. Relación a / c según la Durabilidad.	38
Tabla 14 Valores para la consistencia en la mezcla de los concretos.	53
Tabla 15 Tabla de valores que relacionan la resistencia en compresión de un concreto a diferentes edades.	55
Tabla 16 Matriz de operacionalización de variables.....	67
Tabla 17 Población y muestra del estudio.	69
Tabla 18 Valores de control para un concreto con resistencia $f'_{c} \leq 34.5$ MPa (aprox. 350 kg/cm ²).	71

Tabla 19	Venta de cemento portland según la marca y tipo en Apurímac.	78
Tabla 20	Análisis granulométrico del agregado fino.	83
Tabla 21	Análisis granulométrico del agregado grueso.	85
Tabla 22	Análisis del peso unitario suelto del agregado fino.	87
Tabla 23	Análisis del peso unitario compactado del agregado fino.	88
Tabla 24	Análisis del peso unitario suelto del agregado grueso.	89
Tabla 25	Análisis del peso unitario compactado del agregado grueso.	89
Tabla 26	Ensayo de gravedad específica y absorción del agregado grueso.	90
Tabla 27	Ensayo del peso específico y absorción del agregado grueso.	92
Tabla 28	Prueba del contenido de humedad en el agregado fino.	93
Tabla 29	Prueba del contenido de humedad en el agregado grueso.	93
Tabla 30	% de agregado fino que pasan la malla N° 200.	94
Tabla 31	% del agregado grueso que pasa la malla N° 200.	95
Tabla 32	Dosificaciones sugeridas por algunos trabajos de investigación.	96
Tabla 33	Datos técnicos del aditivo superplastificante.	97
Tabla 34	Diseño de mezcla para concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ elaborado con cemento portland Yura tipo I, sin aditivo superplastificante.	99
Tabla 35	Diseño de mezcla para un concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ elaborado con cemento portland Yura tipo I y aditivo superplastificante.	99
Tabla 36	Diseño de mezcla para concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ elaborado con cemento portland Sol tipo I sin aditivo superplastificante.	100
Tabla 37	Diseño de mezcla para un concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ elaborado con cemento portland Sol tipo I con aditivo superplastificante.	100

Tabla 38 Diseño de mezcla para un concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ elaborado con cemento portland Apu tipo GU sin aditivo superplastificante.....	101
Tabla 39 Diseño de mezcla para un concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ elaborado con cemento portland Apu tipo GU con aditivo superplastificante.....	101
Tabla 40 Resultados de la medición de temperatura para el concreto patrón y el concreto con aditivo.	104
Tabla 41 Resultados del ensayo de peso unitario para el concreto de control y el concreto con aditivo.	105
Tabla 42 Resultados de la prueba de contenido de aire en el concreto de control y el concreto con aditivo superplastificante.	106
Tabla 43 Prueba de asentamiento para el concreto de control y el concreto con aditivo superplastificante.	107
Tabla 44 Resultados de rotura de briquetas de un concreto patrón $f'c=210\text{kg/cm}^2$ con cemento portland Yura tipo I.....	110
Tabla 45 Resultados de rotura de briquetas para un concreto $f'c=210\text{kg/cm}^2$ con aditivo superplastificante y cemento portland Yura tipo I.....	111
Tabla 46 Resultados de rotura de briquetas de un concreto patrón $f'c=210\text{kg/cm}^2$ con cemento portland Sol tipo I.	112
Tabla 47 Resultados de rotura de briquetas para un concreto $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ con aditivo superplastificante y cemento portland Sol tipo I.....	113
Tabla 48 Resultados de rotura de briquetas de un concreto patrón $f'c=210\text{kg/cm}^2$ con cemento portland Apu tipo GU.	114

Tabla 49 Resultados de rotura de briquetas para un concreto $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ con aditivo superplastificante y cemento portland Apu tipo GU.....	115
Tabla 50 Promedios de resistencia en concretos patrones elaborados con diferentes cementos portland.	116
Tabla 51 Promedios de resistencia en concretos con aditivo superplastificante elaborados con diferentes cementos portland.	116
Tabla 52 Análisis de resistencia de los concretos y su variación porcentual.....	117
Tabla 53 Análisis de resistencia de los concretos y su variación porcentual.....	119
Tabla 54 Análisis de resistencia de los concretos y su variación porcentual.....	121
Tabla 55 Comparación de resultados de los promedios de las resistencias de los concretos elaborados con aditivos superplastificante y diferentes cementos portland.	123
Tabla 56 Parámetros estadísticos, cemento portland Yura tipo I + aditivo superplastificante.	126
Tabla 57 Parámetros estadísticos, cemento portland Sol tipo I + aditivo superplastificante.....	127
Tabla 58 Parámetros estadísticos, cemento portland Apu tipo GU + aditivo superplastificante.	128
Tabla 59 Resumen de los parámetros estadísticos de resistencia a compresión de concretos elaborados con cementos portland tipo I + aditivo superplastificante	130
Tabla 60 Resumen de los parámetros estadísticos de los concretos con cementos portland Apu tipo GU y Yura tipo I + aditivo superplastificante	133
Tabla 61 Resumen de los parámetros estadísticos de los concretos con cemento Apu tipo GU y Sol tipo I + aditivo superplastificante.	136

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Las impurezas orgánicas de acuerdo a sus colores estándar.	28
Figura 2 Guía de colores para su análisis.	28
Figura 3 Distribución normal de frecuencias de resistencia.....	32
Figura 4 Aditivo para los concretos.	41
Figura 5 Cambios en la composición química de un aditivo superplastificante a través del tiempo.	43
Figura 6 Modos de empleo de los aditivos superplastificantes.	44
Figura 7 Efecto dispersante del aditivo superplastificante.	45
Figura 8 El Cono de Abrams, equipo tradicional para este ensayo.	52
Figura 9 Procedimiento del ensayo de consistencia.	52
Figura 10 Diferentes tipos de fracturas.	58
Figura 11 Esquema del diseño experimental con posprueba únicamente y grupo de control. ...	66
Figura 12 Tabla de valores para la distribución “t” Student.....	76
Figura 13 Diagrama bilateral de distribución “t” Student.	77
Figura 14 Sondeo de venta de cemento en ferreterías y concreteras de Abancay.....	79
Figura 15 Sondeo de uso y venta de aditivo superplastificante.	80
Figura 16 Ubicación de la cantera MURILLO en la zona de Pachachaca.	81
Figura 17 Obtención de agregados finos y agregados gruesos.	82
Figura 18 Análisis de granulometría en el agregado fino.....	82
Figura 19 Curva granulométrica del agregado fino.	84
Figura 20 Análisis granulométrico y tamizado del agregado grueso.....	85
Figura 21 Curva granulométrica del agregado grueso.	86

Figura 22 Prueba del peso unitario del agregado fino.	87
Figura 23 Prueba del peso unitario en el agregado grueso.	88
Figura 24 Prueba del peso específico y absorción del agregado fino.	90
Figura 25 Prueba del peso específico y absorción del agregado grueso.	91
Figura 26 Prueba del porcentaje de humedad.	92
Figura 27 Prueba del porcentaje de humedad.	94
Figura 28 Materiales usados en el estudio.	102
Figura 29 Elaboración del concreto.	103
Figura 30 Prueba de temperatura.	103
Figura 31 Prueba del peso unitario del concreto.	104
Figura 32 Prueba del contenido de aire en el concreto.	105
Figura 33 Prueba de asentamiento (SLUM).	106
Figura 34 Elaboración de muestras de concreto.	107
Figura 35 Desmoldado de muestras.	108
Figura 36 Curado de probetas de concreto.	108
Figura 37 Prueba de resistencia a compresión, 7 días.	109
Figura 38 Resistencias de un concreto patrón y concreto con aditivo superplastificante a los 7 días.	118
Figura 39 Resistencias de un concreto patrón y concreto con aditivo superplastificante a los 14 días.	120
Figura 40 Resistencias de un concreto patrón y concreto con aditivo superplastificante a los 28 días.	122

Figura 41 Comparación de resistencias de un concreto con aditivo superplastificante a los 7, 14 y 28 días.	124
Figura 42 Variación de resistencia del concreto en el tiempo.	125
Figura 43 Diagrama bilateral para la contrastación de hipótesis del concreto elaborado con cemento portland Yura tipo I y cemento portland sol tipo I más aditivo superplastificante	132
Figura 44 Diagrama bilateral para la contrastación de hipótesis concreto con cemento portland Apu tipo GU y cemento portland Yura tipo I más aditivo superplastificante.	135
Figura 45 Diagrama bilateral para la contrastación de hipótesis concreto con cemento portland Apu tipo GU y cemento portland sol tipo I más aditivo superplastificante.....	138

ACRÓNIMOS

CAPECO	: Cámara Peruana de la Construcción
INEI	: Instituto Nacional de Estadística e Informática.
ACI	: American Concrete Institute
NTP	: Norma Técnica Peruana
ASTM	: American Society for Testing and Materials
ASCE	: American Society of Civil Engineers
PCA	: Portland Cement Association
TMN	: Tamaño Máximo Nominal
ACHE	: Asociación científica técnica del hormigón estructural.

RESUMEN

El objetivo de esta investigación fue comparar las resistencias a la compresión de varios especímenes de concreto con una $f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$ elaborados con diferentes tipos de cemento portland y aditivo superplastificante, analizar la influencia de la marca y tipo de cemento portland en su resistencia, y finalmente determinar una dosificación adecuada para ser usada en la construcción de edificios en la ciudad de Abancay.

Se han utilizado los materiales más comercializados y fácilmente accesibles. Se trata de un estudio de campo que utiliza una metodología combinada, cuantitativa, comparativa y correlacional. Para llevar a cabo la investigación, se elaboró un concreto estándar (patrón) con una resistencia a la compresión de $f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$ usando cementos portland Sol, Yura de tipo I y Apu de tipo GU. Además, se añadió aditivo superplastificante en una cantidad de 400 ml por bolsa de cemento equivalente al 1% del peso del cemento portland para cada marca y tipo mencionado.

De los resultados se supo que, el uso de aditivo superplastificante dosificada adecuadamente mejora las propiedades de trabajabilidad y resistencia del concreto, además, se comparó de manera referencial el costo por metro cúbico del concreto patrón y con aditivo superplastificante, este último resulto más económico, también se determinó que, el de mejor resistencia a la compresión es el concreto elaborado con el cemento portland Sol tipo I, seguido por Yura tipo I y finalmente el de menor resistencia fue el concreto elaborado con el cemento portland Apu tipo GU, en los tres casos se mejoró la resistencia del diseño para el cual se muestran las dosificaciones adecuadas.

Palabras clave: Tipo de cemento portland, la resistencia a compresión, aditivo superplastificante.

ABSTRACT

The objective of this research was to compare the compressive strength of various concrete specimens with a $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ made with different types of portland cement and superplasticizer additive, to analyze the influence of the brand and type of portland cement on its resistance, and finally determine an adequate dosage to be used in the construction of buildings in the city of Abancay.

The most commercialized and easily accessible materials have been used. It is a field study that uses a combined, quantitative, comparative and correlational methodology. To carry out the investigation, a standard concrete (pattern) with a compressive strength of $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ was prepared using Portland Sol, Yura type I and Apu GU type cements. In addition, a superplasticizer additive was added in an amount of 400 ml per bag of cement, equivalent to 1% of the weight of portland cement for each brand and type mentioned.

From the results it was learned that the use of properly dosed superplasticizer additive improves the workability and resistance properties of the concrete, in addition, the cost per cubic meter of standard concrete and with superplasticizer additive was compared for reference, the latter being more economical. It was also determined that the one with the best resistance to compression is the concrete made with the portland cement Sol type I, followed by Yura type I and finally the one with the least resistance was the concrete made with the portland cement Apu type GU, in the three cases the resistance of the design was improved for which the adequate dosages are shown.

Keywords: Portland cement type, compressive strength, superplasticizer additive.

INTRODUCCIÓN

El presente trabajo de investigación titulado análisis comparativo de la resistencia del concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ elaborados con aditivo superplastificante y diferentes cementos portland en Abancay - Apurímac, 2022. Surge con la necesidad de tener claro las diferencias de resistencias de concretos elaborados con aditivo superplastificante, puesto que se carece de dicha información en el sector construcción de la ciudad de Abancay.

Por tal motivo se ha propuesto determinar las diferencias que se tiene en la resistencia a compresión, la influencia de la marca y tipo de cemento para finalmente proponer una dosificación adecuada de un concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ elaborados con aditivo superplastificante y diferentes cementos portland, en la ciudad de Abancay.

Para todo ello se utilizó los materiales que están al alcance del público en general y que tienen una recomendación de uso mediante sus fichas técnicas y estudios técnicos, para luego realizar ensayos de: granulometría, material fino pasante por la malla N° 200, pesos unitarios de los materiales sueltos, humedad contenida, peso específico y absorción de los agregados finos y gruesos, obteniendo resultados para la realización de los diseños de la mezcla en un concreto estándar (patrón) sin adición de aditivo superplastificante y de la misma manera para un concreto con la adición de aditivo superplastificante en una dosis de 1.0% en relación al peso del material cementante.

La metodología usada por el comité del ACI 211.1 nos permitió elaborar los diseños de las mezclas, las cuales tuvieron el fin de evaluar las diferentes propiedades en estado fresco y endurecido de los concretos elaborados para proponer una dosificación adecuada que permita ser usado en el sector construcción de la población de Abancay.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 Realidad problemática

Durante el siglo actual la población mundial está en constante crecimiento, junto a ella las necesidades básicas de una persona, una de las cuales es el techo propio y es por este motivo que el mercado de la construcción también ha crecido al tener una diversidad de construcciones nuevas que se ven en todo el mundo en donde el concreto forma parte de esta realidad, el cual es un material de construcción (cemento, agregados, agua y en muchos casos aditivos) que se usa en el mundo debido a sus propiedades versátiles, su trabajabilidad, la función que cumple en la construcción y en la economía mundial, al tenerse muchas técnicas nuevas de construcción, el aditivo forma parte de estos avances en técnicas constructivas que a nivel mundial son usados por empresas constructoras y también en pequeñas obras de construcción, en estas últimas no se tienen información adecuada de la calidad en la resistencia a compresión en los concretos con aditivo superplastificante usados en un proyecto.

Al igual que en el mundo, según la CAPECO (cámara peruana de la construcción) en el Perú también se da el crecimiento poblacional y junto con ello la construcción es una actividad económica que sobresale en nuestro país, por otra parte, el concreto como elemento indispensable en la mayoría de las construcciones nuevas, es usado en diferentes obras a nivel nacional, en cuanto a las marcas y tipos de cemento son variados en el mercado peruano según el INEI. Junto a todo este crecimiento también se da el uso de las nuevas técnicas constructivas con el uso de diferentes productos de aplicación como son los aditivos y dentro de estos el aditivo superplastificante los cuales son usados cada vez

con mayor frecuencia con la finalidad de tener mejoras en las propiedades del concreto y una de las más importantes es su resistencia a compresión, a pesar de su uso cada vez más frecuente aún se tiene problemas en el uso de los aditivos en el concreto al ser usados en obras sin supervisión técnica en su elaboración, colocación, calidad y resistencia.

A nivel nacional, es escaso el conocimiento acerca de los aditivos, considerándolos no necesarios en el concreto y muchas veces ajenos en el proceso constructivo del mismo. Alguna otra creencia generalizada sostiene que el uso de aditivos incrementará el costo final del concreto, no existiendo justificación alguna para su uso. Esta creencia no tiene en cuenta, por supuesto, la economía de la mano de obra, la reducción en las horas de operación, una mayor vida útil de las estructuras y mejoras en las propiedades del concreto; evidentemente, el incremento de costo se verá bien justificada por los beneficios obtenidos (Tesillo, 2015).

El desconocimiento de las propiedades en el concreto al tener la incorporación de aditivos superplastificantes en su resistencia a compresión se debe a que no se tiene un control en las diferentes obras por autoconstrucción que se da en nuestro país.

En la ciudad de Abancay, según el INEI el crecimiento poblacional es notable según los censos nacionales 2007 (96 064 habitantes) y en el último censo 2017 (110 520 habitantes), donde las edificaciones en concreto armado predominan y se pueden apreciar notoriamente, sin embargo, las viviendas autoconstruidas carecen de supervisión tanto en el uso correcto de materiales, como del proceso constructivo en sí, esto implica inherentemente la producción de concreto insitu.

Por otro lado, el mercado de cementos para la construcción, es abastecida por diferentes empresas, dentro de las cuales las marcas más comercializadas para Apurímac según el

INEI la podemos ver en la tabla N°19 y a su vez según las investigaciones realizadas a los diferentes entes comercializadores en la localidad de Abancay son las marcas de cementos: YURA, SOL y APU con características de acuerdo a la NTP 334. 009, dadas en sus fichas técnicas. Sin embargo, no se tiene información técnica acerca de la resistencia en compresión de dicho concreto de acuerdo a la NTP 339. 034, elaborados con estas marcas de cemento portland YURA, SOL (tipo I) y APU (tipo GU) usando un aditivo superplastificante de acuerdo a la NTP 334.088, los cuales se ha evidenciado ser usado en la elaboración de concreto para la autoconstrucción. Por lo tanto, es evidente la necesidad de conocer este aspecto, para la toma de decisiones y/o adecuada supervisión, monitoreo y control en la elaboración del concreto en la localidad de Abancay.

1.2 Planteamiento del problema.

1.2.1 Formulación de los problemas.

Debido a esta realidad problemática, con la cual se puede apreciar la necesidad de realizar un estudio para ver cómo afecta un aditivo superplastificante en la elaboración de un concreto, es que proponemos los siguientes problemas de investigación.

1.2.2 Problema general.

¿Cuáles son las diferencias en la resistencia a compresión del concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ elaborados con aditivo superplastificante y diferentes tipos de cementos portland, en la ciudad de Abancay?

1.2.3 Problemas específicos.

a) ¿De qué manera influye la marca y tipo de cemento portland en la resistencia a compresión del concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ en la elaboración del concreto mezclado con un aditivo superplastificante?

b) ¿De qué manera influye la dosificación de un aditivo superplastificante en la mezcla del concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ elaborados con diferentes cementos portland, en la ciudad de Abancay?

1.3 Justificación de la investigación

El presente trabajo se justifica en la importancia que tiene el sector construcción en la economía a nivel mundial, nacional y local en el estudio de desarrollo de nuevas técnicas de construcción para hacerlas más económicas, trabajables, duraderas y rápidas.

El uso de aditivos en la elaboración de concretos para las edificaciones y otras construcciones, cada vez son más frecuente por los beneficios que da este producto.

El aditivo superplastificante permite que el concreto sea más trabajable al momento de ser vaciado en el encofrado de una determinada estructura, pero, no sabemos cómo es el comportamiento de su resistencia a la compresión a diferentes edades de acuerdo a la NTP 339.034, al usar un aditivo superplastificante.

Si bien es cierto, las entidades públicas y privadas realizan las pruebas de resistencia a compresión del concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ a los 7,14 y 28 días de concretos premezclados elaborados con aditivos ya que, cuentan con presupuesto establecido en el expediente técnico para ello, pero se desconoce la marca de cemento portland usado, y de cómo podría variar sus resistencias en compresión del concreto usando un aditivo superplastificante en estas diferentes marcas.

En el caso de las edificaciones autoconstruidas, se pudo observar que, en algunos casos, también preparan concreto con aditivo superplastificante, pero sin tomar en consideración una marca de cemento, tipo de cemento, su resistencia a compresión, dosificación, la trabajabilidad y no tienen la información técnica necesaria para poder continuar con la planificación del proyecto, entonces, solo les queda hacerlo de manera empírica.

Es por eso que con esta investigación quisimos analizar como varía la resistencia en compresión de un concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ a los 7,14 y 28 días elaborados con un aditivo superplastificante de acuerdo a la NTP 334.088 y cementos portland mayormente usados en Abancay, para poder tener una información clara acerca de la resistencia en compresión de un concreto a distintas edades y recomendar su funcionalidad y trabajabilidad de acuerdo a la NTP 339.035.

Finalmente, se sabe que, la medición de la resistencia del concreto, usando diferentes marcas de cemento, son conocidas según indican las fichas técnicas de estos cementos, sin embargo, sabemos que, la mezcla de concreto varía de acuerdo a la realidad de la zona dónde se elabore la mezcla, además de esto, dosificar con un aditivo superplastificante, se vuelve una gran interrogante frente al actual uso que la autoconstrucción realiza.

1.4 Objetivos de la investigación

1.4.1 Objetivo general.

Determinar las diferencias en la resistencia a compresión del concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ elaborados con aditivo superplastificante y diferentes cementos portland, en la ciudad de Abancay.

1.4.2 *Objetivos específicos.*

a) Analizar la influencia de la marca y tipo de cemento en la resistencia a compresión del concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ elaborados con aditivo superplastificante y diferentes tipos de cementos portland, en la ciudad de Abancay.

b) Determinar la dosificación de un aditivo superplastificante en la mezcla del concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ elaborados con diferentes tipos de cementos portland, en la ciudad de Abancay.

1.5 Delimitación de la investigación

1.5.1 *Espacial*

El presente trabajo se realizó en el ámbito poblacional de Abancay, departamento de Apurímac.

1.5.2 *Temporal*

El estudio y análisis de investigación corresponde al año 2022.

1.5.3 *Social*

En este caso no aplica, ya que el estudio se realizó a muestras o probetas de los concretos.

1.5.4 *Conceptual*

La presente investigación hará uso de los conocimientos que se adquieren en las especialidades de la tecnología del concreto y construcción de edificaciones.

1.6 Viabilidad de la investigación

Desde el punto de vista económico, se contó con los recursos financieros para cubrir gastos como, fotocopias, impresiones, adquisición de materiales para preparar las mezclas de concreto, así como el apoyo del laboratorio de concreto y mecánica de suelos privado y

también de la Universidad Tecnológica de los Andes para poder realizar los ensayos requeridos en la presente investigación.

Desde el punto de vista social, se contó con el principal recurso humano, en este caso el tesista, además del personal de laboratorio para colaborar con la elaboración de la mezcla y toma de datos, de igual forma con el apoyo de asesor de tesis y los proveedores de insumos para poder realizar la presente investigación.

Visto de un punto técnico y tecnológico, principalmente contó con los conocimientos del tesista, aplicando muchas de las herramientas y materias aprendidas a lo largo de la carrera universitaria, además, del uso de plataformas de cálculo como lo que es microsoft excel (hojas de cálculo), microsoft word para redactar la investigación, textos de investigación científica, N.T.P y N.T E.060 e internaciones la ASTM, ACI y ASCE. Entre otras herramientas bibliográficas que brindaron conocimiento extra o de consulta a fin de mejorar el nivel de investigación este proyecto de tesis.

1.7 Limitaciones de la investigación

En las limitaciones que se tuvo, una de ellas fue el presupuesto ya que, los materiales, pruebas de ensayos y transporte tendieron a subir de precio, los laboratorios certificados como apoyo en nuestra ciudad también son escasos, el almacenaje, la temperatura, el espacio para la realización de pruebas y finalmente la duración de la pandemia de COVID – 19 generó un problema al tener que respetar las medidas de seguridad de salud el cual no permitían el trabajo adecuado, todos estos aspectos significaron limitaciones en este estudio de investigación, pero la importancia de la investigación ameritaron tomar las medidas preventivas que se tomaron desde el primer momento.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de la investigación.

2.1.1. A nivel internacional.

Cortes y Perilla (2014), en su trabajo de investigación titulado, Estudio comparativo de las características físico-mecánicas de cuatro cementos comerciales portland tipo I (tesis de pregrado), realizado en Bogotá – Colombia. Planteo como objetivo caracterizar cuatro marcas de cementos tipo I por medio de los ensayos físicos y mecánicos. Con el fin de saber la confiabilidad de los datos de laboratorio y tener una mirada más clara en el comportamiento de cementos comercializados actualmente y disponer una paridad entre marcas múltiples de cemento, al igual que entre estos y la normativa vigente (NTC-121).

Con los resultados obtenidos concluye que el parámetro de masa unitaria depende de varios factores como la forma y finura de la partícula, pero hay una estrecha relación de la densidad del cemento con su finura, la dosis de agua puede influir en el tiempo de fraguado, los valores de expansión son bajos por tener bajo porcentaje de cal libre, el cual se podría deber a un proceso industrial ajustado, los cementos estudiados cumplen con los parámetros físicos a excepción del cemento Boyacá por demandar agua en cantidad mayor para sus respectivos ensayos y esto se debe a que las cenizas volantes, que contienen mucho carbón sin quemar, necesitan más agua que las cenizas de grado superior.

Al ver una alta resistencia a compresión del cemento Cemex en 3 días coincide con su alta finura, se tuvo la relación de finura y desarrollo de la resistencia a edades tempranas. Sin embargo, el cemento Argos dio datos resistenciales superiores al cemento Cemex al día 28,

lo que da a conocer que el material fino influye a edades tempranas y no necesariamente a edades superiores.

Pese a que los valores de finura de todos los cementos cumplieron con los límites de la NTC 121, el valor promedio de la finura del cemento Cemex sobresale en comparación con los demás.

Leal y Echeverry (2020), en su trabajo de investigación titulado, *Fluidez y resistencia a compresión de seis marcas de cemento de uso general (tesis de pregrado)*, Realizado en Cundinamarca – Colombia. Tuvo como principal propósito analizar las características de un concreto y elegir una marca de cemento adecuada de acuerdo a las normas técnicas colombianas vigentes y no dejarse llevar solo por el precio por el color del cemento.

Con el fin de establecer una relación entre ellos y compararlos en cuanto a su resistencia y efectividad en la elaboración de concretos en pavimentos, el gran objetivo en este estudio fue cuantificar la relación agua-cemento, la fluidez y la resistencia a compresión de pastas elaboradas con cementos usados de seis diferentes marcas comercializadas en la región del Alto Magdalena.

Esta investigación tuvo una metodología mixta, ya que a falta de muchos equipos que miden las propiedades físicas del cemento, la investigación experimental se complementará con el estado del arte, es decir, con información de publicada por otros investigadores.

El autor llega a la conclusión de que las características de relación agua-cemento, fluidez, absorción y resistencia, deben tenerse en cuenta al seleccionar la marca de cemento en la construcción de hormigón para pavimentos. Basándose en estas ideas, se determinó que la Marca 06, Marca 02 y la Marca 01. Son las marcas que mejor cumplen estos criterios.

El mejor rendimiento en términos de consumo de cemento lo obtuvo la Marca 02, que requirió 8,3 envases de cemento para alcanzar una resistencia de 28,5 MPa y una retención de humedad en el fraguado inicial del 17% en su mezcla con una pasta de 150% de fluidez y 180 lts de agua 1m^3 .

Utilizando un diseño de mezcla con 180 lts de agua 1m^3 de hormigón, la Marca 06 demostró la mayor resistencia, midiendo 32,1 MPa con 8,6 paquetes de cemento y un 10% de retención de líquido durante el proceso de fraguado inicial.

Con una resistencia de 27,9 MPa, 8,7 envases por 1m^3 y una retención de líquidos del 11%, la Marca 01 quedó en tercer lugar.

Quintero y Herrera (2021) en su trabajo monográfico titulado, Aditivos reductores de agua de alto rango o superplastificantes y su efecto en las propiedades del concreto (monografía de pregrado), realizado en Ocaña – Colombia, plantea como objetivo ver las características mecánicas y físicas del hormigón con adición del aditivo superplastificante, el autor aplicó una metodología de investigación denominada como vigilancia tecnológica, con la cual se realizó la recopilación y análisis de la información disponible sobre el tema de estudio. Las referencias fueron seleccionadas de trabajos de grado, artículos y publicaciones realizadas por universidades e instituciones reconocidas internacionalmente.

Finalmente, concluye, de forma general, que la incorporación de aditivos superplastificantes en el concreto si produce afectaciones directas, y que éstas resultan ventajosas siempre y cuando se apliquen cantidades de aditivo comprendidas entre los 600 y los 1200 mls por cada 100 kilogramos de material cementante. Cantidades a superior a 1200 ml de aditivo tiende a producir afectaciones negativas en el concreto, por lo cual se

recomienda realizar las pruebas necesarias para establecer una cantidad óptima de aditivo a emplear.

2.1.2. A nivel nacional.

Sanchez (2020), en su trabajo de investigación titulado, Resistencia a la compresión del concreto $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ utilizando los aditivos Sika superplastificante Viscoflow 50 y Chema Plast con canteras de cerro y río - Cajamarca 2020 (Tesis de pregrado), realizado en Cajamarca – Perú.

El objetivo fue distinguir un concreto con una $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ usando el aditivo superplastificante Sika Viscoflow 50 y el aditivo Chema Plast plastificante, utilizando agregados de canteras de río y de cerro, cantera "Acosta" para el agregado de río y cantera "El Gavilán" para el agregado de cerro. Para medir el $f'c$ se emplearon ensayos de compresión axial con probetas de concreto desarrolladas en 7, 14 y 28 días de curado.

Se empleó el método ACI para realizar el diseño de la mezcla y, a partir de él, se crearon dos diseños de mezcla de hormigón, uno de los cuales incluía un 1% de aditivo plastificante Chema Plast y el otro, un 1% de aditivo superplastificante Sika Viscoflow 50, junto con cantera de colina y de río.

El estudio es experimental basado en la aplicación. Tras las pruebas necesarias, se comprobó que el hormigón fabricado con cantera de río y el aditivo Sika Viscoflow 50 superplastificante adquirió resistencias medias en 7, 14 y 28 días de curado: $294,05 \text{ kg/cm}^2$, $324,18 \text{ kg/cm}^2$ y $391,27 \text{ kg/cm}^2$, respectivamente, superando al hormigón estándar y al hormigón fabricado con aditivo Chema Plast plastificante y el aditivo Sika Viscoflow 50 superplastificante en cantera de cerro, dando cumplimiento a la hipótesis planteada en esta investigación.

Tapia (2020) en su trabajo de investigación titulado, Desempeño de las propiedades físicas y mecánicas de un concreto $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ por efecto de los cementos pacasmayo, quisqueya y qhuna en la región Lambayeque (tesis de pregrado), realizado en Lambayeque – Perú. El objetivo general planteado es comparar el comportamiento físico y mecánico de cementos Qhuna, Quisqueya y Pacasmayo en un concreto de 210 kg/cm^2 en la región Lambayeque.

La investigación es de tipo básica, tiene un diseño experimental, se basa en un enfoque cuantitativo y un nivel descriptivo. Finalmente como resultados menciona que el cemento Pacasmayo se desempeña mejor en propiedades físicas de trabajabilidad y contenido de aire, mientras el Quisqueya es mejor en propiedades físicas de temperatura, rendimiento y en las propiedades mecánicas de resistencia a la flexión y compresión, siendo esta última una de sus propiedades más notables, de la cual se obtuvo, a los 28 días, en las relaciones $a/c = 0.45$ y 0.65 la resistencia de 272.51 kg/cm^2 y 214.95 kg/cm^2 , respectivamente, mientras el cemento Qhuna ofrece características intermedias entre ambos.

Gutiérrez (2018), en su trabajo de investigación titulado, Evaluación de las ventajas técnicas y económicas del empleo de aditivos superplastificantes en los concretos de resistencias convencionales (Tesis de pregrado), realizado en Lima – Perú. Planteo como objetivo evaluación y cuantificación de las ventajas económicas y técnicas obtenidas al hacer empleo aditivos superplastificantes en concretos con resistencias convencionales.

El método manejado fue experimental, en el cual se establecieron procedimientos, materiales, muestras con medidas de control en los hormigones sin y con aditivo superplastificante con el fin de una realización de análisis comparativo.

Los resultados también muestran que la aplicación del aditivo superplastificante reduce el precio por 1m^3 de hormigón, lo que ofrece importantes perspectivas de optimización en el desarrollo y la producción de este material.

Huarcaya (2019), en su trabajo de investigación titulado, Análisis de las propiedades físico mecánicas de cementos pórtland tipo I en Lima metropolitana (Tesis de pregrado), realizado en Lima – Perú. Planteo como objetivo general Analizar que los tipos de cementos pórtland Tipo I influyen en las propiedades físico-mecánicas del cemento, teniendo como metodología de investigación de tipo descriptivo y enfoque cuantitativo, es de un nivel de investigación descriptivo; además, tiene un concepto de investigación experimental, longitudinal y prospectiva. Por lo que en esta tesis se pretende dar a conocer las propiedades físicas mecánicas del cemento, el material cementante más usado en edificaciones es el cemento portland tipo I, estos fueron evaluados mediante muestras de morteros y sometidos a diferentes ensayos para de esta manera conocer sus propiedades físicas mecánicas.

En esta investigación se eligió cuatro marcas diferentes de cemento Tipo I utilizados con más frecuencia en las construcciones de Lima Metropolitana, estos fueron: cemento Sol, cemento Quisqueya, cemento Pacasmayo y cemento Andino. Se realizó el ensayo de Determinación de Tiempo de Fraguado; se ensayaron 10 muestras a compresión para 3, 7, 14 y 28 días, por cada tipo de cemento, es decir, se obtuvieron 160 muestras en total para la prueba de esfuerzo comprimido y una última prueba para hallar el porcentaje de finura. Se concluye que al variar los diferentes cementos Pórtland Tipo I se reducen sus tiempos de fraguado, por ende reduce su trabajabilidad, además el incremento del porcentaje de finura en cada cemento Tipo I conlleva a que aumente la resistencia a la compresión.

Finalmente, como conclusión final se obtuvo que el cemento mejor recomendado por sus propiedades física mecánicas es el Cemento Sol y el menor recomendado es el Andino.

Bernal (2017), en su trabajo de investigación titulado, Optimización de la resistencia a compresión del concreto, elaborado con cementos tipo I y aditivos superplastificantes (Tesis de maestría), realizado en Cajamarca – Perú. El objetivo era maximizar la $f'c$ del hormigón fabricado con cementos de tipo I y aditivo superplastificante. En cada grupo de control, se utilizaron ocho especímenes de cemento Sol, Pacasmayo y Andino sin aditivo. Para cada grupo experimental, ocho especímenes de cada marca fueron combinados con aditivos superplastificantes Sika Plast 1000, Super Plast, Euco37, Chema. Estas probetas se ensayaron a compresión a las edades de siete, catorce y veintiocho días.

El proceso metódico consistió en encontrar las cualidades mecánicas y físicas de los áridos utilizados (procedentes del río Chonta), así como los pesos específicos de los cementos tipo I y aditivos.

Los resultados mostraron que utilizando superplastificantes en una dosis de 1.00% del peso de cemento en la producción de concretos, los grupos control y experimental alcanzaron valores de la $f'c$ superiores a la $f'c$ especificada. La mayor $f'c$ se obtuvo combinando el aditivo superplastificante Sika Plast 1000 con la marca Pacasmayo tipo I, superior en 11%.

El coste de la combinación para los grupos experimentales fue inferior al grupo de control en un 14,03%, y los aditivos empleados mejoraron la trabajabilidad de las mezclas de hormigón.

Ramos (2018), en su trabajo de investigación, Adición del Aditivo Sikament-290N en la elaboración de concreto de alta resistencia (Tesis de pregrado), realizado en Lima – Perú.

El objetivo principal fue determinar las ventajas del uso del aditivo Sikament-290N en la preparación de concretos de alta $f'c$ con cemento Andino tipo I. Con una población a estudiar consistente en dos (02) hormigones estándar de $f'c= 420 \text{ kg/cm}^2$ y $f'c= 490 \text{ kg/cm}^2$ en edades de (7, 14, 21 y 28 días) y dos (02) hormigones de las mismas $f'c$ con aditivo en tres (03) dosificaciones de 1.4%, 0.7% 0.5%, en edades iguales. Hubo nueve especímenes para cada diseño, totalizando noventa y seis especímenes de alta resistencia de 15cmx15cm.

La investigación utiliza un diseño experimental, ya que la variable independiente puede modificarse. También utiliza fichas técnicas para la recogida de datos y la observación del proceso de creación de objetos reales tanto para el patrón como para el estudio.

Los resultados fueron buenos y se comprobó que una adición del aditivo en las cantidades especificadas aumentará significativamente la trabajabilidad y la resistencia a la compresión hasta en un 18% cuando fueron comparadas con el normal.

2.1.3. A nivel regional y local.

Palomino (2017), en su trabajo titulado, Estudio Comparativo en la Autoconstrucción de Edificaciones Utilizando Concreto Autocompactante con la Incorporación de Aditivo Superplastificante Frente al Concreto Convencional Realizados en la Ciudad de Abancay (tesis de pregrado), realizado en Abancay – Apurímac. Planteo como objetivo Diseñar y producir un concreto autocompactante para mejorar sustancialmente la trabajabilidad en el vaciado del concreto realizado en la ciudad de Abancay.

La investigación tiene un diseño pre – experimental; debido a que en nuestra investigación realizamos la modificación de una variable que es la incorporación de aditivo en el concreto.

La población que se consideró fueron las viviendas que son construidas de manera informal (autoconstrucciones de la ciudad de Abancay. La muestra que se escogió fue 3 viviendas que son construidas por maestros de obra que tienen mal – regular – bueno conocimiento de procesos y calidad que deben tener en la construcción de viviendas.

Para fines de costos y beneficio realizamos la comparación entre el hormigón convencional tipo B y el hormigón autocompactante tipo 2 con 1.125% de aditivo, donde el concreto autocompactante resulta mayor en costos, siendo la diferencia.

Ñahuirima (2022), en su trabajo titulado, Diseño e incidencia del aditivo superplastificante en las propiedades de trabajabilidad y resistencia a la compresión del concreto estructural $f'c = 175 \text{ kgf/cm}^2$, 210 kgf/cm^2 y 280 kgf/cm^2 en edificaciones de la ciudad de Abancay (tesis de pregrado), realizado en Abancay – Apurímac, el objetivo de este estudio fue elegir diseños de mezcla más efectivos y asequibles teniendo en cuenta los efectos del uso de cemento portland de alta durabilidad tipo IP y aditivo superplastificante sobre la trabajabilidad y resistencia $f'c=175 \text{ kgf/cm}^2$, 210 kgf/cm^2 , y 280 kgf/cm^2 . Todo ello con la ayuda de agregados de la ciudad.

Para determinar y definir las cualidades físicas de los áridos que se utilizaron en la producción del hormigón, se realizaron ensayos en laboratorio. Posteriormente, se elaboraron diseños de las mezclas de acuerdo al comité ACI 211. 1 Para el concreto de control (concreto patrón), con resistencias especificadas $f'c=175 \text{ kgf/cm}^2$, 210 kgf/cm^2 , y 280 kgf/cm^2 sin porcentajes de adición de aditivos, y para el hormigón de prueba, 1,0%, 1,5%. Con el aditivo Ulmén W-84 y Sikament-290N ambos súperplastificantes de acuerdo al peso del material cementante, elaborándose 21 diseños de mezcla en total.

A los 3, 7, 14 y 28 días, se evaluó la $f'c$ del concreto para valorar y establecer la incidencia de los aditivos empleados. Las pruebas sobre el estado fresco del hormigón incluyeron en la temperatura, el asentamiento, el tiempo de fraguado y el peso unitario.

Se descubrió que incluyendo en el diseño de la mezcla 2% de Sikament-290N y 1.5% Ulmén W-84, se obtenían excelentes resultados. Con estos resultados en mano, se aplicaron a la ejecución de edificaciones en la ciudad de Abancay, específicamente en columnas. Asimismo, se hicieron ensayos de asentamiento del concreto fresco y se midió la resistencia a compresión del concreto a 7, 14 y 28 días.

El uso del aditivo superplastificante permitió disminuir la cantidad de agua sin afectar a la capacidad de trabajo de la mezcla. También mejoró significativamente su asentamiento, lo que permitió producir pronto un hormigón con mayores resistencias a la compresión. En comparación con el precio del concreto tradicional por metro cúbico, se supo que es más económico.

2.2. Bases teóricas.

2.2.1. *Cemento.*

El componente más activo del concreto es el cemento, que también suele tener el mayor coste unitario. Por ello, y teniendo en cuenta que la cantidad y la calidad de los componentes que forman el concreto determinan sus propiedades, elegir y utilizar correctamente el cemento es esencial para obtener con eficacia y de manera más barata las propiedades adecuadas de una mezcla (Rivva, 2000, p.28).

2.2.1.1. *Cemento Portland*

El cemento Portland, es un producto muy comercial con capacidad de reacción lenta con el agua, para formar una masa al combinarse con piedra, arena u otros materiales de

similitud y finalmente endurecerse. Se trata en esencia de un clinker finamente molido fabricado mediante combinaciones al fuego de cal, alúmina, hierro y sílice en una proporción precisa a altas temperaturas (Abanto, 2009, p. 15).

2.2.1.2. Compuestos químicos de un cemento pórtland

Los óxidos y elementos ácidos, materias primas, interactúan durante la calcinación para crear cuatro compuestos cruciales que se utilizan al producir el clínter de cemento Portland:

“También están presentes otros compuestos secundarios, pero en menor cantidad. Los compuestos principales constituyen alrededor del 90-95% del cemento”(Torre, 2004, p. 10).

Tabla 1

Compuestos químicos de un cemento portland.

Designación	Fórmula	Abreviatura	Porcentaje
Silicato tricálcico	3 Ca.O.SiO ₂	C ₃ S	30% - 50%
Silicato dicálcico	2 Ca.O.SiO ₂	C ₂ S	15% - 30%
Aluminato tricálcico	3 Ca.O.Al ₂ O ₃	C ₃ A	4% - 12%
Ferro aluminato tetracálcico	4Ca.O.Al ₂ O ₃ .Fe ₂ O ₃	C ₄ AF	8% - 13%
Cal libre	Ca O		
Magnesia libre (Periclasa)	Mg O		

Nota: Extraído de (Torre, 2004, p. 10), donde se muestra la parte química de un cemento portland.

Silicato tricálcico (C₃S). Es lo que confiere al cemento Portland hidratado su gran resistencia inicial. Cuando el C₃S reacciona con el agua se libera mucho calor (calor

hidratante). La rapidez en la dureza de la pasta de cemento está directamente relacionada de forma directamente proporcional al calor hidratante.

Silicato dicálcico (C₂S). A este se debe principalmente la posterior resistencia en la pasta de cementos.

Aluminato tricálcico (C₃A). El C₃A se mezcla con yeso inyectado en el cemento Portland al triturarse o molerse en el proceso de fabricación para regular el tiempo de fraguado.

Aluminoferrita tricálcica (C₄AF). Comparable a la C₃A, ya que tiende a hidratarse rápidamente y solo desarrollan una resistencia mínima (Abanto, 2009, p. 16).

2.2.1.3. Materias primas del cemento portland

A continuación, se enumeran las principales materias primas necesarias para fabricar cemento portland:

a. Materiales calcáreos: La cantidad de carbonato cálcico (Co₃Ca) en los materiales calcáreos debe situarse entre de 60% - 80%, sin superar la magnesia en 1,5%, teniendo margas, cretas y caliza, que generalmente son los materiales que proporcionan la cal o el óxido de calcio en esta zona.

b. Materiales hechos de arcilla: Deben tener un contenido en sílice entre el 60% y el 70%. Las pizarras, esquistos y arcillas en general son los materiales que aportan dióxido de silicio, comúnmente conocido como sílice, y óxido de aluminio, generalmente conocido como alúmina.

c. Minerales de fierro: Aportan óxido férrico en una mínima dosis. A veces se presenta junto con la arcilla.

d. El yeso: Esta da el sulfato de calcio (Torre, 2004, p. 6).

2.2.1.4. Especificación del rendimiento de un cemento portland

La NTP 334.082 (2008) menciona:

Se basa en las características del cemento Portland relacionadas con el rendimiento, como el desarrollo de la resistencia, la resistencia a los sulfatos, el calor hidratante y la resistencia álcali-sílice. Las cualidades de los distintos materiales del hormigón, los diseños de mezcla, la productividad, la manipulación y la condición ambiental, son las variables que afectan al rendimiento del hormigón. Las pruebas comparativas del concreto pueden servir para conocer mejor sus características de rendimiento, como la permeabilidad, la resistencia a los ciclos de hielo-deshielo y la resistencia a la descascaración por sales de deshielo (p.4).

2.2.1.5. Clasificación de los cementos portland

Seguidamente, se enumeran los tipos de cemento de acuerdo con la normativa nacional vigente y sus equivalentes americanos, pero solo se incluyen los que se producen actualmente en el país y los que son relevantes para esta investigación.

2.2.1.5.1. Cementos Portland Típicos: NTP 334.009 / ASTM C 150

Tipo I: Usado donde no se requiera ninguna otra forma de características particulares.

Tipo V: Usado para la resistencia de un alto nivel de sulfato.

2.2.1.5.2. Cementos Portland Adicionados: NTP 334.090 / ASTM C 595

Tipo IP: Cemento con puzolana, usado en todo tipo de trabajos constructivos de concreto.

2.2.1.5.3. Cementos Portland según sus desempeños: NTP 334.082 / ASTM C 1157

Tipo GU: Cementos portland usados en construcciones generales. Utilizar si no son necesarias las características especiales.

Tipo HE: con altas resistencias iniciales.

Tipo HS: con altas resistencias en sulfatos.

Tipo LH: con bajo calor hidratante.

2.2.2. Agregado para los Concretos

De acuerdo a Rivva (2000) “Para la elaboración del concreto se requiere el agregado en partículas que ocupan entre el 65% y el 80% del volumen de una unidad cúbica del concreto y que se encuentra embebidos en la mezcla de cementos con agua” (p. 128).

2.2.2.1. Clasificación de un Agregado

a) Según su forma natural

Los agregados provendrán naturalmente o artificialmente en forma gruesa o fina; los naturales son los más utilizados en la región.

Agregados finos

Según NTP 400.037 (2018) que indica: “agregado desintegrado de forma artificial o espontánea que se retiene en el tamizado estándar de 75 m (N° 200) y pasa el tamiz estándar de 9.5 mm (3/8”)” (p.6). En cambio, según el MTC (Manual de Ensayo de Materiales) (2016) nos dice: “que empleando un tamiz de 4,75 mm (n° 4), la muestra se dividirá en dos tamaños para mezclas de partículas gruesas y finas” (p.304).

Agregados Gruesos

La NTP 400.037 (2018) indica: “Es el agregado desintegrado de forma mecánica o natural de rocas que es retenido en el tamizado N°4 (4,75mm) cumpliendo los parámetros establecidos en esta norma.” (p.6). pudiendo ser piedra o grava.

b) Por su densidad

Según Torre (2004), “Podrán dividirse en tres categorías: ligeros de pesos específicos inferiores a 2.5, típicos con pesos específicos entre 2.50 y 2.75, y pesados con pesos específicos superiores a 2,75” (p. 44).

c) Según origen, sus formas y la textura superficial.

También al respecto Torre (2004) nos indica, “Según su origen, los agregados tendrán formas irregulares y geométricas, formados aleatoriamente por caras angulosas y redondeadas. Estas podrían ser:” (p. 45).

- Sub angular
- Angular
- Sub redondeada
- Redondeada
- Muy Redondeada
- Lisa
- Áspera
- Granular
- Vítreo
- Cristalina

2.2.2.2. Propiedad Física de los Agregados

Seguidamente, mencionamos las características físicas de los agregados más significativos con las que se aplicaron diseños de las mezclas establecidas en esta tesis, que tienen por objeto producir un concreto normal con una $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ como se indica a continuación:

a) *Peso Unitario*

La masa o el peso de los agregados necesarios para cubrir un recipiente con el volumen determinado se denomina masa volumétrica (peso unitario) de los agregados. El volumen en cuestión es el volumen combinado de los agregados y los espacios entre sus partículas. El peso volumétrico de los agregados utilizados en el concreto de peso típico oscila aproximadamente entre 1.200 kg/m^3 y 1.760 kg/m^3 (Kosmatka et al., 2004, p. 114).

Se mencionan dos tipos:

Unitarios Compactados (P.U.C.)

Unitarios Suelos (P.U.S.)

b) Los Pesos específicos

En un agregado su peso se mide en relación con el peso de un volumen absoluto equivalente de agua para determinar su peso específico (densidad relativa) (agua que se desplaza por la inmersión). Se utiliza en algunos cálculos para el control y la mezcla, como cuando se calcula el volumen total ocupado por los agregados (Polanco, 2002, p. 15).

c) La Absorción

Abanto (1995) “Cantidad de agua, normalmente representada en porcentaje, que necesita un agregado para pasar de su estado seco a su estado de saturación superficial” (p. 39).

$$\% \text{ Absorción} = \left[\frac{S - A}{A} \right] * 100$$

Donde:

A = Peso del agregado en condiciones secas.

S = Peso del agregado en condición saturada y superficialmente seca.

d) Contenido de humedad

Cantidad de agua representada como porcentajes de peso de agua en la masa concreta de agregados, con respecto al peso de partículas sólidas en un momento determinado, se conoce como humedad o contenido de humedad. Las porosidades, o zonas abiertas conectadas desde el interior de un material a su superficie, son una característica de los áridos. La mayor parte del tiempo, el agua se infiltra en el interior a través de estas aberturas, dando lugar a un nivel particular de saturación parcial, superficialmente seco y humedecido.

La proporción (%) de agua en el agregado en estado natural determina el contenido de humedad.

$$w(\%) = \left[\frac{W_w - W_s}{W_s} \right] * 100$$

Donde:

W_s = muestra seca pesada

W_w = muestra húmeda original pesada

w (%) = humedad total evaporable de las muestras en porcentajes

e) Granulometría

Es la distribución del tamaño de las partículas que componen una masa de agregados.

Para determinarla se realiza un análisis granulométrico, que divide una muestra de agregados en porciones de idéntico tamaño y utiliza la granulometría para medir la cantidad de cada porción (Sanchez, 2001, p. 72).

Tabla 2

Requisitos granulométricos de agregados finos.

Tamiz	Porcentajes pasantes
3/8" (9.51 mm)	100
N°4 (4.75 mm)	95 a 100
N°8 (2.38 mm)	80 a 100
N°16 (1.19 mm)	50 a 85
N°30 (0.595 mm)	25 a 60
N°50 (0.297 mm)	5 a 30
N°100 (0.148 mm)	0 a 10

Nota: Extraído de NTP 400.037 y ASTM C-33.

Tabla 3

Requisitos granulométricos de agregados gruesos.

HUS O	TM N	Requisitos de granulometría de los agregados gruesos de muestras que pasan por los tamices especificados dados en porcentajes														
		m m	100	90	75	63	50	37.5	25	19	12.5	9.5	4.75	2.36	1.18	0.03
		mm pulgadas	4	3 ½	3	2 ½	2	1 ½	1	¾	½	3/8	Nº4	Nº8	Nº16	Nº50
1	90 a 37.5	3 ½ a 1 ½	100	90 a 100	---	25 a 60	---	0 a 15	---	0 a 15	---	---	---	---	---	---
2	63 a 37.5	2 ½ a 1 ½	---	---	10 0	90 a 100	35 a 75	0 a 15	---	0 a 5	---	---	---	---	---	---
3	50 a 25.0	2 a 1	---	---	---	100	90 a 100	35 a 70	0 a 15	---	0 a 15	---	---	---	---	---
357	50 a 4.75	2 a Nº4	---	---	---	100	95 a 100	---	35 a 70	---	10 a 30	---	0 a 5	---	---	---
4	37.5 a 19.0	1 ½ a ¾	---	---	---	---	100	90 a 100	20 a 55	0 a 5	---	0 a 5	---	---	---	---
467	37.5 a 4.75	1 ½ a Nº4	---	---	---	---	100	95 a 100	---	35 a 70	---	10 a 30	0 a 5	---	---	---
5	25.0 a 9.5	1 a ½	---	---	---	---	---	10 0	90 a 100	20 a 55	0 a 10	0 a 5	---	---	---	---
56	25.0 a 9.5	1 a 3/8	---	---	---	---	---	10 0	90 a 100	40 a 85	10 a 40	0 a 15	0 a 5	---	---	---
57	25.0 a 4.75	1 a Nº4	---	---	---	---	---	10 0	95 a 100	---	25 a 60	---	0 a 10	0 a 5	---	---
6	19.0 a 9.5	¾ a 3/8	---	---	---	---	---	---	100	90 a 100	20 a 55	0 a 15	0 a 5	---	---	---
67	19.0 a 4.75	¾ a Nº4	---	---	---	---	---	---	100	90 a 100	---	20 a 55	0 a 10	0 a 5	---	---
7	12.5 a 4.75	½ a Nº4	---	---	---	---	---	---	---	100	90 a 100	40 a 70	0 a 15	0 a 5	---	---
8	9.5 a 2.36	3/8 a Nº8	---	---	---	---	---	---	---	---	100	85 a 100	10 a 30	0 a 10	0 a 5	---
89	9.5 a 1.18	3/8 a Nº16	---	---	---	---	---	---	---	---	100	90 a 100	25 a 55	5 a 30	0 a 10	0 a 5
9	4.75 a 1.18	Nº4 a Nº16	---	---	---	---	---	---	---	---	---	100	85 a 100	10 a 40	0 a 10	0 a 5

Nota: Adaptado de la NTP 400.037 y ASTM C 33, 2014) con fines del trabajo de investigación.

f) Tamaños Máximos

Corresponden al tamiz por el cual pasan todas las muestras de los agregados.

g) Tamaño Máximo Nominal

Corresponden al tamiz menor por los cuales se producen las primeras retenciones.

h) El Módulo de Fineza

Para Torre (2004) el " Criterio creado en 1925 por Duff Abrams, puede utilizarse para estimar la finura media del material basándose en el tamaño de las partículas de la muestra."

(p. 42):.

$$MF = \sum \left(\frac{3/8" + N^{\circ}4 + N^{\circ}8 + N^{\circ}16 + N^{\circ}30 + N^{\circ}50 + N^{\circ}100}{100} \right)$$

MF = Modulo de fineza.

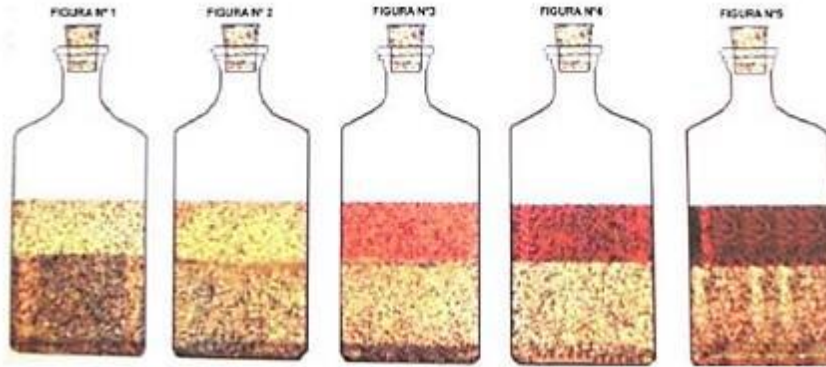
i) La impureza orgánica en el agregado fino

Herrería y Villegas (2008), indican: Los dos procesos que abarca esta técnica de ensayo permiten una estimación de la presencia de impurezas y materias orgánicas que perjudican los agregados en el concreto. En uno de los métodos se utilizará una solución de color estandarizado, mientras que en el otro se emplean colores estandarizados sobre vidrio (p.83).

Si el color del líquido sobre la muestra ensayada es más oscura pasada las 24 horas, a diferencia del color típico de referencia o estándar, se piensa que la arena contiene componentes orgánicos perjudiciales.

Figura 1

Las impurezas orgánicas de acuerdo a sus colores estándar.



Nota: Se observa las impurezas según colores patrones, de acuerdo al ASTM C-40, tomado de Aragón (2021).

Figura 2

Guía de colores para su análisis.

1	Blanco claro a transparente	Arena de muy buena calidad por no contener materia orgánica, limos o arcillas.
2	Amarillo pálido	Arena de poca presencia de materia orgánica, limos o arcillas. Se considera de buena calidad.
3	Amarillo Encendido	Contiene materia orgánica en altas cantidades. Puede usarse en hormigones de baja resistencia.
4	Café	Contiene materia orgánica en concentraciones muy elevadas. Se considera de mala calidad.
5	Café Chocolate	Arena de muy mala calidad. Existe demasiada materia orgánica, limos o arcillas. No se usa.

Nota: Se observa los colores según las impurezas del agregado fino, adaptado de ASTM C-40, tomado de Aragón (2021).

2.2.3. *El Agua para los Concretos*

El agua que se utilizará para producir concreto debe cumplir las normas ASTM C 109M y NTP 339.088. Se considera que la referencia principal es si el agua es potable.

Cualquier agua que no sepa salada y tenga un grado de acidez (pH) de 6 a 8 es segura para su uso, aunque un tono oscuro o un olor desagradable, no siempre avisan la presencia de compuestos peligrosos. El agua natural con poca acidez es segura, más el agua con contenido de ácidos húmicos u otros ácidos orgánicos podrían comprometer la capacidad del concreto para endurecerse (Neville M, 1995, p. 125).

El elemento del concreto conocido como agua es el catalizador de las reacciones químicas que confieren al cemento su capacidad para fraguar y endurecerse, formando un único sólido junto al agregado. Por ello, se divide en agua en el mezclado y agua en el curado (Sanchez, 2001, p. 57).

Tabla 4

Parámetros aceptados de los contenidos y sustancias disueltas.

Descripción	Límites aceptados
Suspensión de sólidos	máx.5000 ppm
Materiales orgánicos	máx.3 ppm
Alcalinidad (NaHCO ₃)	máx.100 ppm
Sulfato (ion SO ₄)	máx.600 ppm
Cloruros (ion Cl)	máx.1000 ppm
P H	máx 5 a 8.

Nota: Tomado y analizado de NTP 339.088, 2014.

2.2.4. *Diseño de Mezclas del Concreto*

Para ello, tener definida la cantidad relativa de cada uno de los materiales a usarse en la mezcla para que esta sea óptima en su estado fresco y endurecido, cumpliendo los requisitos de los proyectos.

El concreto es una mezcla plástica en inicio para luego transformarse en un elemento sólido y de resistencia, cuyas propiedades son dependientes de la dosificación de cada material componente.

Las dosificaciones de diseño podrán ser.

- Técnicos
- Empíricos

El diseño de carácter empírico son los que se basan en la experiencia; se utilizan con más frecuencia en obras pequeñas.

Los diseños técnicos se basan en métodos que han demostrado su eficacia; cada propiedad de los materiales que se van a utilizar debe conocerse y determinarse experimentalmente en un laboratorio. También se tienen en cuenta el coste, las especificaciones para un buen acabado y la colocación del concreto, pero sobre todo deben atenderse a las propiedades del material tanto en su estado fresco (trabajabilidad, asentamiento, exudación, peso unitario y tiempo de fraguado) y como endurecido (resistencia, durabilidad) (Burgos, 2012, p. 43).

2.2.4.1. Criterios fundamentales para un diseño de mezcla.

Al respecto, Burgos (2012) menciona que, al diseñar una mezcla de concreto, tener en cuenta las siguientes consideraciones:

- Debido a la variedad de materiales accesibles en nuestro país, ningún procedimiento teórico o empírico es aún lo bastante preciso para sustituir a una prueba experimental.
- Las cantidades de cada material que se combinarán para crear las mezclas de concreto deben elegirse de antemano y dependen de los resultados experimentales.
- Dado que deben satisfacerse todas las propiedades del concreto fresco y endurecido, la elección de sus distintos componentes de la mezcla y la cantidad de cada uno de

ellos deben lograr un equilibrio entre lo económico y dichos requisitos en sus propiedades (p. 44).

2.2.4.2. Fundamentos del diseño de mezclas para un concreto

a) Recopilar la siguiente información:

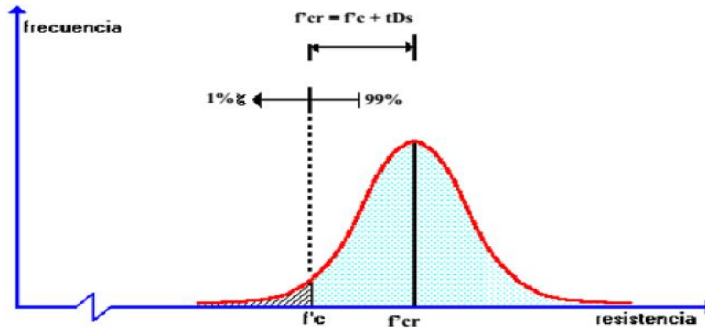
- La resistencia en compresión promedio que se requiere (f'_{cr}).
- La forma y tamaño de los elementos a llenar.
- Materiales a usar.
- Las condiciones a la que se expondrá una estructura.
- Las condiciones climatológicas en el llenado.

b) Determinación del promedio de resistencia requerido.

Siempre debemos diseñar para una resistencia mayor, de modo que solo un número ínfimo de las probetas (según ACI, generalmente el 1%) pueden ser resistencias inferiores a la resistencia especificada. Esta resistencia dependerá de la experiencia del proyectista o de la información de que disponga (Torre, 2004, p. 91). Tal como muestra la figura:

Figura 3

Distribución normal de frecuencias de resistencia



Nota: Condiciones para la toma de valores de resistencia $f'c$, extraído de Torre (2004), tomado de Aragón (2021).

La ACI 318s - 14 enumera tres escenarios posibles al intentar determinar la resistencia media requerida $f'c$.

1er caso: Si, se dispone de estadísticas sobre la rotura de las probetas de ensayo y los resultados de rotura en obra.

Para ello utilizaremos las siguientes relaciones matemáticas:

$$f'cr = f'c + 1.34Ds \dots \dots \dots (1)$$

$$f'cr = f'c + 2.33Ds - 35 \dots \dots \dots (2)$$

En donde:

Ds: Desviación estándar en obra (kg/cm²).

$f'cr$: Resistencia a compresión promedio requerida (kg/cm²).

$f'c$: Resistencia a compresión especificada (kg/cm²).

De ambos resultados se seleccionará la fórmula con el valor más alto, que servirá como $f'cr$ de diseño de mezcla.

2do caso: No se cuenta evidencias estadísticas (15 - 30 datos) suficientes

En esta situación se aplicarán las fórmulas antes mencionadas, amplificando el valor D_s por un factor encontrado en la siguiente tabla:

Tabla 5

Valores que modifican la desviación estándar.

N° ensayo	Factor de aumento
Menos a 15	Usamos tabla Caso 3
15	1.16
20	1.08
25	1.03
30 a más	1.00

Nota: Adaptados de ACI – 318s 14, con fines de la investigación.

Seguidamente, el cálculo de f'_{cr} se dará por:

$$f'_{cr} = f'_c + 1.34 (\alpha D_s) \dots \dots \dots (1)$$

$$f'_{cr} = f'_c + 2.33 (\alpha D_s) - 35 \dots \dots \dots (2)$$

Dónde:

α = Es el factor amplificante

3er caso: Se cuenta con pocos ensayos (< 15) o ni un solo dato estadístico

El ACI indica que utilicemos la tabla 6 en este caso para calcular la f'_{cr} .

Tabla 6

Requisitos mínimos de resistencia promedio sin suficientes datos conocidos

f'c especificado	f'cr (kg/ cm²)
Menor a 210	$f'_c + 70$
210 a 350	$f'_c + 84$
sobre 350	$f'_c + 98$

Nota: Adaptado de ACI 318, con fines de la investigación.

c) Selección del Tamaño Máximo Nominal (T.M.N) de los agregados gruesos.

El mayor tamaño de agregado a utilizarse suele estar limitado por las características físicas y los requisitos de refuerzo de las estructuras, pero también pueden influir otros factores como por ejemplo, la fabricación, la colocación del concreto y el transporte (Torre, 2004, p. 93).

El T.M.N no debe superar uno de los puntos siguientes:

- 1/5 de la menor dimensión entre las caras de encofrados.
- 1/3 del peralte de las losas.
- 3/4 del espacio mínimo entre barras libres o alambres de refuerzo, paquetes de barras, ductos o torones de pre esfuerzo.

Si el concreto logra ser colocada sin tener zonas o huecos (cangrejas) haciendo uso de técnicas de trabajabilidad y compactación, a menudo se ignoran estas restricciones.

d) Selección de los asentamientos

La tabla 7 muestra valores del asentamiento de acuerdo a la estructura que podemos utilizar, siempre en cuando no se especifique los valores de asentamiento.

Tabla 7

Valores recomendados según la estructura.

Tipos de estructuras	Slump Máximo	Slump Mínimo
Cimentaciones simples y calzaduras	3”	1”
Zapatas y muros de cimentación reforzados	3”	1”
Vigas y muros armados	4”	1”
Columnas	4”	2”
Concreto ciclópeo	2”	1”
Muros y pavimentos	3”	1”

Nota: Extraído de Torre (2004), recomendaciones para los asentamientos.

e) La Determinación del contenido de aire

De acuerdo con el T.M.N del agregado grueso, el ACI 211 sugiere valores porcentuales para el aire que queda atrapada en la mezcla de concreto. Las cantidades aproximadas de aire atrapado que cabe esperar en un concreto que no contiene aire la podemos apreciar en la siguiente tabla:

Tabla 8

Aire atrapado porcentual para distintos valores de T.M.N.

Tamaños Máximos nominales	% Aire atrapado
3 / 8"	3.0 %
1 / 2"	2.5 %
3 / 4"	2.0 %
1"	1.5 %
1 1 / 2"	1.0 %
2"	0.5 %
3"	0.3 %
6"	0.2 %

Nota: Tomado y adecuado de ACI-Comité 211.

Para la cantidad de aire incluido, se proporciona aproximaciones de valores para circunstancias de exposición leve, moderada y grave, tal como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 9

Contenidos de aire incorporado total.

TMN de agregados gruesos	Contenido de aire total (%)		
	Exposición suave	Exposición moderada	Exposición severa
3 / 8 "	4.5	6	7.5
1/2"	4	5.5	7
3/4"	3.5	5	6.5
1"	3	4.5	6
1 1/2"	2.5	4	5.5
2"	2	3.5	5

TMN de agregados gruesos	Contenido de aire total (%)		
	Exposición suave	Exposición moderada	Exposición severa
3"	1.5	3	4.5
6"	1	2.5	4

Nota: Dichos valores son extraídos de Torre (2004).

Es posible que los valores de esta tabla y los que figuran en algunas especificaciones técnicas no siempre coincidan. No obstante, ilustra los valores medios de contenido de aire en el concreto aconsejados cuando se añade aire intencionadamente para aumentar la durabilidad.

f) La Determinación de cantidad de agua

La granulometría de los áridos, el tamaño máximo, la textura, el perfil y también la cantidad de aire incluido, determinan el agua (por m³) que generará el asentamiento correcto. La cantidad de cemento tiene un impacto insignificante en estos factores. En la tabla 10 se dan estimaciones del agua para un concreto basadas en el tamaño máximo de los agregados y el asentamiento, tanto con aire como sin él. La cantidad de agua puede ser mayor o menor que los valores indicados en la tabla dependiendo de la textura y forma del agregado, pero estos valores sirven como una buena aproximación de una primera mezcla de prueba inicial (Torre, 2004, p. 94).

Tabla 10

Cantidades estimadas de agua de mezclado necesarias para diferentes especificaciones.

Asentamiento	Cantidad de agua (lt/m ³), según T.M.N de agregado grueso y su consistencia indicada							
	3/8"	1/2"	3/4"	1"	1 1/2"	2"	3"	6"
No se tiene aire incluido								
1" a 2"	207	199	185	179	166	154	130	113
3" a 4"	228	216	205	193	181	169	145	124
6" a 7"	243	228	216	202	190	178	160	---
Se tiene aire incluido								
1" a 2"	181	175	168	160	150	142	122	107
3" a 4"	202	193	184	175	165	157	133	119
6" a 7"	216	205	187	184	174	166	160	---

Nota: Adaptado y tomado de ACI-Comité 211, con fines de la investigación.

Tabla 11

Valores de cantidad de agua necesaria para la mezcla para diversos valores de asentamiento y tamaños máximos.

TMN agregado grueso	Volumen unitario de agua (lt/m ³), en asentamientos y perfiles de agregados gruesos que se indican					
	Redondeados			Angulares		
	1" - 2"	3" - 4"	6" - 7"	1" - 2"	3" - 4"	6" - 7"
3/8"	185	201	230	212	227	250
1/2"	182	197	219	201	216	238
3/4"	170	185	208	189	204	227
1"	163	178	197	182	197	216
1 1/2"	155	170	185	170	185	204
2"	148	163	178	163	178	197
3"	136	151	163	151	167	182

Nota: Adaptado de Rivva (2018), con fines de la investigación.

g) Seleccionar la relación agua y cemento (a / c)

Esta relación agua/cemento que se requiere depende de una serie de variables, como la durabilidad y las cualidades de acabado, además de los requisitos de resistencia. Se recomienda tener en cuenta la relación entre la resistencia y la relación agua/cemento de los materiales que se van a utilizar, ya que los distintos cementos y agregados suelen proporcionar diferentes resistencias con la misma relación de agua/cemento (Torre, 2004, p. 95).

Tabla 12

Valores de Relación agua / cemento según f'_{cr} .

f'_{cr} (kg/cm²) 28 días	Relación a / c de diseño en peso	
	Sin incorporación de aire	Con incorporación de aire
100	0.9	0.81
150	0.8	0.71
200	0.7	0.61
250	0.62	0.53
300	0.55	0.46
350	0.48	0.4
400	0.43	
450	0.38	

Nota: Tomado del ACI-Comité 211, con de esta investigación.

Tabla 13

Condiciones especiales de exposición. Relación a / c según la Durabilidad.

Condiciones de exposición	Relación máxima a/c, en un concreto con agregados de peso normal	Resistencia en compresión mínima en concretos con agregado liviano
Concretos de permeabilidad baja		
Expuestos a agua dulce	0.50	
Expuestos a agua de mar o agua soluble	0.45	260

Condiciones de exposición	Relación máxima a/c, en un concreto con agregados de peso normal	Resistencia en compresión mínima en concretos con agregado liviano
Expuestos a acciones de aguas cloacales	0.45	
Concretos expuestos a procesos de congelamiento y deshielo en condiciones húmedas		
Cunetas, secciones delgadas, sardineles,	0.45	300
Otros elementos	0.50	
Proteger de la corrosión a un concreto expuesto a aguas de mar, aguas salobres, neblinas o rocío de estas aguas	0.40	325
Cuando el recubrimiento mínimo es incrementado en 15 mm.	0.45	300

Nota: La f_c no podrá ser inferior de 245 kg/cm² por temas de durabilidad, obtenido y adaptado de ACI-Comité 211.

h) La cantidad del cemento

La obtendremos al dividir los valores encontrados en los puntos (f) / (g)

i) Obtención del peso del agregado

Depende de la metodología de diseño concreta que se utilice o un determinado estudio de la combinación de los agregados.

j) Presentar el diseño de la mezcla en condición seca

Se propone el diseño realizado hasta el momento.

k) Correcciones por humedad de los diseños en estado seco

Para pesar con precisión los agregados, hay que tener en cuenta su contenido de humedad.

El peso del agua que suele tener un agregado y, por tanto, el agua absorbida como la superficial debe añadirse a su peso en seco, ya que los agregados suelen estar húmedos.

$$\mathbf{P.A.H = P.A.S (1+C.H.A \text{ en } \%)}$$

l) Cálculo de agua efectiva

La cantidad de agua que se usara en la mezcla de ensayo tiene que agregarse o disminuirse para reflejar el contenido de humedad libre del agregado, que es la humedad total menos la absorción.

Para ello, se aplicará la fórmula que figura a continuación:

$$\text{Aporte H.A} = \text{P.A.S} (\% \text{ hum.} - \% \text{ abs.})$$

Por lo tanto:

$$\text{Agua efecto.} = \text{Agua dis.} - \text{Aporte H.A}$$

m) Presentación del diseño de mezclas en condición húmeda.

Luego de realizar los procedimientos adecuados se obtiene un primer diseño de mezclas en condición húmeda.

n) Ajuste a la mezcla de prueba

Se realiza la primera mezcla para ser probada con los materiales disponibles para determinar las dosificaciones en la mezcla que proporcionarán las propiedades adecuadas y, cuando se alcanza un asentamiento y resistencia deseada, se reajustan las proporciones.

2.2.5. Aditivo para los concretos.

Un aditivo es una sustancia utilizada como componente del concreto y el mortero que no es agua, agregado ni cemento hidráulico y que es añadida en la mezcla justo antes o durante el proceso de mezcla.

En la actualidad, los aditivos se consideran un componente del concreto y se emplean para alterar sus propiedades y hacerlo más adecuado para diversos trabajos particulares (Gutiérrez, 2003, p.99).

El aditivo es un compuesto que se agrega a los componentes esenciales del concreto con la intención de modificar una o varias propiedades de esta, según la NTP 339.086.

Un aditivo se agrega en la mezcla de concreto, generalmente en el proceso de mezclado, proponiendo:

- Cambiar una o varias propiedades de acuerdo a NTP para adaptarlas mejor al trabajo previsto.
- Mejorar trabajabilidad agilizando el procedimiento de colocación.
- Permitir la eficiencia en la preparación, entrega y colocación del hormigón.
- Conseguir economía y un mejor resultado, por los ajustes en la composición o en sus proporciones de mezcla (Torre, 2004, p. 60).

Figura 4

Aditivo para los concretos.



Nota: se puede observar los diferentes tipos de aditivo líquido.

Se debe de entender que cada situación tendrá un requerimiento diferente de aditivo, así evitar generalizar un aditivo a un único tipo en especial.

La norma ASTM C494 “Standard Specification for Chemical Admixtures for Concrete” tiene la siguiente clasificación:

- Tipo A: Plastificantes o reductores de agua.
- Tipo B: Retardantes.
- 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 (superplastificantes).
- Tipo G: Reductores de agua de alto rango y retardantes.
- Tipo S: Especificación por performance.

Deberá tenerse muy en cuenta las recomendaciones de la ficha técnica del producto dado por el fabricante del aditivo, así como a los requisitos existentes en las normas y especificaciones técnicas de obra (Torre, 2004, p. 61).

2.2.5.1. Aditivo superplastificante.

Conocidos también como aditivos reductores de agua de alto rango, cuentan con la capacidad de reducir la cantidad de agua de forma importante del concreto, manteniendo una consistencia específica y sin tener efectos negativos en el proceso de fraguado. Se especifican en las normas ASTM C494 y ASTM C 1017. Para crear concretos fluidos con un alto asentamiento, se añaden estos aditivos a mezclas de cemento/agua con un contenido de agua de bajo a normal. Estos concretos pueden colocarse con poca o ninguna vibración o compactación, ya que son muy fluidos y trabajables.

Estos aditivos se utilizan para aumentar el asentamiento sin tener que añadir más agua a la mezcla, entre sus usos más comunes tenemos:

- Incrementando la distancia de bombeo
- Concreto bombeable para disminuir la presión de la bomba
- Concretos bajo el agua
- Colocación de concreto en secciones delgadas
- Estructuras con alta densidades de aceros y espaciamientos cercanos

Por ejemplo, añadir un aditivo superplastificante de 3" de asentamiento puede provocar un aumento del asentamiento de hasta 9" (Torre ,2004, p. 65).

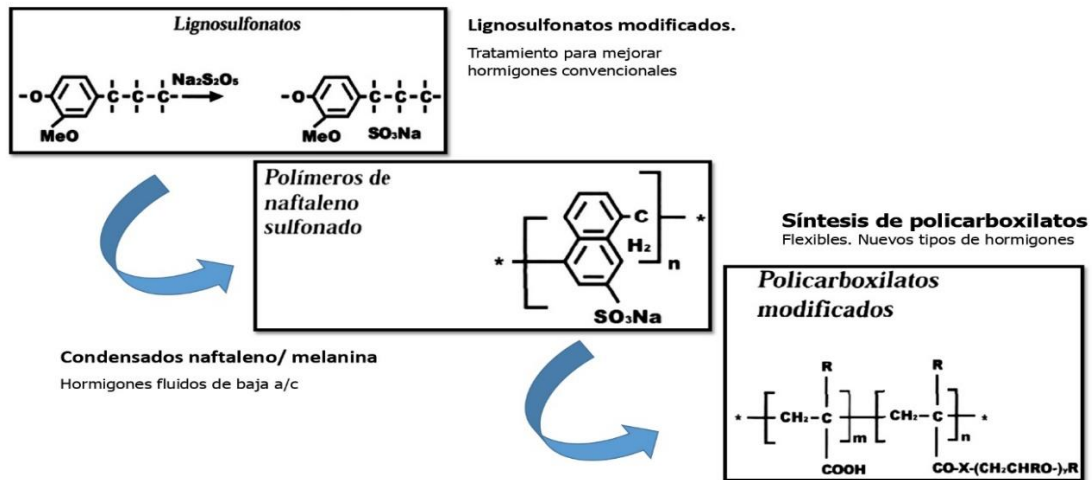
Los reductores de agua, también conocidos como plastificantes, se utilizan para aumentar el asentamiento o disminuir la cantidad de agua con el fin de fabricar hormigón con un asentamiento específico. Los reductores de agua de alto rango (superplastificantes) reducen el contenido de agua entre un 12 y un 30%, en comparación con los aditivos reductores de agua típicos, que lo reducen entre un 5 y un 10% (Torre ,2004, p. 63).

2.2.5.2. Evolución de los aditivos superplastificantes

Los aditivos superplastificantes continúan con su desarrollo evolutivo en busca de mejores resultados en el mercado, debido a ello sus composiciones serán cambiantes, tal como podemos observar en la siguiente figura:

Figura 5

Cambios en la composición química de un aditivo superplastificante a través del tiempo.



Nota: Tomado y adaptado de Asociación Nacional de Fabricantes de Aditivos de Hormigón (ANFAH) con fines de este trabajo.

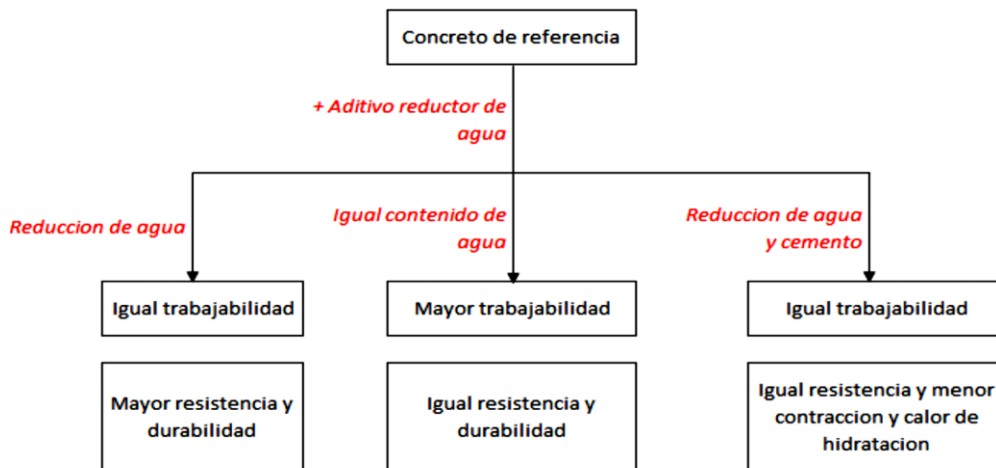
2.2.5.3. Modo de empleo de un aditivo superplastificante.

Según la Asociación científica técnica del hormigón estructural (ACHE), hace público en: “Manual de Tecnología de aditivos para Hormigón”, indica que un aditivo plastificante se puede incorporar en una mezcla con tres objetivos diferentes

- **Primero:** al mantener constante la cantidad de agua y al agregar un aditivo superplastificante se obtendrá un concreto de alta fluidez, sin alterar significativamente sus propiedades mecánicas y de durabilidad.
- **Segundo:** Reducen la cantidad de agua en el concreto sin afectar su trabajabilidad, y se mejorará la resistencia y durabilidad.
- **Tercero:** Al reducir agua, permite optimizar a la par la cantidad de cemento y la relación agua y cemento obteniendo un concreto, con la misma fluidez inicial y con la misma resistencia del concreto de referencia (p. 31).

Figura 6

Modos de empleo de los aditivos superplastificantes.



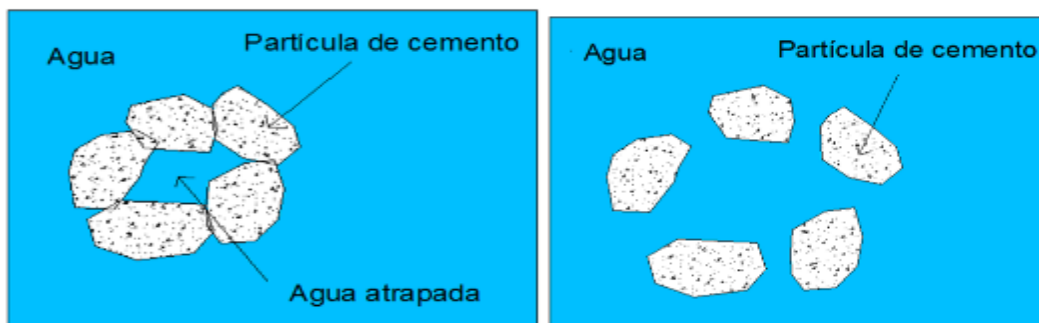
Nota: Tomada de ACHE (Asociación científica técnica del hormigón estructural), para fines de este trabajo.

2.2.5.4. Efectos del aditivo superplastificante sobre el concreto.

En un concreto normal, las partículas del cemento se agrupan debido a interacciones electrostáticas de Van Der Waals, dando lugar a floculaciones entre partículas. Los flóculos atrapan agua en su interior, por ello su trabajabilidad es menor. Sin embargo, al añadirse aditivos plastificantes y gracias a su efecto fluidificante el grado de floculación en las partículas del cemento bajan quedando libre el agua atrapada, dando lugar a una mayor trabajabilidad y dando una mayor superficie libre de cemento para la hidratación temprana (ACHE, 2010, p. 35).

Figura 7

Efecto dispersante del aditivo superplastificante.



Nota: Tomado de ACHE (Asociación científica técnica del hormigón estructural) con fines de este trabajo, analizado en Gutierrez (2018)

Así mismo, la ACHE (2010), nos indica que al añadir un aditivo superplastificante modificamos algunas propiedades del concreto, como por ejemplo:

- **En la trabajabilidad.-** El concreto fresco tiene una mejor trabajabilidad gracias al efecto de dispersión de partículas en el cemento que previene la floculación y ello permite obtener el comportamiento reológico deseado.

▪ **En la cantidad de aire atrapado.**- Los aditivos superplastificantes en general incorporan aire en el mezclado del concreto según el tipo de aditivo, el cual se pierde en su mayoría al momento del transporte y colocación.

▪ **En la resistencia a compresión.**-Al usar un aditivo superplastificante y siempre que se cumpla con la relación agua / cemento no afectará las propiedades mecánicas.

2.2.5.5. Dosificación de aditivos superplastificantes para concreto.

Se pueden realizar de dos maneras y como ejemplo mostramos a continuación para mejor comprensión.

Método 1.- En centímetros cúbicos por cada kilogramo de cemento (cc / kg)

Método 2.- En porcentaje con respecto al peso del cemento (% / kg)

Ejemplo: A continuación encontraremos la cantidad de aditivo a añadir, teniendo un diseño de mezcla para 1 m³:

- Agua: 210 L
- Cemento: 300 kg
- A. grueso: 995 kg
- A. fino: 880 kg
- Aditivo superplastificante: dosis de 0.2% - 1.0%
- Peso específico del aditivo superplastificante: 1.2 g/cc

Tomaremos en consideración una dosis de aditivo de 0.6%, se tiene:

$$(0.6\% \times 300\text{kg}) = 1.80 \text{ kg} = (1.80/1200)$$

$$= 1.50 \text{ L de aditivo/m}^3 \text{ de concreto}$$

2.2.5.6. Diseño de Mezclas por el Método ACI - 211

La siguiente secuencia de diseño fue creada por el Comité 211 del ACI y se basa en el uso de valores de diferentes tablas para permitir el cálculo de la cantidad de materiales para un metro cúbico de concreto:

- Se selecciona f'_{cr} (resistencia requerida)
- Se selecciona el TMN del agregado grueso.
- Se selecciona el asentamiento (Tabla 7).
- Se Selecciona el contenido de aire atrapado (Tablas 8.y 9).
- Se selecciona el contenido de agua (Tablas 10).
- Se selecciona la relación agua/cemento por la resistencia a compresión o por su durabilidad. (tabla 12 y 13).
- Se calcula el contenido del cemento (e) / (f)
- Seleccionamos el peso del agregado grueso
- Se suma todos los volúmenes de los materiales sin tener en cuenta el agregado fino.
- Calculamos el volumen de agregado fino.
- Calculamos el peso en estado seco de los agregados finos.
- Presentamos el diseño en estado seco.
- Corregimos el diseño por el aporte de humedad de los agregados.
- Presentamos el diseño en estado húmedo.

2.2.6. El Concreto

Dado que el concreto es el tema principal de esta tesis, es importante definirlo, así como las variables que influyen en su desarrollo y sus propiedades.

El concreto, material de uso común o convencional, cuyos materiales primarios son el cemento, agua y agregados para su producción, que finalmente se complementa con un cuarto ingrediente denominado aditivo. En el proceso de combinación de estos materiales se añade al mismo tiempo un quinto participante: el aire. (Torre 2004,p74)

Para Rivva, (2008) “La elección de un cemento adecuado, la aplicación de la relación agua y cemento apropiada y, tal vez, el empleo de aditivos, adiciones y fibras son necesarios para garantizar la calidad de la pasta” (p. 8).

2.2.6.1. El concreto y su clasificación

a) El Concreto simple

Es la mezcla de Cemento Portland, agregado grueso, agregado fino y agua. El agregado grueso de la mezcla debe estar completamente recubierto de pasta de cemento, y el fino deberá llenar los huecos dejados por el agregado grueso al mismo tiempo que está recubierto por la mezcla (Abanto, 1995, p. 12).

$$\text{Concreto simple} = \text{Cemento} + \text{A. Grueso} + \text{A. Fino} + \text{Agua}$$

b) El Concreto armado

Cuando el concreto se refuerza con acero, se denomina concreto armado. Está diseñado con la hipótesis en que ambos materiales hacen un trabajo mutuo y que el acero soportará los esfuerzos de tracción ejercida sobre el concreto o aumentará su resistencia a compresión (Abanto, 1995, p. 13).

$$\text{Concreto armado} = \text{Concreto simple} + \text{Armadura}$$

c) El Concreto normal

“Se elaboran con agregados comunes y en donde sus pesos unitarios están entre 2300 - 2500 kg/m³, dependiendo del tamaño máximo de los agregados, sus pesos promedios están en 2400 kg/m³”(Abanto, 1995, p. 13).

Los concretos, ciclópeo, ligero, pesado, pre mezclado, prefabricado, bombeado, entre otros, carecen de importancia a efectos de esta tesis por tratarse de concretos especiales.

2.2.6.2. El Concreto y sus propiedades

Para el estudio es necesario conocer las propiedades del concreto fresco, de las cuales podemos mencionar los siguientes:

a) La Trabajabilidad.

Lo podemos definir como: “La facilidad con la que el concreto puede mezclarse, manipularse y colocarse en obra utilizando los métodos de compactación existentes” (Torre, 2004, p. 82).

Esta es dependiente de:

- Las secciones armadas.
- Las medidas del elemento.
- Los medios de la puesta en la obra.

La trabajabilidad mejora cuando:

- Se tenga más agua, pero afectará la resistencia.
- Mayor cemento.
- Se tenga cantos rodados.
- Más finos.
- Adiciones.
- Plastificantes / fluidificantes.

Pasquel (1998) nos da a conocer:

Dado que se ofrece una aproximación numérica a esta característica del concreto, la prueba "Slump" ha sido durante mucho tiempo la forma convencional de comprobar

la trabajabilidad. Sin embargo, debe tenerse en cuenta que esta prueba, indica mayormente la uniformidad antes que la trabajabilidad (p.131).

b) La Consistencia.

Torre (2004) indica: “La consistencia es el grado con el cual el concreto se deforma o adopta una forma determinada con mayor o menor facilidad” (p.82). Esta dependerá de:

- Granulometría.
- Tamaño máximo de los agregados.
- Agua de amasado.
- El método de compactar tiene relación con la forma de los agregados.

c) La Exudación

Cuando se hace el vaciado respectivo del concreto en el encofrado se produce el fenómeno y es cuando cierta cantidad de agua asciende a la superficie producto de los sedimentos de los agregados hacia el fondo.

Una mezcla mal dosificada, demasiada agua, el uso de aditivos y la temperatura, cuanto mayor sea esta, pueden contribuir a la exudación de manera más rápida (Abanto, 1995, p. 54).

d) La Segregación

Se da por la separación de los materiales en una mezcla de concreto, como consecuencia de la falta de cohesión, su distribución deja de ser uniforme. La variación de tamaños en las partículas y de su distribución, también por densidad de los materiales y su proporción dentro de la mezcla, son algunos de los factores fundamentales del concreto que pueden dar lugar a la segregación (Sanchez, 2001, p. 123).

Pruebas antes de la elaboración de muestras de los concretos.

a) Temperatura

Según la NTP 339.184 (2002) consiste en:

Coloque el equipo de medición de temperatura en el concreto recién mezclado, de forma que el sensor quede al menos 75 mm por debajo de la superficie (3 pulgadas). Para que la lectura no se vea afectada por la temperatura ambiente, presione ligeramente el concreto en la zona que rodea el medidor de temperatura. Lea y registre la temperatura tras dejar el termómetro en el concreto a los 2min. o al tener una lectura estable.

En los 5min. siguientes a la toma de la muestra, termine de tomar la temperatura (p.4).

b) Contenido de aire:

De acuerdo a la NTP 339.081 donde se menciona:

Mide cuanto de aire contiene una porción de concreto, tener en cuenta que el aire encontrado dentro del agregado poroso no afecta.

Por lo tanto, este es el ensayo apropiado encontrar el contenido de aire de concretos que contienen agregados livianos, escoria enfriada con aire, y agregados naturales altamente porosos o vesiculares (p.2).

c) Ensayo de consistencia

“El equipo es en un cono truncado con bases paralelas que tienen círculos con diámetros respectivos de 20 cm y 10 cm con una altura de 30 cm” (Abanto, 1995, p. 48).

Figura 8

El Cono de Abrams, equipo tradicional para este ensayo.



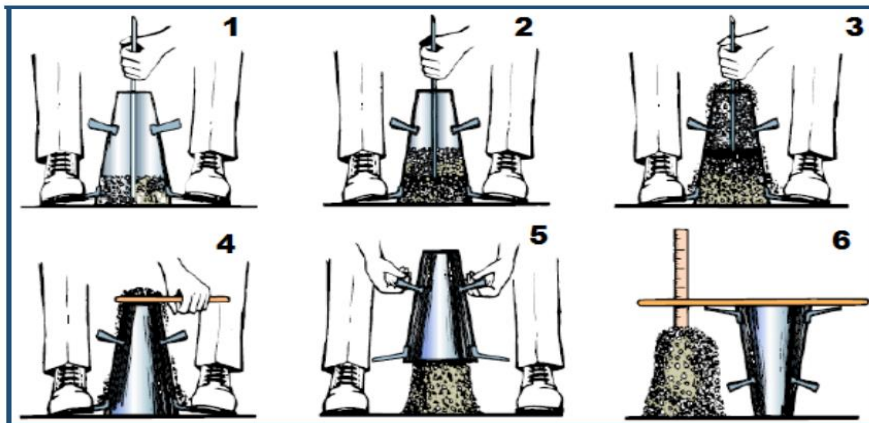
Nota: El equipo debe de cumplir las especificaciones técnicas, tomado de Aragón (2021)

Un resumen, de acuerdo a la NTP 339.035 (2009), sería:

Se coloca en el molde una muestra del concreto y lo compactamos con la ayuda de una varilla. El molde se retira hacia arriba logrando que el concreto se asiente, luego se tendrá que ver la distancia vertical entre la posición inicial y la distancia desplazada para poder ver el asentamiento del concreto (p. 2).

Figura 9

Procedimiento del ensayo de consistencia.



Nota: Se debe de cumplir con la NTP 339.035 con el personal técnico capacitado, tomado de Aragón (2021).

Una vez realizado el ensayo podemos medir el asentamiento en pulgadas y verificarlo con la siguiente tabla para poder medir la trabajabilidad del concreto.

Tabla 14

Valores para la consistencia en la mezcla de los concretos.

Consistencia	Slump	Trabajabilidad	Método de compactación
Seco	0" - 2"	Poco trabajable	Vibrado normal
Plástico	3" - 4"	Trabajable	Vibrado ligero
Fluido	> 5"	Muy trabajable	Chuseado

Nota: Extraído de Abanto (1995), donde recomienda el slump para una trabajabilidad adecuada.

Elaboración de muestras cilíndricas de concreto.

a) Muestras cilíndricas normalizadas.

La norma NTP 339.033 (2015) indica que:

Las probetas adecuadas para determinar las pruebas de resistencia son las probetas cilíndricas debidamente fraguadas. Las especificaciones del ensayo deben especificar el tamaño y la cantidad de probetas. Su diámetro será al menos tres veces el tamaño máximo nominal del agregado grueso, y la longitud debe ser dos veces la del diámetro. De acuerdo con la NTP 339.036, la muestra de concreto debe tamizarse en húmedo a través de un tamiz de 50 mm cuando el T.M.N del agregado grueso supere los 50 mm. Los cilindros utilizados en los ensayos de aceptación de una determinada resistencia a la compresión deben ser de 150 mm por 300 mm o de 100 mm por 200 mm (p.7).

b) Elaboración de muestras cilíndricas.

De acuerdo a la NTP 339.033 (2015):

Seleccionar la barra compactadora apropiada, según la Tabla 1 o un vibrador adecuado.

A menos que se indique otra técnica, elija en su lugar el método de consolidación de la Tabla 2. Determinar las necesidades de conformado a partir de la Tabla 3 si el proceso de consolidación es por apisonado. Si se utiliza la vibración para el proceso de consolidación, debe utilizarse la Tabla 4 para establecer las necesidades de conformado.

Elija una cuchara que se ajuste a las especificaciones de 6.7. Mover perimetralmente mientras se vierta el concreto en el molde con la cuchara dará como resultado un concreto más uniforme con un mínimo de segregación. Cada capa de concreto debe consolidarse de acuerdo con las especificaciones de las Tablas 3 y 4. Se debe añadir una cantidad suficiente de concreto mientras se coloca la última capa para que, después de la consolidación, quede a ras con el borde superior de los moldes (p.9).

Propiedades del Concreto Endurecido:

a) La Resistencia a Compresión

Esta se define como un esfuerzo máximo que resiste dicho material sin quebrarse.

Dado que este tiene un diseño principal para soportar esfuerzos de compresión, su resistencia a estos esfuerzos se considera como un indicador de calidad. Suele utilizarse para aprobar o rechazar el concreto endurecido y se considera una de sus características más cruciales (Rivva, 2018, p. 42).

La resistencia suele aumentar con el tiempo, creciendo rápidamente en los primeros días tras su colocación, volviéndose más lenta con el tiempo y, finalmente, la resistencia continúa aumentando más lentamente según pasa el tiempo. En general, la resistencia a compresión de un concreto elaborado de acuerdo a las especificaciones normativas, curadas adecuadamente y ensayadas a una edad de 28 días servirá como un indicador de calidad,

para el cual tomaremos la siguiente información de la tabla donde se relaciona edad con la resistencia de un concreto.

También, según Burgos (2012) “La f_c (resistencia a compresión) de los concretos determinan si es de buena o pésima calidad, ya que sirve de base para las modernas teorías de diseño” (p. 43).

Tabla 15

Tabla de valores que relacionan la resistencia en compresión de un concreto a diferentes edades.

Tiempo	7 días	14 días	28 días	90 días	6 meses	1 año	2 años	5 años
$f_c(t) / f_c(28)$	0.67	0.86	1	1.17	1.23	1.27	1.31	1.35

Nota: Extraído de Harmsen y Mayorca (2002), con fines de esta investigación

Donde:

$f_c(28)$: Resistencia a compresión a los 28 días.

$f_c(t)$: Resistencia a compresión en un periodo de tiempo.

b) Ensayos de resistencia a compresión del concreto.

La carga axial se aplica a las probetas cilíndricas a una velocidad normada en un intervalo de tiempo especificado hasta que se produce la falla. La fuerza de ruptura dividida por el área de la sección que resiste la carga da como resultado la resistencia a la compresión, que suele expresarse en kilogramos por centímetro cuadrado o megapascales (MPa).

Las recomendaciones según la NTP 339.183 (2013) y de la ASTM indican que:

- Las probetas estándar deben ser de 6 x 12 pulgadas (150 x 300 mm) o de 4 x 8 pulgadas para las pruebas de aceptación (100 x 200 mm).

- Tras el vaciado, la probeta puede permanecer en el molde durante 24 +/- 8 horas. Después, debe curarse bajo el agua hasta el momento del ensayo.
- Los cilindros suelen cubrirse en sus bases con mortero de azufre (ASTM C 617) o cubiertas de neopreno (NTP 339.216 (2007), ASTM C 1231) para proporcionar una distribución uniforme de la carga que están entre 1.500 y 7.000 psi (10 a 50 MPa). Dependiendo del nivel de resistencia medido, los requisitos de durómetro de las almohadillas de neopreno que oscilan entre 50 y 70. Si las almohadillas presentan un desgaste significativo, deben sustituirse.
- Antes de la prueba no debe dejarse que las briquetas se sequen.
- Para obtener el área de la sección transversal, el diámetro del cilindro debe medirse dos veces en ángulo recto a la altura media de la probeta. El cilindro no debe someterse a ensayo si la diferencia entre los dos diámetros medidos es superior al 2%.
- Los extremos de las probetas deben ser planos con una tolerancia de 0,002 pulgadas (0,05 mm) y no pueden desviarse más del 0,5% de la perpendicularidad del eje del cilindro
- Los cilindros deben cargarse hasta que la rotura sea completa mientras están centrados en el equipo de ensayos de compresión. Durante la segunda parte de la fase de carga, la velocidad de carga con una máquina hidráulica debe mantenerse entre $0,25 \pm 0,05$ MPa/s. Es importante tener en cuenta el tipo de ruptura.
- La resistencia que puede soportar la probeta antes de fracturarse se divide por el área media de la sección transversal para determinar la resistencia del concreto. Se ensayan al menos dos cilindros de la misma edad, y el resultado del ensayo se indica como resistencia media.

- Es importante registrar la siguiente información: la fecha de llegada de las probetas al laboratorio, la fecha del ensayo, identificación en la probeta, su diámetro, la antigüedad, la carga máxima aplicada, tipo de fractura y cualquier defecto que se presenten en las probetas o en sus tapas.

c) Cálculo de la resistencia a compresión

Este valor se calculará aplicando la siguiente relación matemática:

$$f'c = \frac{P}{A} \text{ (kg/cm}^2\text{)} ; A = \pi\left(\frac{\phi^2}{4}\right)$$

Dónde:

P : Carga de rotura (kg).

A : Área promedio de la probeta (cm²).

φ : Diámetro de la probeta (cm).

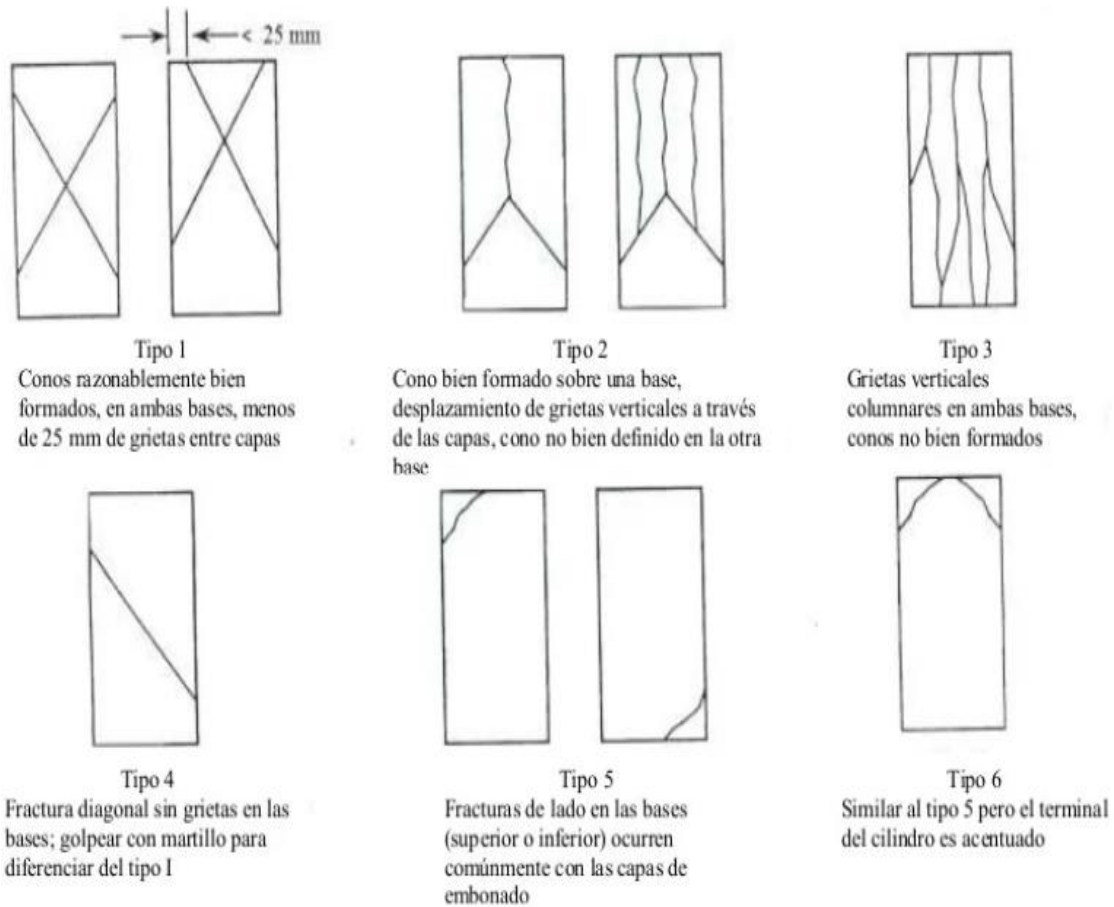
f'c : Resistencia a la compresion (kg/cm²).

d) El Tipo de fractura

La norma NTP 339.034 (2008) indica, podemos tener los siguientes tipos de fractura:

Figura 10

Diferentes tipos de fracturas.



Nota: Ejemplos gráficos de tipos de rotura a compresión, extraídos de N.T.P 339 .034 (2015).

2.2.6.3. Curado del Concreto.

Consiste en mantener el concreto húmedo durante muchos días después de su instalación para favorecer la hidratación del cemento, donde el agua y el cemento reaccionan químicamente. Si el concreto se seca demasiado rápido, se verán fracturas superficiales y no alcanza una resistencia necesaria (Abanto, 1995, p. 235).

a) importancia del curado en el concreto.

En la práctica, el curado del concreto consiste en garantizar los niveles ideales de temperatura y humedad en donde desarrollara su resistencia potencial (compresión y flexión), reduciendo los poros en la pasta, sobre todo en el recubrimiento en la armadura, lo que impide que la humedad y las sustancias agresivas penetren en el elemento del concreto endurecido y garantiza su periodo de diseño exigido por los propietarios. La resistencia a la abrasión de los pisos de concreto, las vías y las obras hidráulicas aumenta con un curado adecuado y oportuno. Evita la aparición de grietas por contracción plástica y, aunque no puede detenerla, retrasa la contracción por secado Umiri (2019, como se citó en Aragón, 2021).

A los siete días de ser vertido, el concreto alcanzará el 70% de su resistencia estipulada. Las condiciones de humedad y temperatura durante este primer tiempo tienen un impacto significativo en la resistencia final del concreto. A menos que el concreto se mantenga constantemente húmedo durante un periodo de tiempo significativo tras el descenso de la temperatura, el secado prematuro del concreto o si la temperatura desciende a 5°C o menos durante los primeros días puede hacer que el concreto pierda un 30% o más de su resistencia. La resistencia del concreto fresco puede reducirse hasta un 50% por congelación (Abanto, 1995, p. 235).

b) maneras del curado

Existen esencialmente dos procesos de curado que permiten mantener el concreto con un contenido de humedad adecuado:

Con Agua

- Inundación o inmersión
- Riego o aspersion
- Cubrir con materiales saturados como: Telas, costales, tierra, algodón, aserrín, viruta, arena, papel, etc.

Con Materiales Sellantes

Son hojas o membranas sintéticas colocadas sobre los concretos, su utilización es económica, por su menor costo y facilidad de mantener la humedad.

Algunos de ellos son: telas plásticas, papel impermeable, compuestos químicos que forman una membrana impermeable de curado (Gutiérrez, 2003, p.86).

2.3. Marco conceptual

A continuación, describiremos brevemente los términos que utilizamos a lo largo de la investigación y harán que se entienda de mejor manera todo lo que se quiera transmitir.

Agregado.

Los agregados son partículas inorgánicas de origen natural o artificial, con dimensiones reguladas por la NTP 400.011

La fase no continua del concreto está formada por componentes llamados agregados, que están mezclados en la pasta y ocupan alrededor del 75% del volumen de una unidad cúbica del concreto (Torre, 2004, p. 43).

Análisis comparativo.

“Es un enfoque metódico de investigación basado en diferenciar fenómenos con el objetivo de identificar sus similitudes y diferencias” (Pacheco, 2019, p. 12).

Aditivo reductor de agua - plastificante.

Son compuestos orgánicos e inorgánicos que permiten utilizar una cantidad menor de agua de la que se usaría en condiciones normales en el concreto, produciendo mejoras en sus propiedades de trabajabilidad y también de resistencia al reducirse la Relación Agua/Cemento (Rivva , 2000, p.270).

Aditivo superplastificante.

“También se le conocen como reductores de agua de alto rango, con una finalidad de reducir el agua de manera importante en el concreto, manteniendo una consistencia dada y sin producir efectos indeseables sobre el fraguado” (Rivva , 2000, p.270).

Curado.

“Es el conjunto de procedimientos destinados a preservar las condiciones que favorecen la lenta hidratación del cemento, ya sea conservando la humedad en el interior del concreto, aportando humedad o protegiéndolo de temperaturas extremas” (Gutiérrez, 2003, p.85).

Cemento portland.

Es el resultado final de la molienda de clinker portland con una eventual adición de sulfato cálcico. Se pueden añadir productos adicionales siempre que no supongan más del 1% del peso total y de la mano con la norma aplicable, la cual considere que su presencia no tiene ningún impacto en las cualidades del cemento resultante. El clinker y los productos adicionales, si ubiese, deben molerse juntos (Rivva , 2000, p.30).

Concreto.

“Es una mezcla que contiene, cemento portland, los agregados finos, los agregados gruesos, el aire y el agua, que, cuando se combinan en las cantidades óptimas, adquieren ciertas propiedades buscadas, en particular la resistencia” (Abanto, 2009, p. 11).

Diseño de mezcla.

“Esencialmente, es la aplicación de técnicas y de prácticas del conocimiento científico sobre sus partes constituyentes y cómo interactúan para producir un producto final que satisfaga de la forma más eficaz las exigencias particulares del proyecto en construcción” (Pasquel, 1998,p.171).

Durabilidad.

“El comité ACI - 201 define a la durabilidad del concreto hidráulico como su resistencia a procesos de deterioro como podran ser, la intemperie, el ataque químico, la abrasión y otros” (Sánchez, 2001, p.149)

Endurecimiento.

“El endurecimiento lo podemos definir como el desarrollo lento de la resistencia” (Abanto, 2009, p. 17)

Peso Específico.

Es el peso del cemento por cada unidad de volumen, la cual se puede expresar en gr/cm^3 . Lo podemos determinar en laboratorio de la siguiente manera: ensayo del Frasco de Le Chatelier (NTP 334.005)

“Importante: es usado en los cálculos del diseño de mezcla, Estos valores de los pesos específicos de cemento Pórtland oscilan aproximadamente en 3.15” (Torre, 2004, p. 12).

Proceso de Fraguado.

El fraguado es la pérdida de fluidez de la pasta de cemento, cuando esta pasa por dos etapas:

(a) fraguado inicial, cuando la masa empieza a perder su plasticidad.

(b) fraguado final, cuando deja de ser deformable y se solidifica formando un bloque rígido

(Abanto, 2009, p. 17).

Resistencia.

La resistencia es la mayor tensión que puede soportar el concreto sin agrietarse. La calidad del concreto se mide mediante la resistencia a la compresión. A la flexión se emplea con frecuencia en los pavimentos. No se utiliza la resistencia cortante (Rivva , 2000, p.232).

Trabajabilidad.

La trabajabilidad se describe como la facilidad con la que una cantidad especificada de materiales puede combinarse y dar forma al concreto, que luego puede manipularse, transportarse e instalarse en las condiciones especificadas de la obra con un mínimo de mano de obra y un máximo de homogeneidad (Rivva , 2000, p.205).

CAPITULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. Hipótesis

3.1.1. *Hipótesis general*

Existen diferencias significativas en la resistencia a compresión del concreto $f'c = 210$ kg/cm², elaborados con aditivo superplastificante y diferentes cementos portland, en la ciudad de Abancay.

3.1.2. *Hipótesis específica*

- a) La marca y tipo de cemento portland influye significativamente en la resistencia a compresión del concreto $f'c = 210$ kg/cm², elaborados con aditivo superplastificante y diferentes cementos portland, en la ciudad de Abancay.
- b) La dosificación de un aditivo superplastificante influye significativamente en la resistencia a compresión del concreto $f'c = 210$ kg/cm² elaborados con diferentes cementos portland, en la ciudad de Abancay.

3.2. Método

Según Hernández et al. (2014), se basa en el método hipotético deductivo, que establece teorías y preguntas iniciales de investigación a partir de las cuales se elaboran hipótesis. Estas se examinan utilizando metodologías de estudio adecuadas. Recoge datos sobre factores en un entorno específico, analiza los datos y extrae conclusiones. Si los resultados apoyan la hipótesis, se desarrolla la confianza en la teoría; si no, se refuta y se abandona en favor de otras alternativas. Emplea estadísticas, encuestas, experimentos, tendencias y recopilación de datos, además de mediciones y recuentos numéricos.

3.3. Tipo de investigación

Esta investigación es aplicada, Pimienta y Orden (2017, como citó Sanchez, 2022) donde indica “La investigación aplicada tiene como objetivo principal la búsqueda y consolidación del saber, así como la aplicación de conocimientos cultural y científico, y la producción de tecnología al servicio de la sociedad” (pág. 9).

A través de esta investigación proponemos la aplicación y uso del aditivo superplastificante en la elaboración de un concreto en las diferentes construcciones de edificaciones en la ciudad de Abancay.

3.4. Nivel o alcance de la investigación

El nivel manejado en esta investigación es Explicativa, Correlacional-Causal, (Hernandez et al, 2014):

Los estudios explicativos tratan de explicar las razones de los acontecimientos y fenómenos físicos o sociales. Van más allá de la descripción de conceptos, fenómenos o del desarrollo de vínculos entre conceptos. Tal como su nombre, su interés se centra en ofrecer una explicación de por qué se produce un acontecimiento, cómo se presenta o cómo se relacionan dos o más variables.

Este estudio de investigación adopta un enfoque cuantitativo, ya que examina, evalúa e interpreta los resultados encontrados en los ensayos recogidos a distintas edades del concreto fresco como también endurecido.

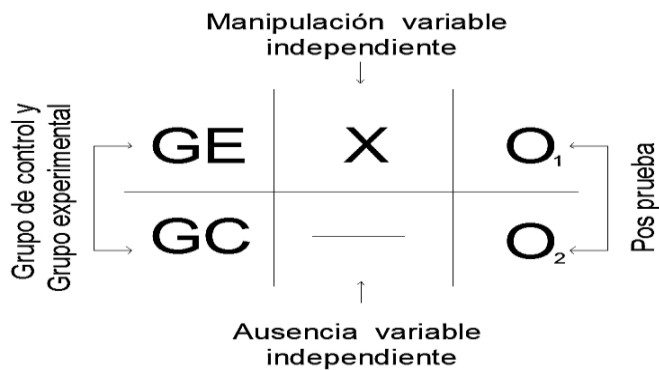
3.5. Diseño de investigación

El diseño elegido para este trabajo de investigación, es el diseño experimental con post prueba únicamente y un grupo que servirá de control, en el que se incluye dos grupos de trabajo: uno recibe el tratamiento experimental, mientras que el otro no (grupo de control). Es decir, la manipulación de la variable independiente alcanza solo dos niveles: presencia y ausencia. Cuando concluye la manipulación, a ambos grupos se le administra una medición sobre la variable dependiente de estudio (Hernández et al. 2010,p.127).

Figura

11

Esquema del diseño experimental con posprueba únicamente y grupo de control.



Nota: Se puede apreciar el manejo de las variables con respecto al diseño de investigación.

GE: Grupo experimental

GC: Grupo de control

O₁: Posprueba al grupo experimental.

O₂: Posprueba al grupo de control.

3.6.Operacionalización de variables

Tabla 16

Matriz de operacionalización de variables.

Variable	Definición científica	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores
<p><u>Dependiente</u></p> <p>Resistencia del concreto</p>	<p>“La resistencia es el máximo esfuerzo que puede ser soportado por el concreto endurecido sin romperse” (Rivva , 2000, p.232)</p>	<p>“Se mide rompiendo probetas cilíndricas de concreto en la máquina de ensayos de compresión, el valor de la resistencia a la compresión, se calcula a partir de la carga de rotura dividida entre el área de la sección que resiste a la carga.” (Abanto Castillo, 2017). Esta medida se expresará en kg/cm².</p>	<p>Marca y tipo de cemento.</p>	<p>* Yura * Sol * Apu * Tipo I * Tipo GU *El peso específico (gr/cm³)</p>
<p><u>Independiente</u></p> <p>Aditivo superplastificante</p>	<p>“Conocidos como aditivos reductores de agua de alto rango, que tienen por finalidad reducir en forma importante el contenido de agua del concreto, manteniendo una consistencia dada y sin producir efectos indeseables sobre el fraguado.” (Rivva , 2000, p.270)</p>	<p>Adición del aditivo superplastificante en la mezcla del concreto f'c=210 kg/cm² como parte componente de esta que se expresará el ml y porcentajes.</p>	<p>Dosificación de aditivo superplastificante.</p>	<p>*Peso *Porcentajes. * ml</p>

Nota: Se observa la matriz de elaboración propia, de acuerdo a los términos de la investigación.

3.7.Población, muestra y muestreo.

3.7.1. Población

De acuerdo a Lepkowski, (2008b, como se citó en Hernández et al. 2010), “La población es un conjunto de casos que concuerdan con una serie de especificaciones”(p.174).

La población para esta investigación fue el concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ elaborado con aditivo superplastificante y diferentes marcas de cemento.

3.7.2. Muestra.

De acuerdo a Hernández et al. (2010):

“La muestra, que se utilizará para recopilar datos, es un subconjunto de la población en interés que debe estar definido con precisión, delimitado y ser representativo de la población”(p.173).

Para este estudio la muestra fue la cantidad de probetas de concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ que fueron analizados a los 7,14 y 28 días las cuales se realizaron en un laboratorio de concreto, las cuales están normadas con un mínimo número de probetas para poder tener los resultados que se buscan, seguidamente detallamos el número de probetas para el concreto patrón como también para el concreto con aditivo con las diferentes marcas de cemento portland que se usaron y que darán soporte a nuestro estudio.

3.7.3. Muestreo.

De acuerdo la NTP 339.183 la cual indica que para realizar pruebas de resistencia a compresión deberá ser usualmente de tres a más muestras, por lo que, en relación con la norma, se consideró tomar tres muestras de concreto para las diferentes edades estudiadas.

Tabla 17*Población y muestra del estudio.*

Método diseño de mezclas.	Concreto	Marcas de cemento	Cantidad de probetas elaboradas			Sub total	Total
			7 días	14 días	28 días		
ACI – 211	Sin aditivo (Patrón)	YURA	3	3	3	9	27
		SOL	3	3	3	9	
		APU	3	3	3	9	
	Con aditivo Superplastificante (400ml)	YURA	3	3	3	9	27
		SOL	3	3	3	9	
		APU	3	3	3	9	
TOTAL						54	

Nota: Podemos apreciar el número de probetas manejadas para nuestra población y muestra.

3.8. Técnicas e instrumentos.

Técnicas:

- Observación.
- Aplicación de fichas técnicas.

Instrumentos:

- Ficha de observación o protocolos
- Ficha textual.
- Fotografías
- Ficha bibliográfica.
- Fichas técnicas y de laboratorio de acuerdo a normatividad.

3.9. Consideraciones éticas

La presente tesis es en su totalidad de autoría legítima, todas las fuentes registradas fueron correctamente referenciadas según la norma APA 7ma edición, así como los datos fueron detallados de acuerdo a la obtención de las mismas en el área de estudio. Se analizó y procesó en el software del Turnitin, certificando la confidencialidad y privacidad de la investigación, como autoría propia del tesista. De la misma forma, el autor se compromete con la responsabilidad de la veracidad y autenticidad de los resultados obtenidos, confiándose del procesamiento de los datos con los diferentes softwares que se tienen en el mercado. La tesis se centra en varios aspectos éticos, en el cual los resultados son reales, sin ser manipulados o alterados, los cuales pueden ser tomados como antecedentes, el marco teórico fue recogido de varios libros, tesis y normas correctamente citadas de las cuales su autoría fue respetada. Los datos de esta investigación son de confianza por el investigador.

3.10. Procesamiento de estadísticos

El análisis y procesamiento de datos muestrales se realizaron con procedimientos estadísticos y probabilidades con bibliografía adecuada y debidamente sustentada.

La toma de decisiones del trabajo de investigación se realizó mediante hojas de cálculo, para lo cual se utilizó la herramienta Office: Microsoft Excel, cuyos formatos contienen la información adecuada para el procesamiento de datos que se tuvo en esta investigación mediante gráficos de barras o histogramas, gráficos de líneas y gráficos de dispersión, también con la ayuda de Office se pudo obtener los indicadores de la presente investigación.

3.10.1. Análisis Estadístico

Un análisis estadístico es de crucial relevancia en la evaluación de resultados que se obtienen en una investigación. La fiabilidad de los datos obtenidos en las pruebas puede confirmarse gracias al análisis estadístico, que también nos permitió evaluar los resultados basándonos en parámetros estadísticos.

Basándonos en recomendaciones realizadas por el comité ACI - 214 (2011) Guide to Evaluation of Strength Test Results of Concrete, los datos fueron analizados estadísticamente. En este trabajo se establece el proceso de regulación de resultados y para ello analizamos la desviación estándar y también su coeficiente de variación. Los valores de desviación estándar para diferentes grados de control en un concreto con $f'c$ inferior a 34,5 MPa (aprox. 350 kg/cm²) se muestran en la Tabla 18.

Tabla 18

Valores de control para un concreto con resistencia $f'c \leq 34.5$ MPa (aprox. 350 kg/cm²).

DISPERSIÓN TOTAL					
Clase de operación	Desviación estándar en diferentes niveles grados de control				
	Excelente	Muy bueno	Bueno	Suficiente	Deficiente
Concreto en obra	< 28.6	28.6 a 34.7	34.7 a 41.8	41.8 a 48.9	> 48.9
Concreto en Laboratorio	< 14.3	14.3 a 17.3	17.3 a 21.4	21.4 a 24.5	> 24.5
DISPERSIONES ENTRE TESTIGOS					
Clase de operación	Coefficiente de variación en porcentajes				
	Excelente	Muy bueno	Bueno	Suficiente	Deficiente
Concreto en obra	< 3	3 a 4	4 a 5	5 a 6	> 6
Concreto en Laboratorio	< 2	2 a 3	3 a 4	4 a 5	> 5

Nota: El ACI-214R (2011) indica estos valores para realizar el control respectivo para un concreto.

Fórmulas matemáticas estadísticas (ACI-214R) que permitieron el análisis de datos.

a) Media o Promedios (u)

Es la resistencia promedio de todas las pruebas individuales.

Según la ecuación siguiente, una prueba es la resistencia media de todas las probetas de la misma edad fabricadas a partir de una muestra obtenida de una única mezcla de concreto:

$$u = \frac{X_1 + X_2 + X_3 + \dots + X_n}{n}$$

Dónde:

- X_1, X_2, \dots, X_n (Son pruebas individuales de resistencia)
- n (total de pruebas realizadas)

b) La desviación estándar (σ)

Es la raíz cuadrada de la media de la suma de las desviaciones de las resistencias respecto a la resistencia media elevadas al cuadrado, dividida por el total datos disminuido en uno, este es el indicador de dispersión más utilizado:

$$\sigma = \sqrt{\frac{(X_1 - u)^2 + (X_2 - u)^2 + (X_3 - u)^2 \dots \dots (X_n - u)^2}{n - 1}}$$

c) El coeficiente de variación (V)

El coeficiente de variación es la desviación estándar y se da a conocer en porcentajes de su resistencia media.

$$V = \left(\frac{\sigma}{u}\right) 100$$

Donde:

σ = Desviación estándar

u = *media o promedio de datos*

3.10.2. Método para la prueba de hipótesis

La estadística inferencial debe utilizarse para hacer inferencias sobre una población. Estas estadísticas nos permiten inferir sobre las características de una población empleando procedimientos como la comprobación de hipótesis y la estimación de parámetros y estimadores como, la media, la mediana, desviación estándar y técnicas de cálculo (Leandro, 2015, p. 38).

El término "prueba de hipótesis" se refiere a todo el proceso de toma de decisiones respecto a una hipótesis. En estadística, una hipótesis la propone el que investiga tomando como base parámetros, pudiendo ser una a más y que permitan aceptarla o rechazarla con respecto a un único número (estimador puntual) (Leandro, 2015, p. 38).

La veracidad o falsedad de una hipótesis estadística no puede conocerse con plena confianza porque ello implicaría estudiar una población entera. Con fines prácticos se eligen muestras aleatorias de una población de interés y la información de la muestra se utiliza para apoyar o refutar la hipótesis. La hipótesis se acepta si es compatible la evidencia de la muestra con las hipótesis y se rechazarán si los datos contradicen la hipótesis (Morales, 2012, p. 150).

Las pruebas del concreto se tratan como si se ajustaran a un modelo de distribución con una curva que se asemeja a una distribución de frecuencias.

A continuación, se describe el procedimiento que se realiza para la prueba de la hipótesis sobre un parámetro dado "u", Leandro (2015) indica lo siguiente:

Se identifica los parámetros que serán de interés:

Podemos mencionar, que este parámetro puede ser la media "u" de la población, dependiendo de los parámetros utilizados para evaluar la hipótesis.

En este estudio nos interesa el parámetro de la resistencia media de compresión, abreviada “u”, para los grupos de concreto que serán estudiados.

Se establece una hipótesis que será nula (H_0):

Una hipótesis nula se formula como una igualdad ($u_1 = u_2$) y no contiene posibilidades de cambio. Se basa en un único valor preciso del parámetro poblacional.

Se especificará una hipótesis alternativa que será apropiada (H_a):

Estas hipótesis alternativas son dos, una bilateral, que se emplea si la conclusión deseada no deja lugar a interpretaciones, en cuyo caso la respuesta será "no es igual a". La segunda, o hipótesis unilateral, la cual se usó en esta investigación y se emplea si las proposiciones deben responderse con "mayores que", "menores que", etc.

- Si $H_a: (u_1 > u_2)$

La región crítica estará en la cola superior de la distribución normal de la estadística de prueba.

- Si $H_a: (u_1 < u_2)$

La región crítica estará en la cola inferior de la distribución normal de la estadística de prueba.

- Si $H_a: (u_1 = u_2)$

La región crítica estará tanto en la cola inferior como en la superior de la distribución normal de la estadística de prueba.

En esta oportunidad se asumió $H_a: (u_1 = u_2)$ para las necesidades de la investigación.

Seleccionar la significancia de los niveles ($\alpha = 0.05; 0.01$ ó 0.10):

La significancia de niveles que se pueden recomendar son:

- Cuando se tiene un 90% de certeza en la probabilidad, entonces $\alpha = 0.10$

- Cuando se tiene un 95% de certeza en la probabilidad, entonces $\alpha = 0.05$
- Cuando se tiene un 99% de certeza en la probabilidad, entonces $\alpha = 0.01$

Las tablas estadísticas muestran que el nivel de significación más común para el análisis de los valores de resistencia del concreto es 0,05.

Estadísticos de prueba – Distribuciones “T” de Student:

Se la utiliza para encontrar variaciones estadísticamente significativas entre las medias de dos grupos de datos para una determinada variable cuantitativa.

Requisitos:

- Datos distribuidos entre cada grupo mediante una distribución normal.
- Las muestras son independientes y también menores a 30.

Forma de calcularla:

Una distribución t-student con: $n_1 + n_2 - 2$ grados de libertad tiene el siguiente estadístico de prueba:

$$Sp = \sqrt{\frac{(n_1 - 1) \cdot \sigma_1^2 + (n_2 - 1) \cdot \sigma_2^2}{n_1 + n_2 - 2}}$$

$$tp = \frac{u_1 - u_2}{Sp \cdot \sqrt{\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2}}}$$

Donde:

$n_1; n_2$: Son los tamaños de las muestras 1 y 2 respectivamente.

$u_1; u_2$: Son los promedios de la primera y segunda muestra respectivamente.

$\sigma_1^2; \sigma_2^2$: Son las varianzas muestrales.

A continuación, se evalúa la significación del estadístico t_p , extraído de las tablas pertinentes, contrastando su valor con el de dicho estadístico t (tabla).

Deben tenerse en cuenta para determinar cuál nos corresponde, el nivel de significancia (α) con el cual se podrá rechazar la hipótesis nula planteada, el número de colas con la que cuenta nuestra hipótesis (1 ó 2), finalmente los grados de libertad de la prueba, $gl = (n_1 + n_2 - 2)$

Figura 12

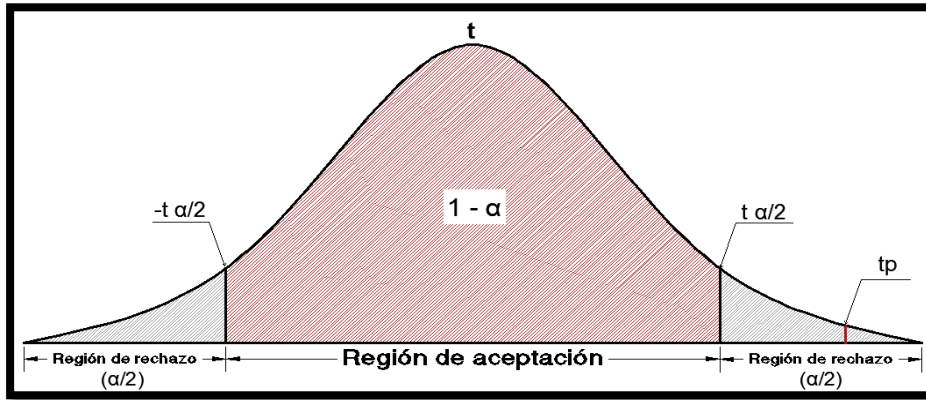
Tabla de valores para la distribución “t” Student

	$\alpha/2$												
	0,0005	0,001	0,005	0,01	0,025	0,05	0,1	0,2	0,25	0,3	0,4	0,45	0,475
1	636,619	318,309	63,657	31,821	12,706	6,314	3,078	1,376	1,000	0,727	0,325	0,158	0,079
2	31,599	22,327	9,925	6,965	4,303	2,920	1,886	1,061	0,816	0,617	0,289	0,142	0,071
3	12,924	10,215	5,841	4,541	3,182	2,353	1,638	0,978	0,765	0,584	0,277	0,137	0,068
4	8,610	7,173	4,604	3,747	2,776	2,132	1,533	0,941	0,741	0,569	0,271	0,134	0,067
5	6,869	5,893	4,032	3,365	2,571	2,015	1,476	0,920	0,727	0,559	0,267	0,132	0,066
6	5,959	5,208	3,707	3,143	2,447	1,943	1,440	0,906	0,718	0,553	0,265	0,131	0,065
7	5,408	4,785	3,499	2,998	2,365	1,895	1,415	0,896	0,711	0,549	0,263	0,130	0,065
8	5,041	4,501	3,355	2,896	2,306	1,860	1,397	0,889	0,706	0,546	0,262	0,130	0,065
9	4,781	4,297	3,250	2,821	2,262	1,833	1,383	0,883	0,703	0,543	0,261	0,129	0,064
10	4,587	4,144	3,169	2,764	2,228	1,812	1,372	0,879	0,700	0,542	0,260	0,129	0,064
11	4,437	4,025	3,106	2,718	2,201	1,796	1,363	0,876	0,697	0,540	0,260	0,129	0,064
12	4,318	3,930	3,055	2,681	2,179	1,782	1,356	0,873	0,695	0,539	0,259	0,128	0,064
13	4,221	3,852	3,012	2,650	2,160	1,771	1,350	0,870	0,694	0,538	0,259	0,128	0,064
14	4,140	3,787	2,977	2,624	2,145	1,761	1,345	0,868	0,692	0,537	0,258	0,128	0,064
15	4,073	3,733	2,947	2,602	2,131	1,753	1,341	0,866	0,691	0,536	0,258	0,128	0,064
16	4,015	3,686	2,921	2,583	2,120	1,746	1,337	0,865	0,690	0,535	0,258	0,128	0,064
17	3,965	3,646	2,898	2,567	2,110	1,740	1,333	0,863	0,689	0,534	0,257	0,128	0,064
18	3,922	3,610	2,878	2,552	2,101	1,734	1,330	0,862	0,688	0,534	0,257	0,127	0,064
19	3,883	3,579	2,861	2,539	2,093	1,729	1,328	0,861	0,688	0,533	0,257	0,127	0,064
20	3,850	3,552	2,845	2,528	2,086	1,725	1,325	0,860	0,687	0,533	0,257	0,127	0,063
21	3,819	3,527	2,831	2,518	2,080	1,721	1,323	0,859	0,686	0,532	0,257	0,127	0,063
22	3,792	3,505	2,819	2,508	2,074	1,717	1,321	0,858	0,686	0,532	0,256	0,127	0,063
23	3,768	3,485	2,807	2,500	2,069	1,714	1,319	0,858	0,685	0,532	0,256	0,127	0,063
24	3,745	3,467	2,797	2,492	2,064	1,711	1,318	0,857	0,685	0,531	0,256	0,127	0,063
25	3,725	3,450	2,787	2,485	2,060	1,708	1,316	0,856	0,684	0,531	0,256	0,127	0,063
26	3,707	3,435	2,779	2,479	2,056	1,706	1,315	0,856	0,684	0,531	0,256	0,127	0,063
27	3,690	3,421	2,771	2,473	2,052	1,703	1,314	0,855	0,684	0,531	0,256	0,127	0,063
28	3,674	3,408	2,763	2,467	2,048	1,701	1,313	0,855	0,683	0,530	0,256	0,127	0,063
29	3,659	3,396	2,756	2,462	2,045	1,699	1,311	0,854	0,683	0,530	0,256	0,127	0,063
30	3,646	3,385	2,750	2,457	2,042	1,697	1,310	0,854	0,683	0,530	0,256	0,127	0,063
31	3,633	3,375	2,744	2,453	2,040	1,696	1,309	0,853	0,682	0,530	0,256	0,127	0,063
32	3,622	3,365	2,738	2,449	2,037	1,694	1,309	0,853	0,682	0,530	0,255	0,127	0,063
33	3,611	3,356	2,733	2,445	2,035	1,692	1,308	0,853	0,682	0,530	0,255	0,127	0,063
34	3,601	3,348	2,728	2,441	2,032	1,691	1,307	0,852	0,682	0,529	0,255	0,127	0,063
35	3,591	3,340	2,724	2,438	2,030	1,690	1,306	0,852	0,682	0,529	0,255	0,127	0,063
α	0,001	0,002	0,01	0,02	0,05	0,1	0,2	0,4	0,5	0,6	0,8	0,9	0,95

Nota: Valores para los cálculos de la región crítica en la distribución “t”, extraído de Martínez (2012)

Figura 13

Diagrama bilateral de distribución "t" Student.



Nota: Se visualiza las zonas (región) donde se aceptan o rechazan y que establece la distribución "t" para pruebas bilaterales para un nivel de significación del 5%, en una campana de Gauss que permite aplicar la prueba t – Student.

La región crítica t_t se calculará mediante los valores de la figura N°12.

Para lo cual necesitamos

$$gl = (n_1 + n_2 - 2) \text{ grados de libertad.}$$

Donde,

n_1 = corresponde a las muestras del grupo 1.

n_2 = corresponde a las muestras del grupo 2.

α = nivel de significación

Adoptar una decisión

Se toma la decisión de, si se acepta o se rechaza la hipótesis nula en función de los resultados de los cálculos estadísticos y del nivel de significancia elegido para la región crítica.

Si $t_p \geq t_{(tabla)} \Rightarrow H_0$ será rechazado y H_1 será aceptado.

Si $t_p < t_{(tabla)} \Rightarrow H_0$ será aceptado y H_1 será rechazado (pp. 40-42).

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Resultados

Para dar con los resultados encontrados en este trabajo de investigación primeramente mencionaremos la manera de obtención y procesamiento de los datos.

4.1.1 Evaluación de mercado acerca de la venta de cemento portland en sus diferentes marcas.

Para poder realizar el estudio primeramente se elaboró una ficha de observación acerca de las ventas de cemento portland (ver ANEXO B) en las ferreterías más concurridas, centros mayoristas de venta de cemento que abastecen a la localidad y también en plantas de producción de concreto de la ciudad de Abancay, ya que estos realizan compras directamente a la empresa productora de cemento, en donde se pudo averiguar que las marcas de cemento portland con mayor demanda en la ciudad Abancay son las marcas YURA, SOL y APU, además de ello, dicha información también la podemos corroborar con los datos emitidos por el INEI, con ello se puede afirmar que los concretos elaborados para las construcciones en la ciudad de Abancay son con estas tres marcas de cemento portland.

Tabla 19

Venta de cemento portland según la marca y tipo en Apurímac.

Departamento	Total	Unión Andina de Cementos	Cementos Pacasmayo	Yura	Cementos Selva	Caliza Cemento Inca	Otros 1/
2020	10 059 248	4 418 544	2 310 989	1 925 890	263,417	375 493	764 915
Amazonas	90 098	-	78 950	-	4 760	4 515	1 874
Áncash	359 450	139 276	171 496	-	-	16 154	32 524
Apurímac	259 749	160 917	-	93 504	-	3 703	1 625
Arequipa	591 802	9	-	588 301	-	1 778	1 714
Ayacucho	313 199	264 685	-	17 181	-	8 303	23 030
Cajamarca	380 369	-	361 368	-	-	10 346	8 656

Departamento	Total	Unión Andina de Cementos	Cementos Pacasmayo	Yura	Cementos Selva	Caliza Cemento Inca	Otros 1/
Cusco	371 114	20 297	-	346 520	-	3 167	1 130
Huancavelica	52 160	40 855	-	-	-	5 581	5 723
Huánuco	235 394	160 279	-	-	-	7 913	67 203
Ica	541 714	388 499	-	46 266	-	23 536	83 412
Junín	577 623	545 217	-	-	-	7 505	24 901
La Libertad	720 108	-	647 323	-	-	53 004	19 781
Lambayeque	494 043	-	440 333	-	-	16 052	37 659
Lima	2 948 930	2 423 831	-	-	-	88 961	436 138
Loreto	147 730	56 029	524	-	67 362	22 813	1 002
Madre de Dios	34 146	-	-	34 146	-	-	-
Moquegua	133 903	-	-	133 903	-	-	-
Pasco	118 125	96 249	-	-	-	11 099	10 776
Piura	558 899	1 634	540 652	-	-	15 736	877
Puno	538 494	60	-	538 434	-	-	-
San Martín	267 461	32 161	10 882	-	191 295	29 364	3 760
Tacna	127 635	-	-	127 635	-	-	-
Tumbes	63 779	-	59 462	-	-	4 317	-
Ucayali	133 323	88 546	-	-	-	41 646	3 131

Nota: Información extraída del INEI 2021.

Figura 14

Sondeo de venta de cemento en ferreterías y concreteras de Abancay



Nota: Visita a diferentes centros comerciales y ferreterías (foto izquierda), visita a concretera Quispe (foto derecha), se pudo verificar el uso y venta de las diferentes marcas de cemento Yura, Sol y Apu.

4.1.2 Evaluación y selección del aditivo superplastificante usado en la elaboración del concreto.

Se tuvo que realizar un estudio de mercado de la misma manera como se realizó para determinar las marcas más usadas de los cementos portland, recurrimos a las ferreterías más concurridas de la ciudad de Abancay (ver ANEXO B), en la cual, se pudo determinar que existen diferentes marcas de aditivo superplastificante como son: Chema, Sika, Ulmen W-84 (pedido), Ecoplast WG-8000 (pedido) y de los cuales se pudo apreciar que la marca más comercial es Sika con su producto Sika®cemplastificante para un aditivo superplastificante.

Figura 15

Sondeo de uso y venta de aditivo superplastificante.



Nota: Uso de aditivos superplastificante en el concreto preparado insitu (foto izquierda), visita a la concretera Quispe (foto derecha – WG - 8000).

4.1.3 Evaluación y selección de los agregados usados en la elaboración de la mezcla de los concretos.

Para el estudio se usó agregados de la cantera Murillo, ubicada por el sector de Pachachaca con coordenadas 13°40'02"S y 72°55'59"O, por ser un agregado que se encuentra dentro

de los estándares exigidos para la elaboración de concreto, además de ello, contamos con estudios de investigación en la localidad, en donde se usa los agregados del sector de Pachachaca y dan sugerencia para poder elegir una cantera de dónde se tendrá un agregado adecuado para el estudio tal como se menciona, por ejemplo:

“El agregado fino y grueso de las canteras de Pachachaca-Abancay influyen significativamente en las propiedades mecánicas del concreto” (Ferrel y Moreano,2019,p.202).

Figura 16

Ubicación de la cantera MURILLO en la zona de Pachachaca.



Nota: Se puede apreciar una vista panorámica de la ubicación de la cantera, vista en google earth pro.

También, se tiene la certeza de que una empresa de concreto premezclado usa los agregados de esta cantera para la producción de concreto, además de que muchas obras de la ciudad de Abancay trabajan con dichos agregados en la elaboración de sus concretos y también la cantera cuenta con estudios de cantera (ver anexo E), con la que se respalda una calidad adecuada y que garantiza los resultados de nuestra investigación.

Figura 17

Obtención de agregados finos y agregados gruesos.



Nota: Visita a la cantera MURILLO ubicado en Pachachaca de la cual se obtuvieron agregados para el concreto.

4.1.4 Determinación de las propiedades físicas y mecánicas de los agregados del concreto.

4.1.4.1 Análisis granulométrico y tamizado del agregado fino.

La NTP 400.012 y ASTM C-136, brinda la parte procedimental para poder clasificar un agregado fino de acuerdo a los parámetros exigidos, el cual se muestra en la siguiente figura.

Figura 18

Análisis de granulometría en el agregado fino



Nota: Obtención de los valores reales de la granulometría en el agregado fino.

Resultados y curva granulométrica del agregado fino.

Tabla 20

Análisis granulométrico del agregado fino.

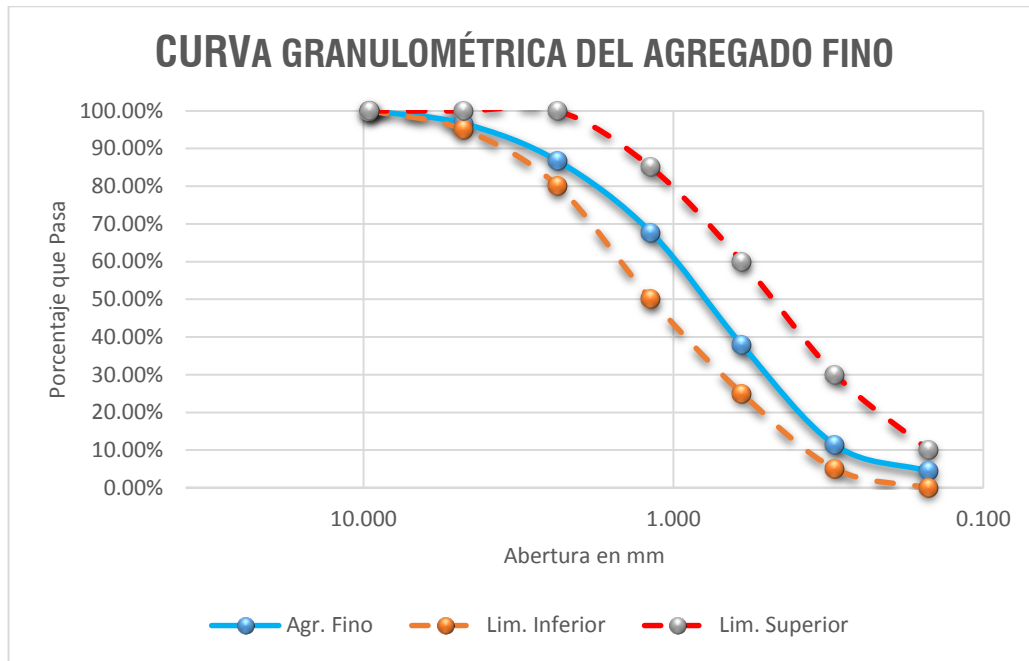
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR LAVADO Y TAMIZADO									
Muestra inicial	796.0 gr	Muestra lavada y secada			778.0	Peso Recipiente	0.0 gr	HUSO	
TAMIZ (Pulg.)	TAMIZ (mm)	PESO RET. (gr.)	PESO CORR. (gr.)	%RET.	%RETENIDO ACUMULADO	%PASA	LIMITE INFERIOR	LIMITE SUPERIOR	
3/8"	9.500	0.0	0.00	0.00%	0.00%	100.00%	100%	100%	
Nº 4	4.750	27.0	27.00	3.39%	3.39%	96.61%	95%	100%	
Nº 8	2.360	79.0	79.00	9.92%	13.32%	86.68%	80%	100%	
Nº 16	1.180	151.0	151.00	18.97%	32.29%	67.71%	50%	85%	
Nº 30	0.600	238.0	238.00	29.90%	62.19%	37.81%	25%	60%	
Nº 50	0.300	211.0	211.00	26.51%	88.69%	11.31%	5%	30%	
Nº 100	0.150	55.0	55.00	6.91%	95.60%	4.40%	0%	10%	
Nº 200	0.075	15.0	15.00	1.88%	97.49%	2.51%			
Cazuela		2.0	20.00	2.51%	100.00%				
TOTAL		778.0	796.0	100%					

Nota: Resultados obtenidos por el equipo de trabajo en laboratorio.

El módulo de fineza es 2.95

Figura 19

Curva granulométrica del agregado fino.



Nota: Comportamiento de las curvas granulométricas.

Análisis de resultados: La curva granulométrica del agregado fino, muestra que se cumple los requisitos exigidos por la norma NTP 400.037.

El módulo de fineza fue de 2,95 y se encuentra dentro de los límites exigidos, ya que, la norma específica que debe oscilar de 2,3 a 3,1.

4.1.4.2. Tamizado y análisis granulométrico del agregado grueso.

El proceso para clasificar el agregado grueso de acuerdo a las especificaciones necesarias está previsto por la NTP 400.012 y la ASTM C-136, y se representa en la figura siguiente.

Figura 20

Análisis granulométrico y tamizado del agregado grueso.



Nota: Obtención de valores reales en el análisis granulométrico y tamizado del agregado grueso.

Resultados y curva granulométrica del agregado grueso

Tabla 21

Análisis granulométrico del agregado grueso.

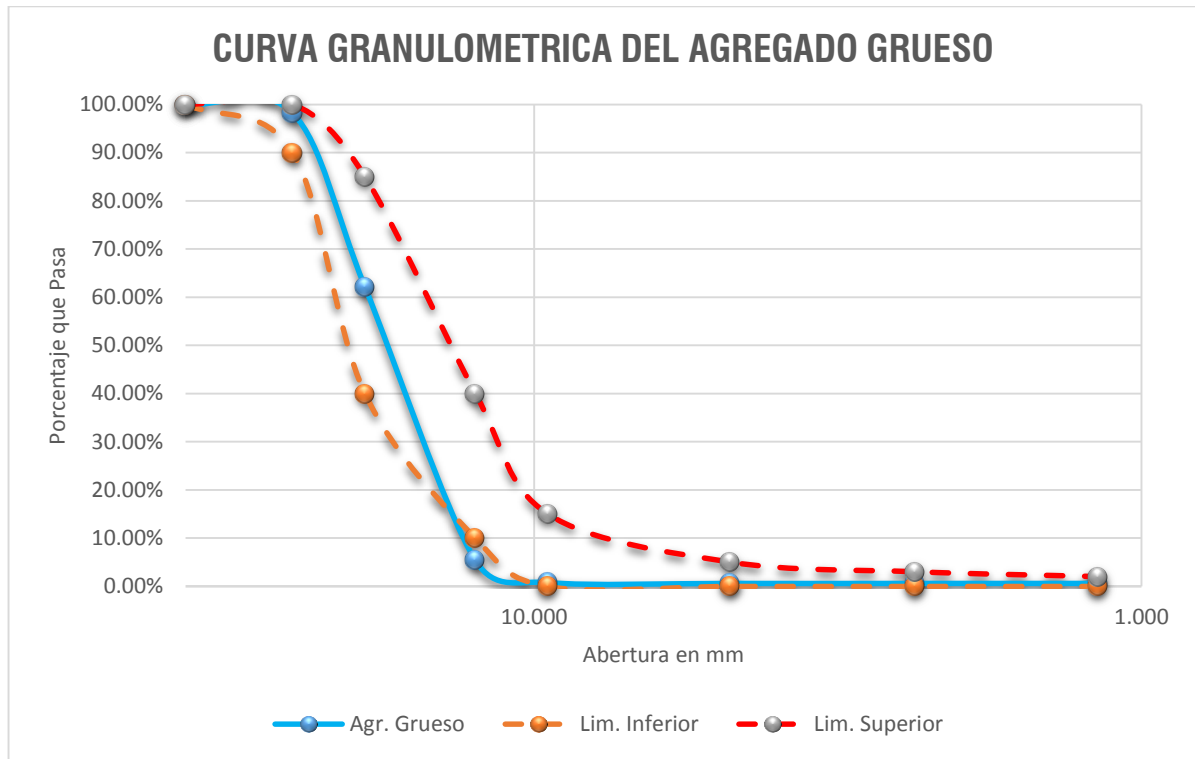
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR LAVADO Y TAMIZADO								
Muestra inicial	2636.0 gr	Muestra lavada y secada	2620.0	Peso Recipiente	0.0 gr	HUSO	56	
TAMIZ (Pulg.)	TAMIZ (mm)	PESO RET. (gr.)	PESO CORR. (gr.)	%RET.	%RETENIDO ACUMULADO	%PASA	LIMITE INFERIOR	LIMITE SUPERIOR
1 1/2	37.500	0.0	0.00	0.00%	0.00%	100.00%	100%	100%
1	25.000	48.0	48.00	1.82%	1.82%	98.18%	90%	100%
3/4	19.000	951.0	951.00	36.08%	37.90%	62.10%	40%	85%
1/2	12.500	1495.0	1495.00	56.71%	94.61%	5.39%	10%	40%
3/8	9.500	121.0	121.00	4.59%	99.20%	0.80%	0%	15%
Nº 4	4.750	5.0	5.00	0.19%	99.39%	0.61%	0%	5%
Nº 8	2.360	0.0	0.00	0.00%	99.39%	0.61%	0%	3%
Nº 16	1.180	0.0	0.00	0.00%	99.39%	0.61%	0%	2%
Nº 50	0.300	0.0	0.00	0.00%	99.39%	0.61%	0%	1%
Nº200	0.075	0.0	0.00	0.00%	99.39%	0.61%		
Cazuela		0.0	16.00	0.61%	100.00%			
	TOTAL	2620.0	2636.0	100%				

Nota: Resultados obtenidos por el equipo de trabajo en laboratorio.

El módulo de fineza es 7.33

Figura 21

Curva granulométrica del agregado grueso.



Nota: Comportamiento de las curvas granulométricas en el agregado grueso

Análisis de resultados: La curva granulométrica muestra que el agregado grueso cumple con las características del Huso 67, ya que se tuvo un módulo de finura de 7,33 (ver Tabla N° 3) las cuales están especificadas en la Norma NTP 400.037.

4.1.4.3.El peso unitario compactado y suelto del agregado fino

El objetivo de esta prueba es encontrar el peso unitario del agregado fino por su unidad en volumen o su densidad según lo especifica la norma NTP 400.017 y ASTM C – 29, de acuerdo a ello lo mostramos en la siguiente figura.

Figura 22

Prueba del peso unitario del agregado fino.



Nota: Compactado del agregado fino y peso unitario

Resultados:

Tabla 22

Análisis del peso unitario suelto del agregado fino.

Peso unitario suelto y vacíos del agregado fino		
Datos del ensayo	Muestra 01	Muestra 02
Peso del Molde (gr)	2008	2008
Peso del Molde + Muestra Suelta (gr)	6421	6516
Peso de la Muestra Suelta (gr)	4413	4508
Volumen del Molde (cm ³)	2831.70	2831.70
Peso Unitario Suelto (gr/cm ³)	1.558	1.592
Peso Específico (kg/m ³)	2667.573	2667.573
Peso Unitario Suelto (kg/m ³)	1558.428	1591.977
Porcentaje de Vacíos	41.58%	40.32%
Peso Unitario Suelto (kg/m ³)	1575.202	
Porcentaje de Vacíos	40.95%	

Nota: Resultados obtenidos por el equipo de trabajo en laboratorio

Tabla 23

Análisis del peso unitario compactado del agregado fino.

Peso unitario varillado y vacíos del agregado fino		
Datos del ensayo	Muestra 01	Muestra 02
Número de Capas	3	3
Número de Golpes	25	25
Peso del Molde (gr)	2008	2008
Peso del Molde + Muestra Varillada (gr)	7210	7191
Peso de la Muestra Varillada (gr)	5202	5183
Volumen del Molde (cm ³)	2831.70	2831.70
Peso Unitario Varillado (gr/cm ³)	1.837	1.830
Peso Específico (kg/m ³)	2667.573	2667.573
Peso Unitario Varillado (kg/m ³)	1837.059	1830.349
Porcentaje de Vacíos	31.13%	31.39%

Peso Unitario Suelto (kg/m ³)	1833.70
Porcentaje de Vacíos	31.26%

Nota: Resultados obtenidos por el equipo de trabajo en laboratorio.

4.1.4.4. El peso compactado y suelto del agregado grueso.

El objetivo de esta prueba es determinar el peso unitario del agregado grueso por su unidad de volumen o su densidad según lo especifica la norma NTP 400.017, de acuerdo a ello lo mostramos en la siguiente figura.

Figura 23

Prueba del peso unitario en el agregado grueso.



Nota: Compactación del agregado grueso y determinación del peso unitario.

Resultados:**Tabla 24***Análisis del peso unitario suelto del agregado grueso.*

Peso unitario suelto y vacíos del agregado grueso		
Datos del ensayo	Muestra 01	Muestra 02
Peso del Molde (gr)	4814	4814
Peso del Molde + Muestra Suelta (gr)	18757.0	19082.0
Peso de la Muestra Suelta (gr)	13943	14268
Volumen del Molde (cm ³)	9438.95	9438.95
Peso Unitario Suelto (gr/cm ³)	1.477	1.512
Peso Específico (kg/m ³)	2701.938	2701.938
Peso Unitario Suelto (kg/m ³)	1477.177	1511.609
Porcentaje de Vacíos	45.33%	44.05%
<hr/>		
Peso Unitario Suelto (kg/m ³)	1494.393	
Porcentaje de Vacíos	44.69%	

Nota: Resultados obtenidos por el equipo de trabajo en laboratorio**Tabla 25***Análisis del peso unitario compactado del agregado grueso.*

Peso unitario varillado y vacíos del agregado grueso		
Datos del ensayo	Muestra 01	Muestra 02
Número de Capas	3	3
Número de Golpes	25	25
Peso del Molde (gr)	4814	4814
Peso del Molde + Muestra Varillada (gr)	20361.0	20234.0
Peso de la Muestra Varillada (gr)	15547	15420
Volumen del Molde (cm ³)	9438.95	9438.95
Peso Unitario Varillado (gr/cm ³)	1.647	1.634
Peso Específico (kg/m ³)	2701.938	2701.938
Peso Unitario Varillado (kg/m ³)	1647.11	1633.66
Porcentaje de Vacíos	39.04%	39.54%
<hr/>		
Peso Unitario Suelto (kg/m ³)	1640.38	
Porcentaje de Vacíos	39.29%	

Nota: Resultados obtenidos por el equipo de trabajo en laboratorio.

4.1.4.5. La Gravedad específica y absorción del agregado fino.

Podemos calcular la densidad de los agregados finos, la densidad superficial seca saturada, la densidad aparente y la absorción de los áridos finos (después de 24 horas) utilizando la NTP 400.022. Usando un picnómetro, se midió la masa específica y el grado de absorción de la arena. La siguiente figura representa el proceso.

Figura 24

Prueba del peso específico y absorción del agregado fino.



Nota: Realización de la prueba de peso específico y absorción con el picnómetro realizado por el equipo de trabajo en laboratorio.

Resultados:

Tabla 26

Ensayo de gravedad específica y absorción del agregado grueso.

Gravedad específica y absorción del agregado fino (MTC e 205)	
Datos del ensayo	Muestra 01
Volumen del Picnómetro (ml)	500
Peso del Picnómetro (gr)	148.9
Peso de la Muestra Seca (gr)	490.3
Peso del Picnómetro + Agua + Muestra (gr)	953.0
Peso de la Muestra Saturada con Superficie Seca (gr)	500.0
Peso del Picnómetro + Agua (gr)	646.5

Gravedad específica y absorción del agregado fino (MTC e 205)	
Peso de la Muestra Sumergida (gr)	306.5
Peso del Agua Desplazada (gr)	183.8
Peso del Agua Absorbida (gr)	9.7
Peso Específico (gr/cm ³)	2.67
Capacidad de Absorción	1.98%

Nota: Resultados obtenidos por el equipo de trabajo en laboratorio.

4.1.4.6. Peso específico y absorción del agregado grueso.

El proceso adecuado está establecido por la NTP 400.021.

Para realizar el ensayo de peso o masa específica se deja saturar una muestra de 2,5 kilos de agregado a temperatura ambiente durante 24 ± 4 horas. Para determinar la cantidad de masa sumergida, la muestra saturada superficialmente seca se vierte en una probeta cilíndrica de 1000 ml de capacidad. A continuación, se extrae el agregado de la probeta y se coloca en un recipiente metálico para llevarlo al horno y colocarlo a una temperatura de $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ durante 24 horas. A continuación, se analiza la muestra.

Figura 25

Prueba del peso específico y absorción del agregado grueso.



Nota: Realización de la prueba de peso específico y absorción sumergida en agua

Resultados:

Tabla 27

Ensayo del peso específico y absorción del agregado grueso.

Peso específico y absorción del agregado grueso (MTC e 206)	
Datos del ensayo	Muestra 01
Peso de la canastilla sumergida (gr)	728
Peso de la Muestra Seca (gr)	2091.3
Peso de la canastilla + muestra sumergida (gr)	2061
Peso de la Muestra Saturada con Superficie Seca (gr)	2107
Peso del Agua Absorbida (gr)	15.7
Peso Específico (gr/cm ³)	2.70
Capacidad de Absorción (%)	0.75%

Nota: Resultados obtenidos por el equipo de trabajo en laboratorio

4.1.4.7. El porcentaje de humedad en el agregado fino y en el agregado grueso.

La NTP 339.185 establece una metodología para determinar los porcentajes de humedad total en las muestras de agregado. Este ensayo se realiza secando la muestra durante 24 horas con una temperatura constante de $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$. La diferencia entre el peso húmedo y el peso seco al horno se utiliza para determinar el contenido de humedad de los agregados arena (finos) y piedra (gruesos).

Figura 26

Prueba del porcentaje de humedad.



Nota: Procedimiento de prueba del porcentaje de humedad en los agregados realizados en el laboratorio.

Resultados:

Tabla 28

Prueba del contenido de humedad en el agregado fino.

Contenido de humedad del agregado fino			
Ensayo	1	2	3
Cápsula N°	1	2	3
Peso agregado húmedo + recipiente (g)	1596.00	1588.00	1622.00
Peso agregado seco + recipiente (g)	1565.00	1554.00	1596.00
Peso del agua (g)	31.00	34.00	26.00
Peso del recipiente (g)	0.00	0.00	0.00
Peso neto del suelo seco (g)	1565.00	1554.00	1596.00
% de Humedad	1.98	2.19	1.63

Nota: Resultados obtenidos por el equipo de trabajo en laboratorio

El promedio del porcentaje de humedad para nuestro estudio en el agregado fino es de: W

(%) = 1.93

Tabla 29

Prueba del contenido de humedad en el agregado grueso.

Contenido de humedad del agregado grueso			
Ensayo	1	2	3
Cápsula N°	1	2	3
Peso agregado húmedo + recipiente (g)	2636.00	2632.00	2644.00
Peso agregado seco + recipiente (g)	2622.00	2616.00	2628.00
Peso del agua (g)	14.00	16.00	16.00
Peso del recipiente (g)	0.00	0.00	0.00
Peso neto del suelo seco (g)	2622.00	2616.00	2628.00
% de Humedad	0.53	0.61	0.61

Nota: Resultados obtenidos por el equipo de trabajo en laboratorio.

El promedio del porcentaje de humedad para nuestro estudio en el agregado grueso es de:

W (%) = 0.58

4.1.4.8. El Porcentaje agregado fino y grueso pasante por la malla N° 200.

La presencia de partículas arcillosas y otras partículas que se encuentran dispersos en el agua en cantidades que sean mayores que el material fino pasante por el tamiz de 75 µm No. 200 serán perjudiciales en el concreto porque perjudican la adherencia e incrementan el contenido de agua necesaria, según la NTP 400.018, la siguiente figura ilustra el procedimiento de la prueba.

Figura 27

Prueba del porcentaje de humedad.



Nota: Identificando la cantidad en peso del agregado fino que pasa por la malla N°200.

Resultados:

Tabla 30

% de agregado fino que pasan la malla N° 200

% de fino que pasa l tamiz N° 200 del agregado fino	
Ensayo	
Cápsula N°	1
Peso de la muestra seca antes de lavado (g)	796.00
Peso de la muestra seca después de lavado (g)	778.00
Materiales que pasan el tamiz N° 200 (g)	18.00
Peso del recipiente (g)	0.00
% de materiales finos que pasan el tamiz N° 200	2.26%

Nota: Resultados obtenidos por el equipo de trabajo en laboratorio

Según los resultados, el material fino pasante por el tamiz N° 200, F (%) promedio = 2.26 %

Tabla 31

% del agregado grueso que pasa la malla N° 200.

% de fino que pasa el tamiz N° 200 del agregado grueso	
Ensayo	1
Cápsula N°	1
Peso de la muestra seca antes de lavado (g)	2636.00
Peso de la muestra seca después de lavado (g)	2620.00
Material que pasa el tamiz N° 200 (g)	16.00
Peso del recipiente (g)	0.00
% de materiales finos que pasan el tamiz N° 200	0.61%

Nota: Resultados obtenidos por el equipo de trabajo en laboratorio.

Según los resultados, el material fino pasante por el tamiz N° 200, F (%) promedio = 0.61 %

4.1.5. *Elaboración y prueba de resistencia del concreto patrón y concreto con aditivo superplastificante elaborado con diferentes marcas de cemento portland.*

4.1.5.1. *Justificación de la dosificación de aditivo superplastificante usado en los diseños de mezcla para la elaboración del concreto.*

Luego de haber realizado el estudio para determinar que marca de aditivo superplastificante para la elaboración de concreto era el más comercializado en la ciudad de Abancay, se obtuvo que la marca Sika, con su producto Sikacem[®] plastificante, fue el más encontrado, en ese entender, se planteó el uso del mismo para los fines de esta investigación.

Al verificar la ficha técnica de este producto en específico, se indica textualmente que, para usarlo como plastificante, se debe dosificar 250ml por cada bolsa de cemento de 42.5kg, y para usarlo como superplastificante, se usa hasta 500ml por cada bolsa de cemento de

42.5kg, ya que nuestra investigación trata de aditivos superplastificantes, realizamos la mezcla usando un rango $< 250; 500]$ ml de aditivo, con ello cumplimos estar dentro del rango superplástico.

Pues, elaborar la mezcla dentro de este rango cumple con ser superplástico, planteamos usar el promedio y, redondear al entero mayor, que sería 400ml de aditivo por cada bolsa de 42.5kg de cemento que equivalen a 1% aproximado, esto, con el fin de tener un número entero fácil de calibrar o medir en laboratorio, así como su empleo en campo.

Para reforzar la propuesta, se han revisado otras investigaciones, que concuerdan con usar cantidades iguales o similares al planteado para elaborar la mezcla en laboratorio y reflejar en campo.

Según las investigaciones que mencionamos como antecedentes, se toman dosificaciones que varían de acuerdo a la ficha técnica del producto.

En el siguiente cuadro se muestra algunos antecedentes de investigación mencionados que propusieron y estudiaron los concretos con el uso de aditivos superplastificantes a ciertas dosificaciones:

Tabla 32

Dosificaciones sugeridas por algunos trabajos de investigación.

Autor	Investigación	Dosificación por bls de cemento.	lugar y año
Julián Herbert, Palomino Román	Estudio comparativo en la autoconstrucción de edificaciones utilizando concreto autocompactante con la incorporación de aditivo superplastificante frente al concreto convencional realizados en la ciudad de Abancay	0.85 % , 1.125% y 1.4 %	Abancay - 2017
Bernal Díaz, Daniel	Optimización de la resistencia a compresión del concreto, elaborado con cementos tipo I y aditivos superplastificantes.	1 %	Cajamarca - 2017

Autor	Investigación	Dosificación por bls de cemento.	lugar y año
Herlin Noe Sanchez Chavez	Resistencia a la compresión del concreto $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ utilizando los aditivos Sika superplastificante Viscoflow 50 y Chema Plast con canteras de cerro y río - Cajamarca 2020.	1 %	Cajamarca - 2020

Nota: Proporciones del uso de aditivo superplastificante de acuerdo a otras investigaciones.

Partiendo de este análisis, nuestra investigación se inclina al análisis comparativo de la resistencia del concreto elaborado con aditivo superplastificante que podrán ser usados en las autoconstrucciones y para la cual, la usaremos de acuerdo a nuestra realidad problemática, usando las ventajas que nos ofrece, como por ejemplo reducir la necesidad de agua en la mezcla de hasta 30%, esto significa ahorro al constructor que produce concreto.

Con lo mencionado líneas arriba, estamos reduciendo la incertidumbre frente a qué cantidad de aditivo usar en la elaboración de la mezcla, por tanto, nuestros resultados tendrán una mayor credibilidad y consistencia.

Tabla 33

Datos técnicos del aditivo superplastificante.

Información técnica	Parámetros
Base química	Mezcla de lignosulfonatos y polímeros orgánicos.
Empaques	Envases P.E.T de 4 Lts / Baldes de 20 Lts
Apariencia / Color	Líquido marrón oscuro
Vida Útil	1 año
Densidad	1.20 +/- 0.02
Dosificación Recomendada	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Como plastificante: 250 mL x bolsa de cemento de 42.5 Kg. ▪ Como superplastificante: hasta 500 mL x bolsa de cemento de 42.5 Kg.
Reducción de agua	15 %
Condiciones de Almacenamiento	En sus envases de origen, bien cerrados y no deteriorados, en lugares frescos y secos, a temperaturas entre + 5°C y + 30°C. Protegido del

Información técnica	Parámetros
Norma	congelamiento, del calor excesivo y de la radiación solar directa. Normas ASTM C 494, tipos A y D

Nota: Se visualiza los datos técnicos de una ficha técnica del producto que sirven de base para los datos referenciales a usar.

4.1.5.2. Diseños de mezcla por el método del comité ACI 211.1

El método del ACI 211.1 propone una manera simple y usual de diseñar en la actualidad, la cual se fundamenta en la optimización de los materiales como son agregados, el agua y el cemento que son insumos definidos para la elaboración del concreto. Se realizó tres diseños de mezcla con los cementos portland de marcas Yura, Sol y Apu para la resistencia especificada $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$, para un grupo de control (Concretos patrón), considerando asentamiento de 3" - 4" y una relación a/c de 0.55 también se realizaron tres diseños de mezcla para un grupo de concreto elaborado con aditivo superplastificante con una dosificación de 400 ml de aditivo superplastificante por bolsa de cemento y una reducción de agua del 20% para cada marca de cemento Yura, Sol y Apu considerando un asentamiento de 3" a 4". A continuación, mostramos las tablas con los resultados obtenidos.

Diseño de mezcla para un concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ elaborado con cemento portland Yura tipo I, sin aditivo superplastificante, con una relación a/c = 0.55 y Slump de 3" – 4" para proporciones de: 1 bolsa de cemento, 1m³ y por baldes de 20 lts.

Tabla 34

Diseño de mezcla para concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ elaborado con cemento portland Yura tipo I, sin aditivo superplastificante.

CANTIDAD DE MATERIALES Y PROPORCION								
Materiales	Cantidad /m ³		Proporción en Volumen por bolsa		Proporción en volumen para 1 m ³		Dosificación en Baldes (20 Litros)	
Cemento	371.99	Kg	1.00	Bolsa	8.753	bolsas	1.0	Bolsa
Agua	205.67	L	23.50	Lt	0.206	m ³	1.2	Baldes
Agr. Fino	804.48	Kg	2.06	pie ³	0.511	m ³	2.9	Baldes
Agr. Grueso	983.25	Kg	2.65	pie ³	0.658	m ³	3.7	Baldes

Nota: Resultados obtenidos por el equipo de trabajo en laboratorio

Diseño de mezcla para un concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ elaborado con cemento portland Yura tipo I, con aditivo superplastificante, con una relación a/c = 0.55 y Slump de 3” – 4” para proporciones de: 1 bolsa de cemento, 1m³ y por baldes de 20 lts.

Tabla 35

Diseño de mezcla para un concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ elaborado con cemento portland Yura tipo I y aditivo superplastificante.

CANTIDAD DE MATERIALES Y PROPORCION								
Materiales	Cantidad /m ³		Proporción en Volumen por bolsa		Proporción en volumen para 1 m ³		Dosificación en Baldes (20 Litros)	
Cemento	297.59	Kg	1.00	Bolsa	7.002	bolsas	1.0	Bolsa
Agua	164.87	L	23.55	Lt	0.165	m ³	1.2	Baldes
Agr. Fino	804.48	Kg	2.58	pie ³	0.511	m ³	3.6	Baldes
Agr. Grueso	983.25	Kg	3.32	pie ³	0.658	m ³	4.6	Baldes
Aditivo superplastificante	2.80	lt	400.00	ml	2.80	lt		

Nota: Elaborado por el equipo de trabajo.

Diseño de mezcla para concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ elaborado con cemento portland Sol tipo I, sin aditivo superplastificante, con una relación a/c = 0.55 y Slump de 3” – 4” para proporciones de: 1 bolsa de cemento, 1m^3 y por baldes de 20 lts.

Tabla 36

Diseño de mezcla para concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ elaborado con cemento portland Sol tipo I sin aditivo superplastificante.

CANTIDAD DE MATERIALES Y PROPORCION								
Materiales	Cantidad /m ³		Proporción en Volumen por bolsa		Proporción en volumen para 1 m ³		Dosificación en Baldes (20 Litros)	
Cemento	371.99	Kg	1.00	Bolsa	8.753	bolsas	1.0	Bolsa
Agua	205.67	L	23.50	Lt	0.206	m ³	1.2	Baldes
Agr. Fino	803.08	Kg	2.06	pie ³	0.510	m ³	2.9	Baldes
Agr. Grueso	981.54	Kg	2.65	pie ³	0.657	m ³	3.7	Baldes

Nota: Resultados obtenidos por el equipo de trabajo en laboratorio

Diseño de mezcla para concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ elaborado con cemento portland Sol tipo I, con aditivo superplastificante, con una relación a/c = 0.55 y Slump de 3” – 4” para proporciones de: 1 bolsa de cemento, 1m^3 y por baldes de 20 lts.

Tabla 37

Diseño de mezcla para un concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ elaborado con cemento portland Sol tipo I con aditivo superplastificante.

CANTIDAD DE MATERIALES Y PROPORCION								
Materiales	Cantidad /m ³		Proporción en Volumen por bolsa		Proporción en volumen para 1 m ³		Dosificación en Baldes (20 Litros)	
Cemento	297.59	Kg	1.00	Bolsa	7.002	bolsas	1.0	Bolsa
Agua	164.87	L	23.55	Lt	0.165	m ³	1.2	Baldes
Agr. Fino	803.08	Kg	2.57	pie ³	0.510	m ³	3.6	Baldes
Agr. Grueso	981.54	Kg	3.31	pie ³	0.657	m ³	4.6	Baldes
Aditivo súperplastificante	2.80	lt	400.00	ml	2.80	lt		

Nota: Resultados obtenidos por el equipo de trabajo en laboratorio.

Diseño de mezcla para concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ elaborado con cemento portland

Apu tipo GU, sin aditivo superplastificante, con una relación $a/c = 0.55$ y Slump de

3" – 4" para proporciones de: 1 bolsa de cemento, 1m^3 y por baldes de 20 lts.

Tabla 38

Diseño de mezcla para un concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ elaborado con cemento portland

Apu tipo GU sin aditivo superplastificante

CANTIDAD DE MATERIALES Y PROPORCION								
Materiales	Cantidad / m^3		Proporción en Volumen por bolsa		Proporción en volumen para 1 m^3		Dosificación en Baldes (20 Litros)	
Cemento	371.99	Kg	1.00	Bolsa	8.753	bolsas	1.0	Bolsa
Agua	205.67	L	23.50	Lt	0.206	m^3	1.2	Baldes
Agr. Fino	799.21	Kg	2.05	pie^3	0.507	m^3	2.9	Baldes
Agr. Grueso	976.82	Kg	2.64	pie^3	0.654	m^3	3.7	Baldes

Nota: Resultados obtenidos por el equipo de trabajo en laboratorio.

Diseño de mezcla para un concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ elaborado con cemento portland

Apu tipo GU, con aditivo superplastificante, con una relación $a/c = 0.55$ y Slump de

3" – 4" para proporciones de: 1 bolsa de cemento, 1m^3 y por baldes de 20 lts.

Tabla 39

Diseño de mezcla para un concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ elaborado con cemento portland

Apu tipo GU con aditivo superplastificante.

CANTIDAD DE MATERIALES Y PROPORCION								
Materiales	Cantidad / m^3		Proporción en Volumen por bolsa		Proporción en volumen para 1 m^3		Dosificación en Baldes (20 Litros)	
Cemento	297.59	Kg	1.00	Bolsa	7.002	bolsas	1.0	Bolsa
Agua	164.87	L	23.55	Lt	0.165	m^3	1.2	Baldes
Agr. Fino	799.21	Kg	2.56	pie^3	0.507	m^3	3.6	Baldes
Agr. Grueso	976.82	Kg	3.30	pie^3	0.654	m^3	4.6	Baldes
Aditivo súperplastificante	2.80	lt	400.00	ml	2.80	lt		

Nota: Resultados obtenidos por el equipo de trabajo en laboratorio.

4.1.5.3. Materiales usados en la elaboración del concreto.

Los materiales utilizados en el presente trabajo son agregados fino, grueso, cemento portland Yura tipo I, cemento portland Sol tipo I, cemento portland Apu tipo GU y aditivo superplastificante SikaCem®Plastificante las cuales podemos observar en la siguiente figura.

Figura 28

Materiales usados en el estudio.



Nota: Se puede apreciar los materiales usados en la investigación, cementos YURA, SOL, APU, agregados y aditivo superplastificante.

4.1.5.4. Elaboración del concreto.

Se utilizó un equipo mezclador tipo trompo con capacidad de 80 lts para lotes de 0.025 m³, lo cual es adecuado para 15 probetas de 4" x 8" para crear las muestras de concreto (probetas). La NTP 339.183 establece los requisitos para la mezcla en masa y el muestreo de materiales, al respecto, se requiere que todos los materiales usados e indicados para la fabricación del concreto sean mezclados durante 1.5 minutos, de acuerdo a la norma ASTM C 94M.

Figura 29

Elaboración del concreto.



Nota: Se puede apreciar el proceso de elaboración del concreto patrón y con aditivo con las diferentes marcas de cemento.

4.1.5.5. Prueba de temperatura en el concreto

La NTP 339.184, que define un procedimiento para establecer el ensayo de temperatura del concreto, establece lo siguiente. Se introduce un dispositivo en la muestra de hormigón fresco a una profundidad de 75 mm (3 pulg.), se recubre en todas las direcciones y se toma una lectura al cabo de dos minutos, cuando la variación es estable. La siguiente figura ilustra cómo se realizó la prueba.

Figura 30

Prueba de temperatura.



Nota: Se puede apreciar la prueba de temperatura del concreto en estado fresco.

Resultados:

Tabla 40

Resultados de la medición de temperatura para el concreto patrón y el concreto con aditivo.

MEDICION DE TEMPERATURA (°C)		
CEMENTOS	C. DE CONTROL	C. CON ADITIVO
C. Yura tipo I	20.7	22.6
C. Sol tipo I	21.7	24.2
C. Apu tipo GU	23.8	24.01

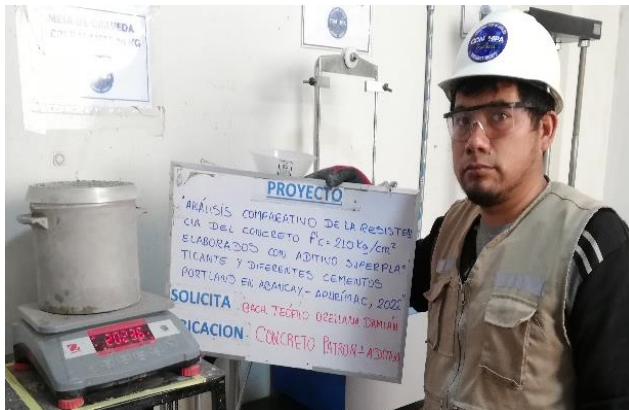
Nota: Resultados obtenidos por el equipo de trabajo en laboratorio.

4.1.5.6. Prueba del peso unitario del concreto.

Esta prueba de peso unitario de concreto lo realizamos de acuerdo a la Norma Técnica Peruana NTP 339.046 y ASTM C-138, las cuales señalan los pasos a seguir para evaluar el desempeño de la mezcla mediante cálculos matemáticos. La siguiente figura muestra el procedimiento de dicha prueba.

Figura 31

Prueba del peso unitario del concreto.



Nota: Se puede apreciar la prueba del peso unitario del concreto en estado fresco.

Resultados:

Tabla 41

Resultados del ensayo de peso unitario para el concreto de control y el concreto con aditivo.

Pruebas	Ensayo de peso unitario del concreto fresco					
	C. yura		C. sol		C. apu	
	Control	Con. Aditivo S.	Control	Con aditivo S.	Control	Con aditivo S.
Vol. Molde (cm3)	6827.55	6827.55	6827.55	6827.55	6827.55	6827.55
Pes. Molde (gr)	3534	3534.00	3534	3534.00	3534.00	3534.00
Pes. Molde + Muestra (gr)	20501	20449.00	20354	20268.00	20124.00	20227.00
Promedio Peso unitario(gr/cm3)	2.49	2.48	2.46	2.45	2.43	2.44

Nota: Resultados obtenidos por el equipo de trabajo en laboratorio.

4.1.5.7. Prueba volumétrica para determinar el contenido de aire del concreto fresco.

Este ensayo determina el contenido de aire en estado fresco y es el más apropiado para encontrar el contenido de aire de concretos que contienen agregados livianos, escoria enfriada con aire, y agregados naturales altamente porosos o vesiculares. El procedimiento y las especificaciones técnicas de los equipos a usar se detallan en la en el proyecto de norma técnica peruana PNTN 339.081.

Figura 32

Prueba del contenido de aire en el concreto.



Nota: Se puede apreciar la prueba del contenido de aire en el concreto fresco.

Resultados:

Tabla 42

Resultados de la prueba de contenido de aire en el concreto de control y el concreto con aditivo superplastificante.

Medición de contenido de aire (%)		
Cementos	Concreto de control	C. con aditivo superplastificante
C. Yura tipo I	1.0%	1.7%
C. Sol tipo I	1.3%	1.6%
C. Apu tipo GU	1.0%	1.6%

Nota: Resultados obtenidos por el equipo de trabajo en laboratorio.

4.1.5.8. Prueba de asentamiento del concreto en estado fresco.

El procedimiento de ensayo de asentamiento se describe en la norma ASTM C-143 y en la Norma Técnica Peruana NTP 339.035 para un concreto fresco. La siguiente figura muestra el procedimiento de prueba.

Figura 33

Prueba de asentamiento (SLUM).



Nota: Se puede apreciar la prueba de asentamiento del concreto fresco con ayuda del cono de ABRAMS.

Tabla 43

Prueba de asentamiento para el concreto de control y el concreto con aditivo superplastificante.

Medición del asentamiento (plgs)		
Cementos	Concreto de control	Concr. Con aditivo superplastificante.
C. Yura tipo I	3"	4.5"
C. Sol tipo I	4"	6"
C. Apu tipo GU	4"	6.5"

Nota: Valores encontrados durante la aplicación de las pruebas de asentamiento.

4.1.5.9. Elaboración de las muestras de concreto en probetas 4" x 8" de acuerdo norma.

Los pasos necesarios para el desarrollo de probetas cilíndricas de concreto para ser ensayadas a compresión cuando se encuentran en su estado endurecido a edades de 7, 14 y 28 días se especifican en la NTP 339.033 y en la ASTM C-31. La siguiente figura muestra el orden de los pasos seguidos durante los ensayos de laboratorio.

Figura 34

Elaboración de muestras de concreto.



Nota: Se puede apreciar la elaboración de muestras de concreto en probetas de 4" x 8".

4.1.5.10. Desmoldado de las muestras de concreto en probetas 4" x 8" de acuerdo norma.

Las muestras de concreto se extraen de los moldes al cabo de 24 ± 4 horas y se etiquetan para su identificación, como se ve en las figuras que siguen.

Figura 35

Desmoldado de muestras.



Nota: Se puede apreciar el desmolde de muestras de concreto con aire comprimido en probetas de 4" x 8".

4.1.5.11. Curado de las muestras de concreto desmoldadas.

Es necesario un curado adecuado para alcanzar la resistencia correcta a fin de evitar grietas a edades tempranas y una reducción del 30% de la resistencia última. Las probetas se curaron sumergiéndolas en un estanque de concreto a temperatura ambiente. La siguiente figura ilustra las probetas de 4" x 8" en el pozo de curado.

Figura 36

Curado de probetas de concreto.



Nota: Se puede apreciar la colocación de las muestras de probetas de 4" x 8" en el pozo de curado por un periodo de 28 días.

4.1.5.12. Prueba de resistencia del concreto.

De acuerdo con las normas NTP 339.034, ASTM C-39 y ACI 318.08, se realizaron las briquetas de dimensiones de 4 "x 8" y se evaluó su resistencia a la compresión en una prensa hidráulica. Manejando una velocidad de carga proporcionada de $0,25 + 0,05$ Mpa/s en las probetas cilíndricas, el ensayo de resistencia se refiere al promedio de tres probetas estándar, cada una de las cuales son de 100 mm de diámetro y 200 mm de altura. El proceso de ensayo se muestra en la siguiente figura.

Figura 37

Prueba de resistencia a compresión, 7 días.



Nota: Se puede apreciar el proceso de ensayo de resistencia a compresión de las briquetas (4 "x 8") sometidas a carga axial.

4.1.5.13. Resultados en las pruebas de resistencia del concreto sometido a compresión simple, método ACI 211.

Seguidamente, presentamos los resultados que se obtuvieron en laboratorio acerca de la resistencia de los concretos patrones y los concretos elaborados con aditivo superplastificante y los diferentes cementos portland con las siguientes especificaciones técnicas: $f'c = 210$ kg/cm², diseño ACI – 211, Slump = 3" – 4" , a/c = 0.55 , cementos: Yura tipo I, Sol tipo I, Apu Tipo GU y aditivo superplastificante.

Resistencia a la compresión del concreto patrón elaborado con cemento Yura tipo I: $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$, diseño ACI – 211, Slump = 3'' – 4'', a/c = 0.55 por resistencia.

Tabla 44

Resultados de rotura de briquetas de un concreto patrón $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ con cemento portland Yura tipo I.

N°	Elemento Estructural	Medidas (Cm)		Fecha		Edad Dias	Carga (Kg-F)	Area cm ²	Esfuerzo Kg/Cm ²	Diseño Kg/Cm ²	Resistencia (%)	Tipo De Falla	Resistencia (Kg/Cm ²)	Promedio (%)
		H	D	Moldeo	Rotura									
1	Cemento Yura Concreto Patrón-M1	20.00	10.00	15/07/22	22/07/22	7	17101	78.54	217.74	210	103.69	Cono		
2	Cemento Yura Concreto Patrón-M2	20.00	10.00	15/07/22	22/07/22	7	17206	78.54	219.08	210	104.32	Cono	219.05	104.31
3	Cemento Yura Concreto Patrón-M3	20.00	10.00	15/07/22	22/07/22	7	17305	78.54	220.34	210	104.92	Cono		
4	Cemento Yura Concreto Patrón-M4	20.00	10.00	15/07/22	29/07/22	14	21873	78.54	278.50	210	132.62	Cono		
5	Cemento Yura Concreto Patrón-M5	20.00	10.00	15/07/22	29/07/22	14	21802	78.54	277.60	210	132.19	Cono	277.51	132.15
6	Cemento Yura Concreto Patrón-M6	20.00	10.00	15/07/22	29/07/22	14	21710	78.54	276.43	210	131.63	Cono		
7	Cemento Yura Concreto Patrón-M7	20.00	10.00	15/07/22	12/08/22	28	24062	78.54	306.38	210	145.89	Columnar		
8	Cemento Yura Concreto Patrón-M8	20.00	10.00	15/07/22	12/08/22	28	24029	78.54	305.96	210	145.69	Columnar	305.57	145.51
9	Cemento Yura Concreto Patrón-M9	20.00	10.00	15/07/22	12/08/22	28	23905	78.54	304.38	210	144.94	Columnar		

Nota: Elaborado por el equipo de trabajo, de acuerdo a la NTP 339.183.

Resistencia a compresión de concreto con aditivo superplastificante y cemento Yura tipo I: $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$, diseño ACI – 211, Slump = 3" – 4" , a/c = 0.55 por resistencia.

Tabla 45

Resultados de rotura de briquetas para un concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ con aditivo superplastificante y cemento portland Yura tipo

I.

N°	Elemento Estructural	Medidas (Cm)		Fecha		Edad	Dial	Area	Esfuerzo	Diseño	Resistencia	Tipo	Resistencia	(%) Promd.
		H	D	Moldeo	Rotura	Días	Kg-F	Cm²	Kg/Cm²	Kg/Cm²	(%)	De Falla	Kg/Cm²	
1	Cemento Yura-Concreto+Aditivo-M1	20.00	10.00	15/07/22	22/07/22	7	18262	78.54	232.53	210	110.73	Cono		
2	Cemento Yura-Concreto+Aditivo-M2	20.00	10.00	15/07/22	22/07/22	7	18675	78.54	237.78	210	113.23	Cono	235.38	112.08
3	Cemento Yura-Concreto+Aditivo-M3	20.00	10.00	15/07/22	22/07/22	7	18521	78.54	235.82	210	112.30	Cono		
4	Cemento Yura-Concreto+Aditivo-M4	20.00	10.00	15/07/22	29/07/22	14	22838	78.54	290.79	210	138.47	Cono		
5	Cemento Yura-Concreto+Aditivo-M5	20.00	10.00	15/07/22	29/07/22	14	22867	78.54	291.16	210	138.65	Cono	290.87	138.51
6	Cemento Yura-Concreto+Aditivo-M6	20.00	10.00	15/07/22	29/07/22	14	22827	78.54	290.65	210	138.41	Cono		
7	Cemento Yura-Concreto+Aditivo-M7	20.00	10.00	15/07/22	12/08/22	28	26148	78.54	332.94	210	158.54	Columnar		
8	Cemento Yura-Concreto+Aditivo-M8	20.00	10.00	15/07/22	12/08/22	28	26055	78.54	331.75	210	157.98	Corte	331.50	157.86
9	Cemento Yura-Concreto+Aditivo-M9	20.00	10.00	15/07/22	12/08/22	28	25902	78.54	329.80	210	157.05	Corte		

Nota: Elaborado por el equipo de trabajo, de acuerdo a la NTP 339.183.

Resistencia a compresión de concreto patrón elaborado con cemento Sol tipo I: $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$, diseño ACI – 211, Slump = 3” – 4” , a/c = 0.55 por resistencia.

Tabla 46

Resultados de rotura de briquetas de un concreto patrón $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ con cemento portland Sol tipo I.

N°	Elemento Estructural	Medidas (Cm)		Fecha		Edad	Dial Carg Kg-F	Area Cm ²	Esfuerzo Kg/Cm ²	Diseño Kg/Cm ²	Resistencia (%)	Tipo De Falla	Resistencia Kg/Cm ²	(%) Promedio
		H	D	Moldeo	Rotura									
1	Cemento Sol-Concreto Patrón-M1	20.00	10.00	15/07/22	22/07/22	7	17934	78.54	228.35	210	108.74	Columnar		
2	Cemento Sol-Concreto Patrón-M2	20.00	10.00	15/07/22	22/07/22	7	17850	78.54	227.28	210	108.23	Columnar	228.27	108.70
3	Cemento Sol-Concreto Patrón-M3	20.00	10.00	15/07/22	22/07/22	7	18000	78.54	229.19	210	109.14	Corte		
4	Cemento Sol-Concreto Patrón-M4	20.00	10.00	15/07/22	29/07/22	14	22023	78.54	280.41	210	133.53	Columnar		
5	Cemento Sol-Concreto Patrón-M5	20.00	10.00	15/07/22	29/07/22	14	22184	78.54	282.46	210	134.51	Columnar	281.38	133.99
6	Cemento Sol-Concreto Patrón-M6	20.00	10.00	15/07/22	29/07/22	14	22089	78.54	281.25	210	133.93	Corte		
7	Cemento Sol-Concreto Patrón-M7	20.00	10.00	15/07/22	12/08/22	28	24710	78.54	314.63	210	149.82	Cono Y Corte		
8	Cemento Sol-Concreto Patrón-M8	20.00	10.00	15/07/22	12/08/22	28	25092	78.54	319.49	210	152.14	Corte	317.47	151.18
9	Cemento Sol-Concreto Patrón-M9	20.00	10.00	15/07/22	12/08/22	28	24998	78.54	318.29	210	151.57	Columnar		

Nota: Elaborado por el equipo de trabajo, de acuerdo a la NTP 339.183.

Resistencia a compresión de concreto con aditivo superplastificante y cemento Sol tipo I: $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$, diseño ACI – 211, Slump = 3” – 4”, a/c = 0.55 por resistencia.

Tabla 47

Resultados de rotura de briquetas para un concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ con aditivo superplastificante y cemento portland Sol tipo

I.

N°	Elemento Estructural	Medidas (Cm)		Fecha		Edad Días	Dial Carg Kg-F	Area m2	Esfuerzo Kg/ Cm ²	Diseño Kg/ Cm ²	Resistencia (%)	Tipo De Falla	Resistencia Kg/ Cm ²	(%) Promedio
		H	D	Moldeo	Rotura									
1	Cemento Sol-Concreto+ Aditivo-M1	20.00	10.00	15/07/22	22/07/22	7	19654	78.54	250.25	210	119.17	Cono		
2	Cemento Sol-Concreto+ Aditivo-M2	20.00	10.00	15/07/22	22/07/22	7	19463	78.54	247.82	210	118.01	Cono	249.52	118.82
3	Cemento Sol-Concreto+ Aditivo-M3	20.00	10.00	15/07/22	22/07/22	7	19673	78.54	250.49	210	119.28	Cono		
4	Cemento Sol-Concreto+ Aditivo-M4	20.00	10.00	15/07/22	29/07/22	14	24252	78.54	308.80	210	147.05	Cono		
5	Cemento Sol-Concreto+ Aditivo-M5	20.00	10.00	15/07/22	29/07/22	14	24148	78.54	307.47	210	146.41	Cono	308.90	147.10
6	Cemento Sol-Concreto+ Aditivo-M6	20.00	10.00	15/07/22	29/07/22	14	24381	78.54	310.44	210	147.83	Cono		
7	Cemento Sol-Concreto+ Aditivo-M7	20.00	10.00	15/07/22	12/08/22	28	26931	78.54	342.91	210	163.29	Columnar		
8	Cemento Sol-Concreto+ Aditivo-M8	20.00	10.00	15/07/22	12/08/22	28	26995	78.54	343.72	210	163.68	Corte	342.38	163.04
9	Cemento Sol-Concreto+ Aditivo-M9	20.00	10.00	15/07/22	12/08/22	28	26743	78.54	340.51	210	162.15	Corte		

Nota: Elaborado por el equipo de trabajo, de acuerdo a la NTP 339.183.

Resistencia a compresión de concreto patrón elaborado con cemento Apu tipo GU: $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$, diseño ACI – 211, Slump = 3” – 4” , a/c = 0.55 por resistencia.

Tabla 48

Resultados de rotura de briquetas de un concreto patrón $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ con cemento portland Apu tipo GU.

N ^o	Elemento Estructural	Medidas (Cm)		Fecha		Edad	Dial Carg	Area	Esfuerzo	Diseño	Resistencia	Tipo De Falla	Resistencia Kg/Cm ²	%Pro medio
		H	D	Moldeo	Rotura	Días	Kg-F	Cm ²	Kg/Cm ²	Kg/Cm ²	(%)			
1	Cemento Apu-Concreto Patrón-M1	20.00	10.00	15/07/22	22/07/22	7	17052	78.54	217.12	210	103.39	Columnar		
2	Cemento Apu-Concreto Patrón-M2	20.00	10.00	15/07/22	22/07/22	7	16800	78.54	213.91	210	101.86	Columnar	215.17	102.46
3	Cemento Apu-Concreto Patrón-M3	20.00	10.00	15/07/22	22/07/22	7	16844	78.54	214.47	210	102.13	Corte		
4	Cemento Apu-Concreto Patrón-M4	20.00	10.00	15/07/22	29/07/22	14	19832	78.54	252.52	210	120.25	Columnar		
5	Cemento Apu-Concreto Patrón-M5	20.00	10.00	15/07/22	29/07/22	14	19906	78.54	253.46	210	120.69	Corte	253.53	120.73
6	Cemento Apu-Concreto Patrón-M6	20.00	10.00	15/07/22	29/07/22	14	19996	78.54	254.60	210	121.24	Corte		
7	Cemento Apu-Concreto Patrón-M7	20.00	10.00	15/07/22	12/08/22	28	21223	78.54	270.23	210	128.68	Corte		
8	Cemento Apu-Concreto Patrón-M8	20.00	10.00	15/07/22	12/08/22	28	20893	78.54	266.03	210	126.68	Corte	268.35	127.78
9	Cemento Apu-Concreto Patrón-M9	20.00	10.00	15/07/22	12/08/22	28	21110	78.54	268.79	210	127.99	Corte		

Nota: Elaborado por el equipo de trabajo, de acuerdo a la NTP 339.183.

Resistencia a compresión de concreto con aditivo superplastificante y cemento Apu tipo GU: $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$, diseño ACI – 211, Slump = 3” – 4”, a/c = 0.55 por resistencia.

Tabla 49

Resultados de rotura de briquetas para un concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ con aditivo superplastificante y cemento portland Apu tipo GU.

N°	Elemento Estructural	Medidas (Cm)		Fecha		Edad	Dial Carg	Area	Esfuerzo	Diseño	Resistencia	Tipo De Falla	Resistencia	(%) Promedio
		H	D	Moldeo	Rotura	Dias	Kg-F	Cm ²	Kg/Cm ²	Kg/Cm ²	(%)		Kg/Cm ²	
1	Cemento Apu-Concreto +Aditivo-M1	20.00	10.00	15/07/22	22/07/22	7	16372	78.54	208.46	210	99.27	Cono		
2	Cemento Apu-Concreto +Aditivo-M2	20.00	10.00	15/07/22	22/07/22	7	16486	78.54	209.91	210	99.96	Cono Y Corte	208.11	99.10
3	Cemento Apu-Concreto +Aditivo-M3	20.00	10.00	15/07/22	22/07/22	7	16175	78.54	205.95	210	98.07	Cono		
4	Cemento Apu-Concreto +Aditivo-M4	20.00	10.00	15/07/22	29/07/22	14	20607	78.54	262.38	210	124.94	Columnar		
5	Cemento Apu-Concreto +Aditivo-M5	20.00	10.00	15/07/22	29/07/22	14	20407	78.54	259.84	210	123.73	Columnar	260.22	123.91
6	Cemento Apu-Concreto +Aditivo-M6	20.00	10.00	15/07/22	29/07/22	14	20296	78.54	258.42	210	123.06	Columnar		
7	Cemento Apu-Concreto +Aditivo-M7	20.00	10.00	15/07/22	12/08/22	28	21746	78.54	276.89	210	131.85	Corte		
8	Cemento Apu-Concreto +Aditivo-M8	20.00	10.00	15/07/22	12/08/22	28	21992	78.54	280.02	210	133.34	Columnar	278.42	132.58
9	Cemento Apu-Concreto +Aditivo-M9	20.00	10.00	15/07/22	12/08/22	28	21861	78.54	278.35	210	132.55	Columnar		

Nota: Elaborado por el equipo de trabajo, de acuerdo a la NTP 339.183.

4.1.5.14. Promedios de resistencia en el concreto patrón y en los concretos con aditivo superplastificante, elaborados con diferentes tipos de cementos portland por el método ACI - 211.

A continuación, mostramos los promedios de los resultados que se pudo obtener en laboratorio y que permitieron entender de mejor manera los resultados buscados.

Tabla 50

Promedios de resistencia en concretos patrones elaborados con diferentes cementos portland.

	Resistencia a compresión, promedio $f'c$ (kg/cm ²)		
	en días		
	7	14	28
Yura tipo I	219.05	277.51	305.57
Sol tipo I	228.27	281.38	317.47
Apu tipo GU	215.17	253.53	268.35

Nota: Muestra de las resistencias a diferentes edades

Tabla 51

Promedios de resistencia en concretos con aditivo superplastificante elaborados con diferentes cementos portland.

	Resistencia a compresión, promedio $f'c$ (kg/cm ²)		
	en días		
	7	14	28
Yura tipo I + aditivo superplastificante	235.38	290.87	331.50
Sol tipo I + aditivo superplastificante	249.52	308.90	342.38
Apu tipo GU + aditivo superplastificante	208.11	260.22	278.42

Nota: Muestra de las resistencias a diferentes edades.

4.2. Discusión de resultados

Seguidamente, se muestra los gráficos de los resultados promedios de los concretos trabajados y la resistencia alcanzada a edades de 7, 14 y 28 días. Para la cual se buscó la uniformidad del valor de los estándares establecidos, que se tuvieron en los concretos elaborados con diferentes cementos portland y el uso de aditivo superplastificante, en las cuales realizamos los análisis comparativos respectivos de acuerdo a nuestra investigación.

4.2.1. *Discusión y análisis comparativo de la resistencia a la compresión del concreto patrón frente al concreto con aditivo superplastificante.*

4.2.1.1. Prueba de resistencia $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ a los 7 días.

Tabla 52

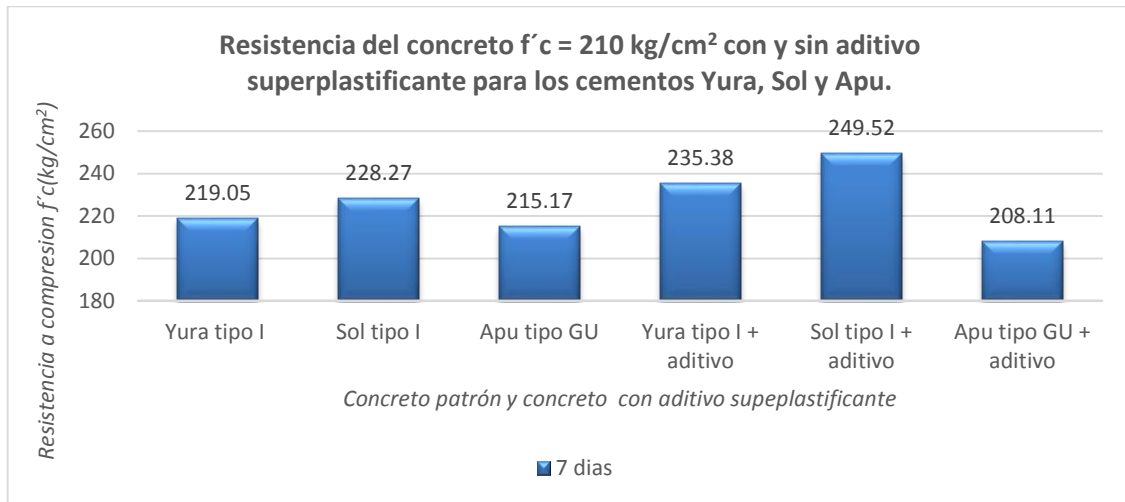
Análisis de resistencia de los concretos y su variación porcentual.

<i>Concreto con:</i>	<i>7 días</i>	<i>% variación</i>
<i>Yura tipo I</i>	<i>219.05</i>	<i>104.31</i>
<i>Sol tipo I</i>	<i>228.27</i>	<i>108.7</i>
<i>Apu tipo GU</i>	<i>215.17</i>	<i>102.46</i>
<i>Yura tipo I + aditivo superplastificante</i>	<i>235.38</i>	<i>112.08</i>
<i>Sol tipo I + aditivo superplastificante</i>	<i>249.52</i>	<i>118.82</i>
<i>Apu tipo GU + aditivo superplastificante</i>	<i>208.11</i>	<i>99.1</i>

Nota: Muestra de resultados de la resistencia a compresión a los 7 días.

Figura 38

Resistencias de un concreto patrón y concreto con aditivo superplastificante a los 7 días.



Nota: El gráfico nos permite diferenciar los resultados de mejor manera.

De la figura se observa que en el concreto sin aditivo o de control elaborados con los cementos Yura y Sol de tipo I tienen resistencias de 219.05 kg/cm² y 228.27 kg/cm² respectivamente, con porcentajes alcanzados de 104.31% y 108.70% respectivamente, estos resultados son superiores a los resultados del cemento Apu tipo GU que tiene una resistencia de 215.17 kg/cm² y con un porcentaje de 102.46% de las resistencias especificadas $f'c$.

También podemos observar que en cuanto a los concretos con aditivo superplastificantes, los cementos Yura y Sol de tipo I tienen resistencias de 235.38 kg/cm² y 249.52 kg/cm² respectivamente, con porcentajes alcanzados de 112.08% y 118.82 % respectivamente, estos resultados son superiores a los resultados del cemento Apu tipo GU que tiene una resistencia de 208.11 kg/cm² y con un porcentaje de 99.10% de las resistencias especificadas $f'c$.

Estos resultados coinciden con los encontrados por Aragón (2021) quien indica que el concreto elaborado con cemento Yura tipo I sin aditivo obtuvo una resistencia de 317 kg/cm² a los 7 días, superando ampliamente el diseño requerido del concreto y también a los resultados del presente trabajo.

Por su parte, Bernal (2017) indica que un concreto sin aditivo elaborado con cemento sol tipo I cuya resistencia a los 7 días es de 215.72 kg/cm² la cual es muy similar a la resistencia encontrada en esta investigación cuando se realizó las prueba de resistencia de un concreto sin aditivo superplastificante, a su vez menciona que un concreto elaborado con un aditivo superplastificante alcanza una resistencia de 232.93 kg/cm² a los 7 días, la cual también es muy similar a la resistencia encontrada en esta investigación al realizar las pruebas de resistencia del concreto con un aditivo superplastificante.

4.2.1.2. Prueba de resistencia $f'c= 210 \text{ kg/cm}^2$ a los 14 días

Tabla 53

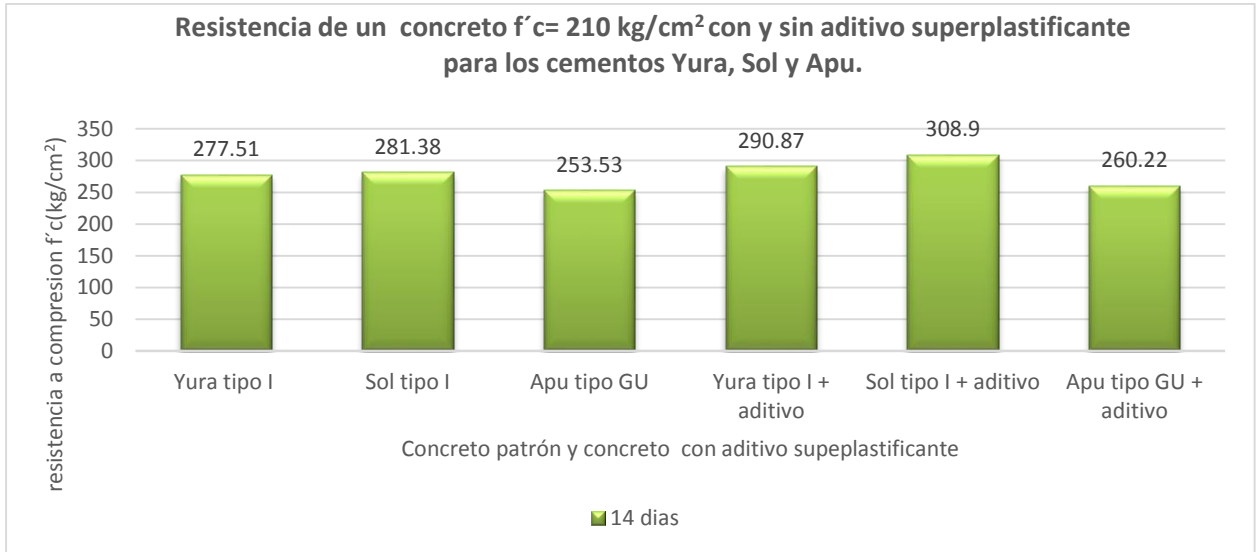
Análisis de resistencia de los concretos y su variación porcentual.

<i>Concreto con:</i>	<i>14 días</i>	<i>% variación</i>
<i>Yura tipo I</i>	<i>277.51</i>	<i>132.15</i>
<i>Sol tipo I</i>	<i>281.38</i>	<i>133.99</i>
<i>Apu tipo GU</i>	<i>253.53</i>	<i>120.73</i>
<i>Yura tipo I + Aditivo superplastificante</i>	<i>290.87</i>	<i>138.51</i>
<i>Sol tipo I + Aditivo superplastificante</i>	<i>308.9</i>	<i>147.1</i>
<i>Apu tipo GU + aditivo superplastificante</i>	<i>260.22</i>	<i>123.91</i>

Nota: Muestra de resultados de la resistencia a compresión a los 14 días

Figura 39

Resistencias de un concreto patrón y concreto con aditivo superplastificante a los 14 días.



Nota: El gráfico nos permite diferenciar los resultados de mejor manera.

De la figura se observa que en el concreto sin aditivo o de control, los cementos Yura y Sol de tipo I tienen resistencias de 277.51 kg/cm² y 281.38 kg/cm² respectivamente, con porcentajes alcanzados de 132.15% y 133.99% respectivamente, estos resultados son superiores a los resultados del cemento Apu tipo GU que tiene una resistencia de 253.53 kg/cm² y con un porcentaje de 120.73% de las resistencias especificadas f'c.

También podemos observar que en cuanto los concretos con aditivo superplastificantes, los cementos Yura y Sol tipo I tienen resistencias de 290.87 kg/cm² y 308.90 kg/cm² respectivamente, con porcentajes alcanzados de 138.51% y 147.10% respectivamente, estos resultados son superiores a los resultados del cemento Apu tipo GU que tiene una resistencia de 260.22 kg/cm² y con un porcentaje de 123.91% de las resistencias especificadas f'c.

Los resultados encontrados concuerdan con lo encontrado por Aragón (2021) quien indica que el concreto elaborado con cemento yura tipo I sin aditivo obtuvo una resistencia de 383 kg/cm² a los 14 días, superando ampliamente el diseño requerido del concreto y a los resultados de este trabajo de investigación.

Por su parte, Bernal (2017) indica que un concreto sin aditivo elaborado con cemento Sol tipo I cuya resistencia a los 14 días es de 260.95 kg/cm² la cual es menor a la resistencia encontrada en esta investigación, a su vez menciona que un concreto elaborado con un aditivo superplastificante alcanza una resistencia de 279.28 kg/cm² a los 14 días, la cual también es menor a la resistencia encontrada en esta investigación al realizar la prueba de resistencia de un concreto con aditivo superplastificante.

4.2.1.3. Prueba de resistencia $f'c= 210$ kg/cm² a los 28 días

Tabla 54

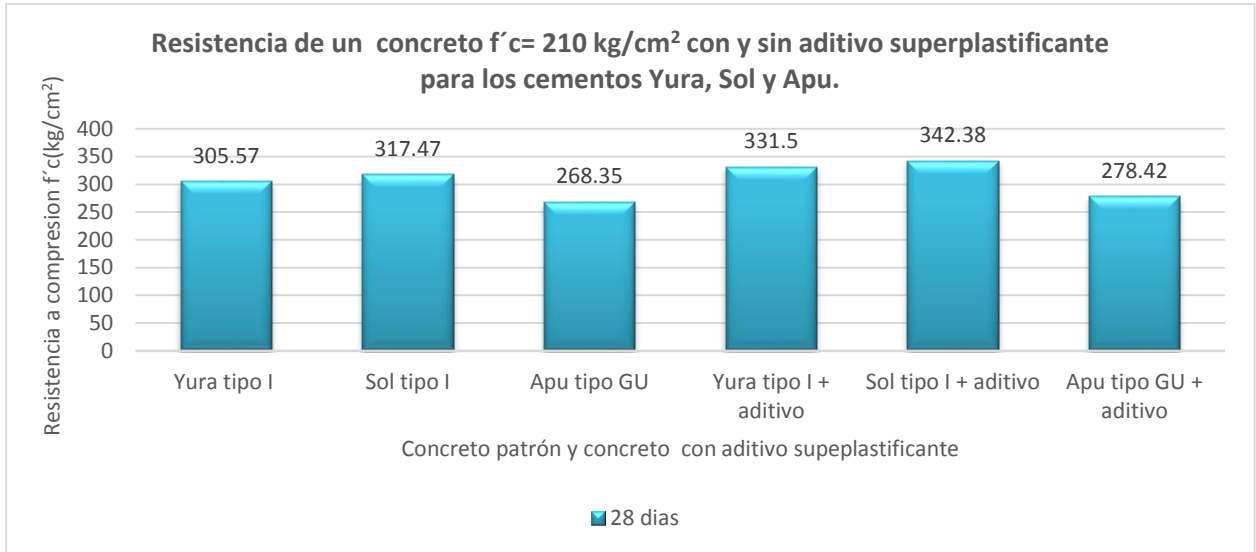
Análisis de resistencia de los concretos y su variación porcentual.

<i>Concreto con:</i>	<i>28 días</i>	<i>% variación</i>
<i>Yura tipo I</i>	<i>305.57</i>	<i>145.51</i>
<i>Sol tipo I</i>	<i>317.47</i>	<i>151.18</i>
<i>Apu tipo GU</i>	<i>268.35</i>	<i>127.78</i>
<i>Yura tipo I + aditivo superplastificante</i>	<i>331.5</i>	<i>157.86</i>
<i>Sol tipo I + aditivo superplastificante</i>	<i>342.38</i>	<i>163.04</i>
<i>Apu tipo GU + ditivo superplastificante</i>	<i>278.42</i>	<i>132.58</i>

Nota: Muestra de resultados de la resistencia a compresión a los 28 días.

Figura 40

Resistencias de un concreto patrón y concreto con aditivo superplastificante a los 28 días.



Nota: El gráfico nos permite diferenciar los resultados de mejor manera.

De la figura se observa que en el concreto sin aditivo o de control, los cementos Yura y Sol tipo I tienen resistencias de 305.57 kg/cm^2 y 317.47 kg/cm^2 respectivamente, con porcentajes alcanzados de 145.51% y 151.18% respectivamente. Estos resultados son superiores a los resultados del cemento Apu tipo GU que tiene una resistencia de 268.35 kg/cm^2 y con un porcentaje de 127.78% de las resistencias especificadas $f'c$.

También podemos observar que en cuanto a los concretos con aditivo superplastificantes, los cementos Yura y Sol de tipo I tienen resistencias de 331.50 kg/cm^2 y 342.38 kg/cm^2 respectivamente, con porcentajes alcanzados de 157.86% y 163.04% respectivamente. Estos resultados son superiores a los resultados del cemento Apu tipo GU que tiene una resistencia de 278.42 kg/cm^2 y con un porcentaje de 132.58% de las resistencias especificadas $f'c$.

Estos resultados tiene una relación con lo encontrado por Aragón (2021) quien indica que los concretos elaborados con cemento Yura tipo I sin aditivo tienen una resistencia de 402 kg/cm² a los 28 días superando ampliamente el diseño requerido del concreto y a los resultados de este trabajo de investigación.

Por su parte, Bernal (2017) indican que un concreto sin aditivo elaborado con cemento sol tipo I cuya resistencia a los 28 días es de 314.80 kg/cm² la cual es menor a la resistencia encontrada en esta investigación, a su vez menciona que un concreto elaborado con un aditivo superplastificante alcanza una resistencia de 331.07 kg/cm² a los 28 días, la cual también es menor a la resistencia encontrada en esta investigación al elaborar un concreto con aditivo superplastificante.

4.2.2. *Discusión y análisis comparativo de la resistencia a compresión de un concreto elaborado con aditivo superplastificante.*

Tabla 55

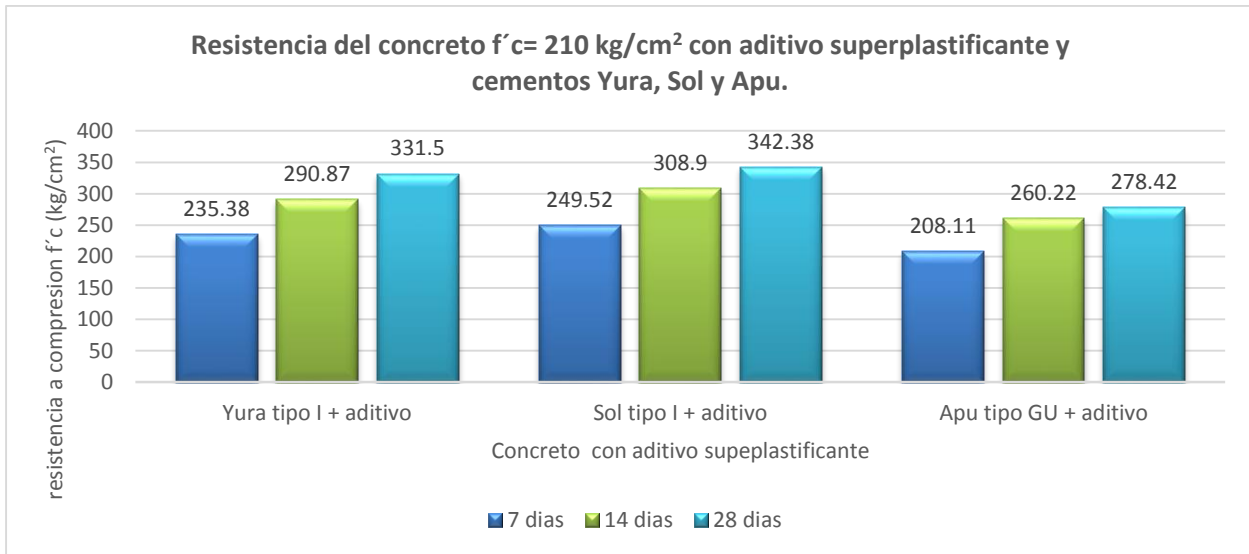
Comparación de resultados de los promedios de las resistencias de los concretos elaborados con aditivos superplastificante y diferentes cementos portland.

Concreto con:	7 días	% variación	14 días	% variación	28 días	% variación
<i>Yura tipo I + aditivo Superplastificante</i>	235.38	112.08	290.87	138.51	331.5	157.86
<i>Sol tipo I + aditivo Superplastificante</i>	249.52	118.82	308.9	147.1	342.38	163.04
<i>Apu tipo GU + aditivo superplastificante</i>	208.11	99.1	260.22	123.91	278.42	132.58

Nota: La tabla nos muestra las resistencias y sus valores porcentuales de variación.

Figura 41

Comparación de resistencias de un concreto con aditivo superplastificante a los 7, 14 y 28 días.



Nota: El gráfico permite analizar los resultados a diferentes edades

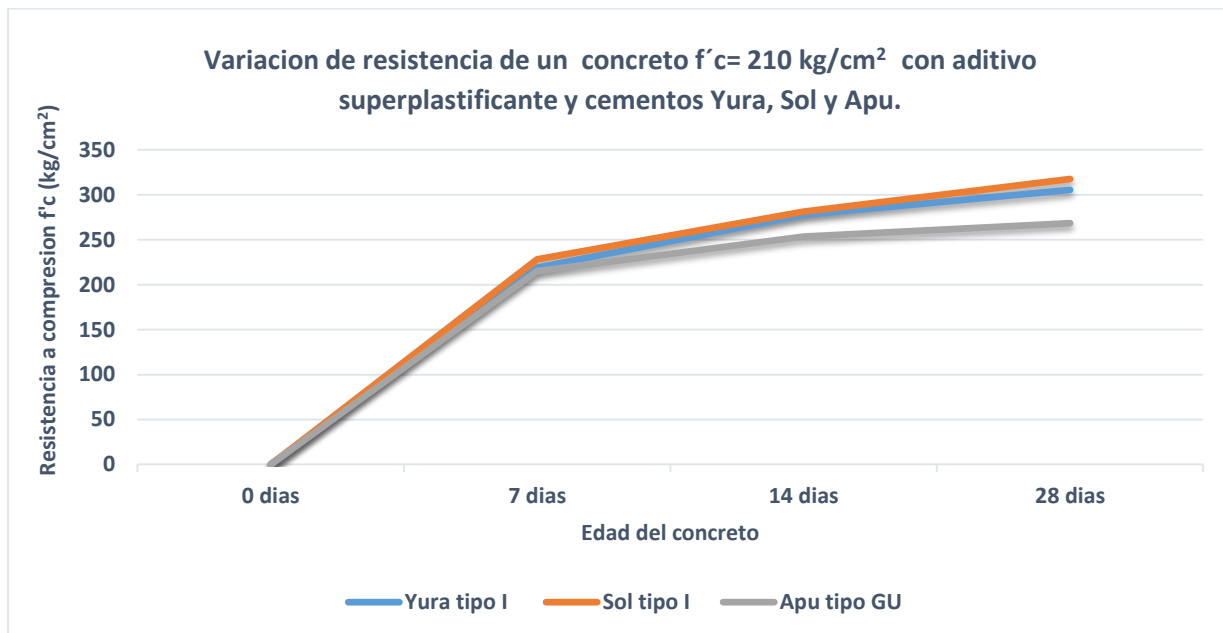
En cuanto al uso de un aditivo superplastificante en la elaboración de un concreto, se tiene los resultados de resistencia a compresión, para el cual realizamos el análisis respectivo a una edad de 28 días donde el concreto alcanza un porcentaje óptimo de resistencia.

De la figura se observa que en el concreto con aditivo superplastificante con cemento Sol tipo I es el que tiene una mejor resistencia llegando a los 342.38 kg/cm^2 con un porcentaje de incidencia de 163.04% de la resistencia especificada $f'c$, por otro lado se observa que en el concreto con aditivo superplastificante y con cemento Yura tipo I tiene una resistencia de 331.5 kg/cm^2 con un porcentaje de incidencia de 157.86% de la resistencia especificada $f'c$, finalmente el concreto elaborado con aditivo y superplastificante con el cemento Apu tipo GU es la que tiene una menor resistencia de 278.42 kg/cm^2 con porcentaje de incidencia de 132.58%, en los tres casos se alcanza las resistencias requeridas de acuerdo al diseño a los 28 días, haciendo uso del aditivo superplastificante con sus respectivas

características favorables, como son la reducción de agua y la reducción de cantidad de cemento de acuerdo al diseño de la mezcla.

Figura 42

Variación de resistencia del concreto en el tiempo.



Nota: La gráfica permite apreciar el desarrollo de la resistencia de los concretos en el tiempo, para los diferentes cementos portland.

La gráfica muestra la curva de resistencia en el tiempo, de la cual podemos mencionar que de acuerdo a lo encontrado se tiene que, de los concretos elaborados con aditivo superplastificante y cementos portland, el que mejor comportamiento tiene es el que está elaborado con cemento Sol a diferencia del concreto elaborado con el cemento Yura, y Apu, a su vez se puede apreciar que los concretos elaborados con aditivos superplastificante y cementos portland tipo I tienen un mejor comportamiento en su resistencia frente a un concreto elaborado con un cemento portland tipo GU, comparados a los 28 días.

4.3. Prueba de hipótesis

4.3.1. Validación de hipótesis

Realizamos pruebas de hipótesis para poder diferenciar entre las medias de dos poblaciones, ya que las muestras independientes son pequeñas, utilizando la distribución de "t student", puesto que se trata de medias de poblaciones pequeñas (menos de 30).

Para probar la hipótesis, se empleó el procedimiento siguiente.

- 1) Se establecieron tanto la hipótesis alternativa como la nula.
- 2) Se eligió el nivel de significación de las pruebas.
- 3) Se halló los estadísticos de las pruebas.
- 4) Formulamos una regla que permita la toma de decisiones.
- 5) Se eligió una muestra y se concluye si se acepta o no la hipótesis nula.

Para los cálculos manejaremos los símbolos más usados y que se pueden encontrar en diferentes bibliografías para el manejo estadístico, los cuales son: \bar{x} , \bar{y} para mencionar los promedios o medias.

Parámetros estadísticos para la prueba de hipótesis específica, resistencia del concreto elaborado con cemento portland Yura tipo I y aditivo superplastificante a los 28 días.

Tabla 56

Parámetros estadísticos, cemento portland Yura tipo I + aditivo superplastificante.

MUESTRAS	X	X - \bar{x}	(X - \bar{x}) ²
Cemento Yura - tipo I - concreto+aditivo-m1	332.936	1.439	2.070
Cemento Yura-tipo I - concreto+aditivo-m2	331.752	0.255	0.065
Cemento Yura-tipo I - concreto+aditivo-m3	329.804	-1.693	2.868

Nota: Los valores mostrados son necesarios para encontrar los parámetros estadísticos

De donde obtenemos los siguientes resultados:

- $n = 3$
- $\sum X = 994.493$
- $\bar{x} = 331.498$
- $\sum(X - \bar{x})^2 = 5.003$
- $\sigma = 1.582$
- $V = 0.477\%$

Estos resultados analizados con la tabla N° 18 (valores estándar para el control de un concreto $f'c \leq$ MPa del ACI 214), la desviación estándar en este grupo se clasifica como: “EXCELENTE” teniendo a $\sigma = 1.582$. y debiendo ser $\sigma < 14.30$

También el coeficiente de variación lo podemos clasificar como: “EXCELENTE” teniendo a $V = 0.477\%$ y debiendo ser $V < 2\%$

Con estos resultados, podemos mencionar que, teniendo en cuenta los parámetros de control del ACI 214 cumple con la categoría de “excelente” y ” excelente” en los parámetros estadísticos, teniendo un grado de dispersión mínimo, que se comprueba mediante la desviación estándar y el coeficiente de variación en las pruebas realizadas.

Parámetros estadísticos para la prueba de hipótesis específica, resistencia del concreto elaborado con cemento portland Sol tipo I y aditivo superplastificante a los 28 días.

Tabla 57

Parámetros estadísticos, cemento portland Sol tipo I + aditivo superplastificante.

MUESTRAS	X	X - \bar{x}	(X - \bar{x}) ²
Cemento Sol- tipo I-concreto+aditivo-m1	342.906	0.526	0.277
Cemento Sol-tipo I-concreto+aditivo-m2	343.721	1.341	1.799
Cemento Sol-tipo I-concreto+aditivo-m3	340.512	-1.867	3.487

Nota: Los valores mostrados son necesarios para encontrar los parámetros estadísticos.

De donde obtenemos los siguientes resultados:

- $n = 3$
- $\sum X = 1027.140$
- $\bar{x} = 342.380$
- $\sum(X - \bar{x})^2 = 5.563$
- $\sigma = 1.668$
- $V = 0.487$

Estos resultados analizados con la tabla (valores estándar para el control de un concreto $f'c \leq$ MPa del ACI 214), la desviación estándar en este grupo se clasifica como: “EXCELENTE” teniendo a $\sigma = 1.668$. y debiendo ser $\sigma < 14.30$

Y su coeficiente variación lo podemos clasificar como: “EXCELENTE” teniendo a $V = 0.487\%$ y debiendo ser $V < 2\%$

Con estos resultados podemos mencionar que teniendo en cuenta los parámetros de control del ACI 214 cumplen con las categorías de “excelente” y ” excelente” en los parámetros estadísticos, teniendo un grado de dispersión mínimo, que se comprueba mediante la desviación estándar y el coeficiente de variación en las pruebas realizadas.

Parámetros estadísticos para la prueba de hipótesis específica, resistencia del concreto elaborado con cemento portland Apu tipo GU y aditivo superplastificante a los 28 días.

Tabla 58

Parámetros estadísticos, cemento portland Apu tipo GU + aditivo superplastificante.

MUESTRAS	X	X - \bar{x}	(X - \bar{x}) ²
Cemento Apu-tipo Gu-concreto+aditivo-m1	276.887	-1.532	2.348
Cemento Apu-tipo Gu-concreto+aditivo-m2	280.019	1.600	2.560
Cemento Apu-tipo Gu-concreto+aditivo-m3	278.351	-0.068	0.005

Nota: Los valores mostrados son necesarios para encontrar los parámetros estadísticos

De donde obtenemos los siguientes resultados:

- $n = 3$
- $\sum X = 835.26$
- $\bar{x} = 278.42$
- $\sum(X - \bar{x})^2 = 4.912$
- $\sigma = 1.567$
- $V = 0.563$

Estos resultados analizados con la tabla (valores estándar de control para un concreto $f'c \leq$ MPa del ACI 214), la desviación estándar para este grupo se clasifica como: “EXCELENTE” teniendo a $\sigma = 1.567$. y debiendo ser $\sigma < 14.30$

Su coeficiente variación lo podemos clasificar como: “EXCELENTE” teniendo a $V = 0.563$

% y debiendo ser $V < 2\%$

Con estos resultados, podemos mencionar que de acuerdo a los parámetros de control del ACI 214 cumple con las categorías de “excelente” y ” excelente” en los parámetros estadísticos, teniendo un grado de dispersión mínimo, que se comprueba mediante la desviación estándar y el coeficiente de variación en las pruebas realizadas.

4.3.2. Prueba de la hipótesis: “La marca y tipo de cemento influye significativamente en la resistencia a compresión del concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$, elaborados con aditivo superplastificante y diferentes tipos de cementos portland, en la ciudad de Abancay”.

Para poder comparar y analizar los promedios de las resistencias a compresión evaluados a los 28 días, tuvimos que agrupar los resultados de los concretos que fueron elaborados de acuerdo a la marca y tipo de cemento para su análisis respectivo.

Comparación de resistencias de un concreto con cementos portland Yura y Sol tipo I + aditivo superplastificante.

Tabla 59

Resumen de los parámetros estadísticos de resistencia a compresión de concretos elaborados con cementos portland tipo I + aditivo superplastificante

Descripción	Grupo 1	Grupo 2
	concreto con YURA tipo I + A.superplastificante	concreto con SOL tipo I + A.superplastificante
Número de muestras	3	3
Media	331.498	342.380
Desviación estándar	1.582	1.668

Nota: Parámetros estadísticos por marca y tipo de cemento.

a) Formulación de la Hipótesis

Ho: La marca y tipo de cemento no influye significativamente en la resistencia a compresión del concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$, elaborados con aditivo superplastificante y diferentes cementos portland, en la ciudad de Abancay.

Hipótesis Nula Ho: $\bar{x} = \bar{y}$

H₁: La marca y tipo de cemento influye significativamente en la resistencia a compresión del concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$, elaborados con aditivo superplastificante y diferentes cementos portland, en la ciudad de Abancay.

Hipótesis Alternativa H₁: $\bar{x} \neq \bar{y}$

\bar{x} ; σ_1 : media y desviación estándar de un concreto elaborado con cemento Yura tipo I + aditivo superplastificante.

\bar{y} ; σ_2 : media y desviación estándar de un concreto elaborado con cemento Sol tipo I +

aditivo superplastificante.

b) Nivel de significación

El nivel de significación es $\alpha = 0,05$ con un intervalo de confianza del 95%.

c) Elección del Estadístico de Prueba

Se emplea la "prueba t de Student" como prueba estadística porque el estudio es de tipo longitudinal y evalúa la resistencia de los concretos a través del tiempo en dos grupos con variables aleatorias numéricas.

$$S_p = \sqrt{\frac{(n_1 - 1)\sigma_1^2 + (n_2 - 1)\sigma_2^2}{n_1 + n_2 - 2}}$$

Los grados de libertad se calculan: $gl = n_1 + n_2 - 2 = 3 + 3 - 2 = 4$

Reemplazando los valores obtenidos en la tabla anterior, obtuvimos:

$$S_p = \sqrt{\frac{(3 - 1)(1.582)^2 + (3 - 1)(1.668)^2}{4}} = 1.63$$

El estadístico se calculó mediante la siguiente fórmula matemática:

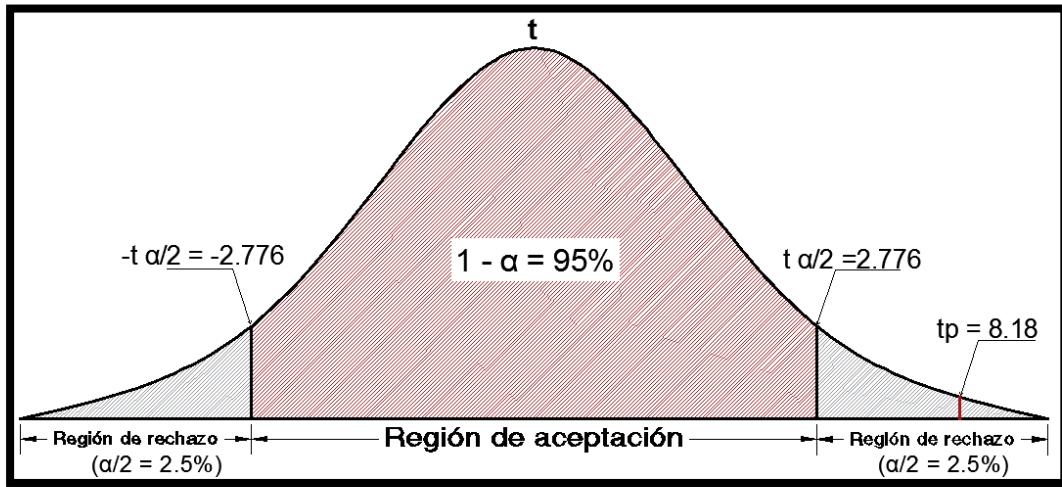
$$t_p = \frac{\bar{y} - \bar{x}}{S_p \sqrt{\left(\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2}\right)}} = \frac{342.380 - 331.498}{1.63 \sqrt{\left(\frac{1}{3} + \frac{1}{3}\right)}} = 8.176$$

Obtenemos "t - tabular" y por medio de la tabla estadística de distribución "t", para ello planteamos que: $1 - \alpha = 0.95$, dos colas ($\alpha/2$), si $\alpha=0.05$ entonces $\alpha/2 = 0.05/2=0.025$, teniendo en cuenta los grados de libertad que es: $gl = 4$

Contrastando valores con la figura N°12, se obtiene el valor de "t" entonces, $t = 2.776$

Figura 43

Diagrama bilateral para la contrastación de hipótesis del concreto elaborado con cemento portland Yura tipo I y cemento portland sol tipo I más aditivo superplastificante



Nota: Muestra de valores calculados para la toma de decisiones

d) Reglas y toma de decisiones

Ya que $|tp| > |t|$, se puede apreciar que “tp” no pertenece $\langle -2.776; 2.776 \rangle$, por lo tanto, rechazamos la hipótesis Nula $H_0: \bar{x} = \bar{y}$

Esto indica una significativa diferencia, en consecuencia: Se aceptó la hipótesis Alternativa $H_1: \bar{x} \neq \bar{y}$

e) Conclusiones

“Rechazamos H_0 ”

Porque $(t < tp)$ y $2.776 < 8.176$ concluimos que existe una alta diferencia significativa, por lo que podemos evidenciar lo suficiente para concluir que la marca y tipo de cemento influye significativamente en la resistencia a compresión del concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$,

elaborados con aditivo superplastificante y diferentes cementos portland, en la ciudad de Abancay.

Comparación de resistencias de un concreto con cementos portland Apu tipo GU y Yura tipo I + aditivo superplastificante.

Tabla 60

Resumen de los parámetros estadísticos de los concretos con cementos portland Apu tipo GU y Yura tipo I + aditivo superplastificante

Descripción	Grupo 1	Grupo 2
	concreto con APU tipo GU + A.superplastificante	concreto con YURA tipo I + A.superplastificante
Número de muestras	3	3
Media	278.419	331.498
Desviación estándar	1.567	1.582

Nota: Parámetros estadísticos por marca y tipo de cemento.

a) Formulación de la Hipótesis

Ho: La marca y tipo de cemento no influye significativamente en la resistencia a compresión del concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$, elaborados con aditivo superplastificante y diferentes cementos portland, en la ciudad de Abancay.

Hipótesis Nula Ho: $\bar{x} = \bar{y}$

H₁: La marca y tipo de cemento influye significativamente en la resistencia a compresión del concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$, elaborados con aditivo superplastificante y diferentes cementos portland, en la ciudad de Abancay.

Hipótesis Alternativa H₁: $\bar{x} \neq \bar{y}$

\bar{x} ; σ_1 : media y desviación estándar de un concreto elaborado con cemento Apu tipo GU + aditivo superplastificante.

\bar{y} ; σ_2 : media y desviación estándar de un concreto elaborado con cemento Yura tipo I + aditivo superplastificante.

b) Nivel de significancia

El nivel de significación es $\alpha = 0,05$ con un intervalo de confianza del 95%.

c) Elección del Estadístico de Prueba

Se empleará la "prueba t de Student" como prueba estadística porque el estudio es de tipo longitudinal y evalúa la resistencia de los concretos a través del tiempo en dos grupos con variables aleatorias numéricas.

$$S_p = \sqrt{\frac{(n_1 - 1)\sigma_1^2 + (n_2 - 1)\sigma_2^2}{n_1 + n_2 - 2}}$$

Los grados de libertad se calculan: $gl = n_1 + n_2 - 2 = 3 + 3 - 2 = 4$

Reemplazando los valores obtenidos en la tabla anterior, obtuvimos:

$$S_p = \sqrt{\frac{(3 - 1)(1.567)^2 + (3 - 1)(1.582)^2}{4}} = 1.57$$

El estadístico se calculó mediante la siguiente fórmula matemática:

$$t_p = \frac{\bar{y} - \bar{x}}{S_p \sqrt{\left(\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2}\right)}} = \frac{331.498 - 278.419}{1.57 \sqrt{\left(\frac{1}{3} + \frac{1}{3}\right)}} = 41.407$$

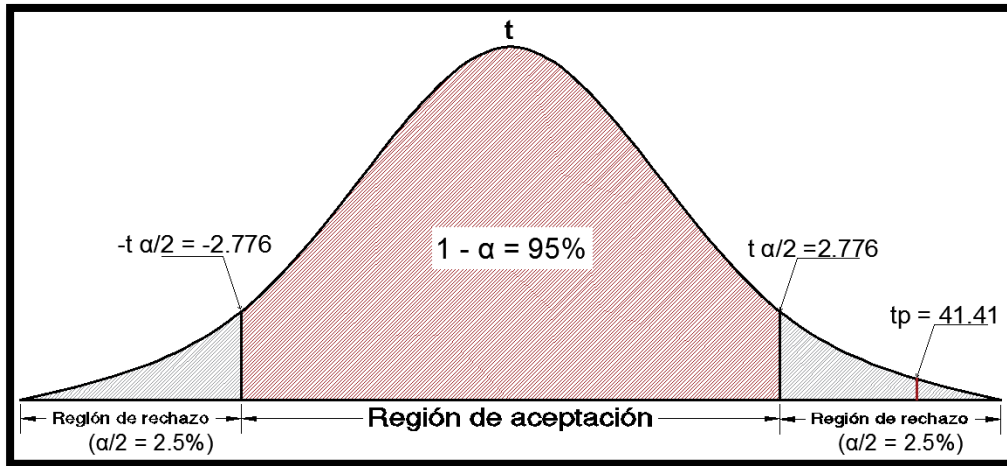
Obtenemos "t - tabular" y por medio de la tabla estadística de distribución "t", para ello planteamos que: $1 - \alpha = 0.95$, dos colas ($\alpha/2$), si $\alpha=0.05$ entonces $\alpha/2 = 0.05/2=0.025$, teniendo en cuenta los grados de libertad que es: $gl = 4$

Contrastando valores con la figura N°12, se obtiene el valor de "t" entonces, $t = 2.776$

Figura 44

Diagrama bilateral para la contrastación de hipótesis concreto con cemento portland

Apu tipo GU y cemento portland Yura tipo I más aditivo superplastificante.



Nota: muestra de valores calculados para la toma de decisiones

d) Reglas y toma de decisiones

Ya que $|tp| > |t|$, se puede apreciar que “tp” no pertenece $< -2.776; 2.776 >$, por lo tanto, rechazamos la hipótesis Nula $H_0: \bar{x} = \bar{y}$

Esto indica que, existe una significativa diferencia, en consecuencia: Se aceptó la hipótesis alternativa $H_1: \bar{x} \neq \bar{y}$

e) Conclusiones

“rechazamos H_0 ”

Por qué $(t < tp)$ y $2.776 < 41.407$ concluimos que existe una alta diferencia significativa, por lo que podemos evidenciar lo suficiente para concluir que la marca y tipo de cemento influye significativamente en la resistencia a compresión del concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$, elaborados con aditivo superplastificante y diferentes cementos portland, en la ciudad de Abancay.

Comparación de resistencias de un concreto con cementos portland Apu tipo GU y Sol tipo I + aditivo superplastificante.

Tabla 61

Resumen de los parámetros estadísticos de los concretos con cemento Apu tipo GU y Sol tipo I + aditivo superplastificante.

Descripción	Grupo 1	Grupo 2
	concreto con APU tipo GU + A.superplastificante	concreto con SOL tipo I + A.superplastificante
Número de muestras	3	3
Media	278.419	342.380
desviación estándar	1.567	1.668

Nota: Parámetros estadísticos por marca y tipo de cemento.

a) Formulación de la Hipótesis

Ho: La marca y tipo de cemento no influye significativamente en la resistencia a compresión del concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$, elaborados con aditivo superplastificante y diferentes cementos portland, en la ciudad de Abancay.

Hipótesis Nula Ho: $\bar{x} = \bar{y}$

H₁: La marca y tipo de cemento influye significativamente en la resistencia a compresión del concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$, elaborados con aditivo superplastificante y diferentes cementos portland, en la ciudad de Abancay.

Hipótesis Alternativa H₁: $\bar{x} \neq \bar{y}$

\bar{x} ; σ_1 : media y desviación estándar de un concreto elaborado con cemento Apu tipo GU + aditivo superplastificante.

\bar{y} ; σ_2 : media y desviación estándar de un concreto elaborado con cemento Sol tipo I + aditivo superplastificante.

b) Nivel de significancia

El nivel de significación es $\alpha = 0,05$ con un intervalo de confianza del 95%.

c) Elección del Estadístico de Prueba

Se empleará la "prueba t de Student" como prueba estadística porque el estudio es de tipo longitudinal y evalúa la resistencia de los concretos a través del tiempo en dos grupos con variables aleatorias numéricas.

$$S_p = \sqrt{\frac{(n_1 - 1)\sigma_1^2 + (n_2 - 1)\sigma_2^2}{n_1 + n_2 - 2}}$$

Los grados de libertad se calculan: $gl = n_1 + n_2 - 2 = 3 + 3 - 2 = 4$

Reemplazando los valores obtenidos en la tabla anterior, obtuvimos:

$$S_p = \sqrt{\frac{(3 - 1)(1.567)^2 + (3 - 1)(1.668)^2}{4}} = 1.62$$

El estadístico se calculó mediante la siguiente fórmula matemática:

$$t_p = \frac{\bar{y} - \bar{x}}{S_p \sqrt{\left(\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2}\right)}} = \frac{342.380 - 278.419}{1.62 \sqrt{\left(\frac{1}{3} + \frac{1}{3}\right)}} = 48.355$$

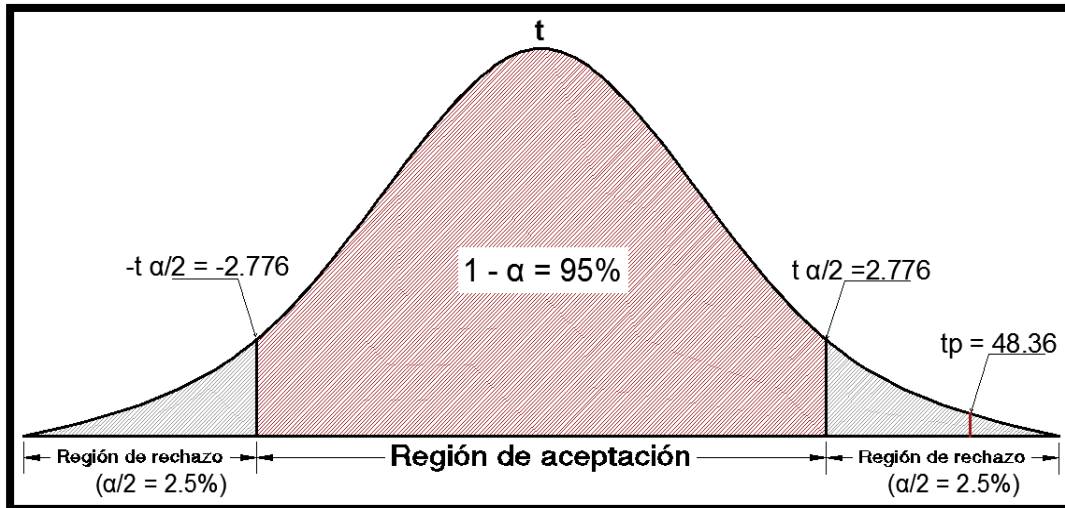
Obtenemos "t - tabular" y por medio de la tabla estadística de distribución "t", para ello planteamos que: $1 - \alpha = 0.95$, dos colas ($\alpha/2$), si $\alpha=0.05$ entonces $\alpha/2 = 0.05/2=0.025$, teniendo en cuenta los grados de libertad que es: $gl = 4$

Contrastando valores con la figura N°12, se obtiene el valor de "t" entonces, $t = 2.776$

Figura 45

Diagrama bilateral para la contrastación de hipótesis concreto con cemento portland

Apu tipo GU y cemento portland sol tipo I más aditivo superplastificante.



Nota: Muestra de valores calculados para la toma de decisiones

d) Reglas y toma de decisiones

Ya que $|tp| > |t|$, se puede apreciar que “tp” no pertenece $< -2.776; 2.776 >$, por lo tanto, rechazamos la hipótesis Nula $H_0: \bar{x} = \bar{y}$

Esto indica que, existe una significativa diferencia, en consecuencia: Se aceptó la hipótesis alternativa $H_1: \bar{x} \neq \bar{y}$

e) Conclusiones

“Rechazamos H_0 ”

Por qué $(t < tp)$ y $2.776 < 48.355$ concluimos que existe una alta diferencia significativa, por lo que podemos evidenciar lo suficiente para concluir que la marca y tipo de cemento influye significativamente en la resistencia a compresión del concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$, elaborados con aditivo superplastificante y diferentes cementos portland, en la ciudad de Abancay.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

Para el objetivo principal:

Según el objetivo principal, determinar las diferencias en la resistencia a compresión del concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ elaborados con aditivo superplastificante y diferentes cementos portland, en la ciudad de Abancay, en la página 117 del presente trabajo encontramos la tabla N° 51 donde se muestran los resultados que se obtuvieron, así tenemos que:

Tabla 51

Promedios de resistencia en concretos con aditivo superplastificante elaborados con diferentes cementos portland.

	Resistencia a la compresión promedio $f'c$ (kg/cm^2)		
	en días		
	7	14	28
Yura tipo I + aditivo superplastificante	235.38	290.87	331.50
Sol tipo I + aditivo superplastificante	249.52	308.90	342.38
Apu tipo GU + aditivo superplastificante	208.11	260.22	278.42

Nota: Muestra de las resistencias a diferentes edades.

Donde se pudo apreciar las diferencias existentes en las resistencias de los concretos estudiados, también se puede mencionar que en el día 28, donde los concretos alcanzan una óptima resistencia, el concreto elaborado con cemento Sol tipo I y aditivo superplastificante, tuvo una mayor resistencia llegando a los 342.38 kg/cm^2 , por otro lado, se observa que en el concreto con aditivo superplastificante y con cemento Yura tipo I tiene una resistencia de 331.5 kg/cm^2 , finalmente el concreto elaborado con aditivo y superplastificante con el cemento Apu tipo GU es la que tiene una menor resistencia con

278.42 kg/cm², de donde podemos mencionar que los concretos analizados cumplen con las resistencias especificadas en el diseño de mezcla, manteniendo ciertas diferencias.

Por lo tanto, se ha determinado las diferencias que existen en la resistencia a compresión del concreto $f'c = 210$ kg/cm² elaborados con aditivo superplastificante y diferentes cementos portland, en la ciudad de Abancay

Para el objetivo específico “a”:

Según el primer objetivo específico, se analizó la influencia de la marca y tipo de cemento en la resistencia a compresión del concreto $f'c = 210$ kg/cm² elaborados con aditivo superplastificante y diferentes cementos portland en la ciudad de Abancay, en donde se pudo apreciar las diferentes características del concreto en su estado fresco y endurecido.

Así, por ejemplo, en la tabla N° 40 (pag.104) se observó que la temperatura aumenta con el uso de aditivo superplastificante con respecto al concreto de control, en la tabla N°42 (pag.106) el contenido de aire en el concreto aumenta con el uso de aditivo superplastificante con respecto al concreto de control, así mismo en la tabla N° 43 (pag.107) se observó que el asentamiento aumenta con el uso de aditivo superplastificante con respecto al concreto de control mejorando la trabajabilidad del concreto al ser elaborado con las diferentes marcas y tipos de cemento. Con todas estas características se pudo ver que el concreto mejora su resistencia a compresión especificada en el diseño y en el concreto de control, tal como se evidencia en las tablas N° 50 y N° 51 en la página 116:

Tabla 50

Promedios de resistencia en concretos patrones elaborados con diferentes cementos portland.

	Resistencia A La Compresión Promedio f'c (Kg/Cm²)		
	En Días		
	7	14	28
Yura tipo I	219.05	277.51	305.57
Sol tipo I	228.27	281.38	317.47
Apu tipo GU	215.17	253.53	268.35

Nota: Muestra de las resistencias a diferentes edades.

Tabla 51

Promedios de resistencia en concretos con aditivo superplastificante elaborados con diferentes cementos portland.

	Resistencia a la compresión promedio f'c (kg/cm²)		
	en días		
	7	14	28
Yura tipo I + aditivo superplastificante	235.38	290.87	331.50
Sol tipo I + aditivo superplastificante	249.52	308.90	342.38
Apu tipo GU + aditivo superplastificante	208.11	260.22	278.42

Nota: Muestra de las resistencias a diferentes edades.

Donde se pudo apreciar la influencia que tienen las diferentes características encontradas de acuerdo a la marca y tipo de cemento en las resistencias de los concretos estudiados, también, se puede mencionar que en el día 28, donde el concreto alcanzó una óptima resistencia, el concreto elaborado con cemento Sol tipo I y aditivo superplastificante, tuvo una mayor resistencia llegando a los 342.38 kg/cm² teniendo un porcentaje de incidencia de 163.04% de la resistencia especificada f'c en el estudio, por otro lado, se observa que

en el concreto con aditivo superplastificante y con cemento Yura tipo I tiene una resistencia de 331.5 kg/cm^2 teniendo un porcentaje de incidencia de 157.86% de la resistencia que fue especificada $f'c$ en el estudio, finalmente el concreto elaborado con aditivo superplastificante y cemento Apu tipo GU es la que tiene una inferior resistencia de 278.42 kg/cm^2 , teniendo un porcentaje de incidencia de 132.58% de la resistencia especificada $f'c$ en el estudio, superando ampliamente a las resistencias obtenidas en las pruebas de control en donde se tuvieron resistencias de 305.57 kg/cm^2 , teniendo un porcentaje de incidencia de 145.51% de la resistencia especificada $f'c$ en el estudio con el cemento Yura tipo I, una resistencia de 317.47 kg/cm^2 con un porcentaje de incidencia de 151.18% de la resistencia especificada $f'c$ en el estudio con el cemento Sol tipo I y una resistencia de 268.35 kg/cm^2 con un porcentaje de incidencia de 127.78% de las resistencias especificadas $f'c$ en el estudio con el cemento Apu tipo GU, de donde podemos mencionar que los concretos analizados cumplen con las resistencias especificadas en los diseños de mezcla.

Para el objetivo específico “b”:

De acuerdo al segundo objetivo específico, en esta tesis se determinó una dosificación de aditivo superplastificante en la mezcla del concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ elaborados con diferentes cementos portland, en la ciudad de Abancay, las dosificaciones encontradas mejoran la trabajabilidad de los concretos en estado fresco y la resistencia a compresión en su estado endurecido en cada uno de los casos, también, es más económica con respecto al concreto patrón, las cuales mostramos a continuación según las tablas N° 35 (pag.99), tabla N° 37 (pag.100) y la tabla N° 39 (pag.101):

- 1) Diseño de mezcla para concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ elaborado con cemento Yura tipo I, con aditivo superplastificante, con una relación $a/c = 0.55$ y Slump de 3'' – 4'' para proporciones de: 1 bolsa de cemento, 1m^3 y por baldes de 20 lts.

Tabla 35

Diseño de mezcla para concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ elaborado con cemento Yura tipo I y aditivo superplastificante.

CANTIDAD DE MATERIALES Y PROPORCION								
Materiales	Cantidad /m ³		Proporción en Volumen por bolsa		Proporción en volumen para 1 m ³		Dosificación en Baldes (20 Litros)	
Cemento	297.59	Kg	1.00	Bolsa	7.002	bolsas	1.0	Bolsa
Agua	164.87	L	23.55	Lt	0.165	m ³	1.2	Baldes
Agr. Fino	804.48	Kg	2.58	pie ³	0.511	m ³	3.6	Baldes
Agr. Grueso	983.25	Kg	3.32	pie ³	0.658	m ³	4.6	Baldes
Aditivo superplastificante	2.80	lt	400.00	ml	2.80	lt		

Nota: Dosificación propuesta por el estudio de tesis.

- 2) Diseño de mezcla para concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ elaborado con cemento Sol tipo I, con aditivo superplastificante, con una relación $a/c = 0.55$ y Slump de 3'' – 4'' para proporciones de: 1 bolsa de cemento, 1m^3 y por baldes de 20 lts.

Tabla 37

Diseño de mezcla para concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ elaborado con cemento Sol tipo I y aditivo superplastificante.

CANTIDAD DE MATERIALES Y PROPORCION								
Materiales	Cantidad /m ³		Proporción en Volumen por bolsa		Proporción en volumen para 1 m ³		Dosificación en Baldes (20 Litros)	
Cemento	297.59	Kg	1.00	Bolsa	7.002	bolsas	1.0	Bolsa
Agua	164.87	L	23.55	Lt	0.165	m ³	1.2	Baldes
Agr. Fino	803.08	Kg	2.57	pie ³	0.510	m ³	3.6	Baldes
Agr. Grueso	981.54	Kg	3.31	pie ³	0.657	m ³	4.6	Baldes
Aditivo superplastificante	2.80	lt	400.00	ml	2.80	lt		

Nota: Dosificación propuesta por el estudio de tesis.

- 3) Diseño de mezcla para concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ elaborado con cemento Apu tipo GU, con aditivo superplastificante, con una relación $a/c = 0.55$ y Slump de 3'' – 4'' para proporciones de: 1 bolsa de cemento, 1m^3 y por baldes de 20 lts.

Tabla 39

Diseño de mezcla para concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ elaborado con cemento Apu tipo GU y aditivo superplastificante.

CANTIDAD DE MATERIALES Y PROPORCION								
Materiales	Cantidad / m^3		Proporción en Volumen por bolsa		Proporción en volumen para 1 m^3		Dosificación en Baldes (20 Litros)	
Cemento	297.59	Kg	1.00	Bolsa	7.002	bolsas	1.0	Bolsa
Agua	164.87	L	23.55	Lt	0.165	m^3	1.2	Baldes
Agr. Fino	799.21	Kg	2.56	pie^3	0.507	m^3	3.6	Baldes
Agr. Grueso	976.82	Kg	3.30	pie^3	0.654	m^3	4.6	Baldes
Aditivo superplastificante	2.80	lt	400.00	ml	2.80	lt		

Nota: Dosificación propuesta por el estudio de tesis.

RECOMENDACIONES

Para la conclusión general.

A las personas dedicadas e involucradas en la construcción, se recomienda tener presente la variación de las resistencias a compresión de los concretos elaborados con aditivos superplastificante y diferentes cementos portland para poder determinar la calidad de sus trabajos, así también a las entidades involucradas en la tecnología del concreto, a los centros de investigación como universidades y empresas privadas, realizar más estudios de ensayos mecánicos para obtener mejores resultados con algún producto de aditivo superplastificante que estén al alcance del público en general para mejorar las propiedades mecánicas, durabilidad y costo del concreto para el uso en edificaciones autoconstruidas.

Para la conclusión del objetivo específico “a”:

A las personas involucradas en el trabajo constructivo donde se hace uso del concreto elaborado con aditivo superplastificante, se recomienda tener presente la marca y tipo del cemento portland de acuerdo a los requerimientos necesitados, ya que las variaciones en las propiedades del concreto fresco influyen en la resistencia a compresión del concreto endurecido, así como también tener presente los resultados encontrados en investigaciones como esta para tener mayor referencia acerca del tema.

Para la conclusión del objetivo específico “b”:

Durante el trabajo constructivo se recomienda tener un adecuado control en la elaboración del concreto y la dosificación en el uso del aditivo superplastificante, hacer uso de dosificaciones establecidas mediante una investigación como en la presente tesis para evitar casos desfavorables para no incurrir en gastos insulsos y generar concretos no deseados, más al contrario poder tener un concreto más económico tal como se mostró en el análisis de costos (VER ANEXO J) en la elaboración del concreto con aditivo superplastificante y diferentes tipos de cemento portland.

Otras recomendaciones:

A las diferentes entidades, profesionales y personas dedicadas a la construcción, se recomienda estar en una constante capacitación y actualización en las nuevas tecnologías de la construcción referidas al uso del concreto con aditivo superplastificante, ya que estas cambian constantemente además por la aparición de nuevos y mejorados productos de aditivo superplastificantes en el mercado, así poder optimizar el precio y mejorar la calidad del concreto en la construcción.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abanto Castillo, F. (2009). *Tecnología del concreto*. Lima, Perú: Editorial San Marcos E.I.R.L.
- Bernal Díaz, D. (2017). Optimización de la resistencia a compresión del concreto, elaborado con cementos tipo I y aditivos superplastificantes. (*Tesis de maestría*). Universidad Nacional de Cajamarca, Cajamarca, Perú.
- Burgos Pauro, E. G. (2012). Variación del módulo de finura del agregado fino de 3.0 a 3.6 en concretos de mediana a baja resistencia. (*tesis de pregrado*). Universidad Nacional de Ingeniería, Lima, Perú.
- Cortes Gomez, E. A., & Perilla Sastoque, J. E. (2014). Estudio comparativo de las características físico-mecánicas de cuatro cementos comerciales portland tipo I. (*Tesis de pregrado*). Universidad Militar Nueva Granada, Bogotá.
- Dirven, B. B., Pérez, R., Cáceres, R. J., Tito, A. T., Gómez, R. K., & Ticona, A. (2018). *El desarrollo rural establecido en las áreas vulnerables*. Lima: Colección Racso.
- Ferrel Sinte, H., & Moreano Huacana, E. (2019). Evaluación de la calidad de los agregados provenientes de las canteras en el sector de Pachachaca-Abancay y su influencia en la resistencia del concreto empleado en obras civiles de Abancay-Apurímac, 2018. (*tesis de pregrado*). Universidad Tecnológica de los Andes, Abancay, Apurímac, Perú.
- Gutiérrez Barahona, L. E. (2018). Evaluación de las ventajas técnicas y económicas del empleo de aditivos superplastificantes en los concretos de resistencias convencionales. (*Tesis de Pregrado*). Universidad Nacional Federico Villarreal, Lima, Perú.

- Gutiérrez de López, L. (2003). *El concreto y otros materiales para la construcción*. Colombia: Centro de publicaciones Universidad Nacional de Colombia Sede Manizales.
- Hernandez Sampieri, Roberto, Fernandez Collado, C., & Baptista Lucio, P. (2014). *Metodología de la Investigación* (6ta edición ed.). Mexico: Graw-Hill / Interamericana Editores, S.A. de C.V.
- Herrería Cisneros, S. E., & Villegas Dávila, F. M. (2008). Módulos de elasticidad y curvas de esfuerzo deformación, en base a la compresión del hormigón a 21, 28, 35 mpa. (*Tesis de pregrado*). Escuela Politécnica Del Ejército, Sangolquí.
- Huarcaya Gonzales, A. A. (2019). Análisis de las propiedades físico mecánicas de cementos pórtland tipo I en lima metropolitana. (*Tesis de Pegrado*). Universidad Ricardo Palma, Lima, Perú.
- INACAL. (20 de noviembre de 2015). 334.088. *CEMENTOS. Aditivos químicos en pastas, morteros y concreto. Especificaciones*. Lima, Lima, Perú.
- INACAL. (22 de diciembre de 2015). NTP 339.033. *CONCRETO. Práctica normalizada para la elaboración y curado de especímenes de concreto en campo*. Lima , Lima, Lima.
- INACAL. (30 de Enero de 2018). NTP 400.037. *AGREGADOS. Agregados para concreto. Requisitos*. Lima, Lima, Perú.
- INDECOPI. (16 de Mayo de 2002). NTP 339.184 . *HORMIGÓN (CONCRETO). Método de ensayo normalizado para determinar la temperatura de mezclas de*. Lima, Lima, Perú.
- INDECOPI. (03 de diciembre de 2008). NTP 334.082. *Cementos. Cementos Portland. Especificación de la Performance*. Lima, Lima, Perú.

- INDECOPI. (25 de Enero de 2008). NTP 339.034. *HORMIGÓN (CONCRETO). Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto, en muestras cilíndricas*. Lima, Lima, Perú.
- INDECOPI. (23 de diciembre de 2009). 339.035. *HORMIGÓN (CONCRETO). Método de ensayo para la medición del asentamiento del concreto de cemento*. Lima, Lima, Perú.
- INDECOPI. (23 de Diciembre de 2009). NTP 339.035. *HORMIGÓN (CONCRETO). Método de ensayo para la medición del asentamiento del concreto de cemento Portland*. Lima, Lima, Perú.
- INDECOPI. (xx de xx de 2011). PNTP 339.081. *HORMIGÓN (CONCRETO) Método de ensayo volumétrico para determinar el contenido de aire del hormigón fresco*. Lima, Lima, Perú.
- INDECOPI. (17 de julio de 2013). NTP 334.009. *CEMENTOS, cemento portland requisitos*. Lima, Lima, Perú.
- Kosmatka, S., Kerkhoff, B., Panarese, W., & Tanesi, J. (2004). *Diseño y Control de Mezclas de Concreto*. Skokie, Illinois, EE.UU. Obtenido de www.cement.org
- Leal Rozo, R., & Echeverry Vergara, S. (2020). *Fluidez y resistencia a compresión de seis marcas de cemento de uso general. Tesis de pregrado*. Universidad Piloto De Colombia Seccional Del Alto Magdalena, Girardot, Cundinamarca, Colombia.
- Leandro Oviedo, G. (2015). *Estadística y Probabilidad con Aplicaciones*. Publitex (Edu).
- Ministerio de transportes y comunicaciones. (2016). *Manual de ensayo de materiales*. Lima.
- Neville M, A. (1999). *Tecnología del Concreto*. Mexico: Instituto Mexicano del cemento y del concreto A.C.

- Ñahuirima Cabezas, J. R. (2022). Diseño e incidencia del aditivo superplastificante en las propiedades de trabajabilidad y resistencia a la compresión del concreto estructural $f'c = 175 \text{ kgf/cm}^2$, 210 kgf/cm^2 y 280 kgf/cm^2 en edificaciones de la ciudad de Abancay. (*Tesis de pregrado*). Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac, Abancay, Perú.
- Pacheco, J. (2019). *Metodo comparativo*. web y empresas.
- Palomino Roman, J. H. (2017). Estudio Comparativo en la Autoconstrucción de Edificaciones Utilizando Concreto Autocompactante con la Incorporación de Aditivo Superplastificante Frente al Concreto Convencional Realizados en la Cuidad de Abancay. (*Tesis de Pregrado*). Universidad Tecnologica de los Andes, Abancay, Perú.
- Pasquel Carbajal, E. (1998). *Tópicos de tecnología del concreto*. Lima, Perú: Colegio de Ingenieros del Perú.
- Pimienta, J., & Orden, A. d. (2017). *Metodología de la Investigación*. Pearson Educacion de Mexico S.A.
- Polanco Rodríguez, A. (2002). *Manual de Prácticas de Laboratorio de Concreto*. Chihuahua, México : Universidad Autónoma de Chihuahua.
- Quintero Vega, C., & Herrera Rueda, C. M. (2021). Aditivos reductores de agua de alto rango o superplastificantes y su efecto en las propiedades del concreto. *Monografía de pregrado*. Universidad Francisco De Paula Santander Ocaña, Ocaña, Colombia.
- Ramos Jaico, J. M. (2018). Adición del Aditivo Sikament-290N en la elaboración de concreto de alta resistencia. (*Tesis de Pregrado*). Universidad Cesar Vallejo, Lima, Perú.
- Rivva López, E. (2000). *Naturaleza y materiales del concreto*. Lima, Perú.

- Sanchez Chavez, H. N. (2020). Resistencia a la compresión del concreto $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ utilizando los aditivos sika superplastificante viscoflow 50 y chema plast con canteras de cerro y río - cajamarca 2020. (*tesis de pregrado*). Universidad Privada del Norte, Cajamarca, Perú.
- Sánchez De Guzmán, D. (2001). *Tecnología del concreto y del mortero*. Colombia: Bhandar Editores.
- Sanchez Valverde (2022). “Influencia de la incorporación de poliestireno en el asentamiento, peso unitario, resistencia a compresión y flexión en un concreto $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ utilizando material de la zona - Abancay 2022”. (Tesis De Pregrado). Universidad Tecnologica de los Andes, Apurimac, Perú.
- Tapia Montenegro, K. S. (2020). Desempeño de las propiedades físicas y mecánicas de un concreto $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ por efecto de los cementos pacasmayo, quisqueya y qhuna en la región lambayeque. (*Tesis De Pregrado*). Universidad de San Martin De Porres, Lima, Perú.
- Tapia Montenegro, K. S. (2020). Desempeño de las propiedades físicas y mecánicas de un concreto $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ por efecto de los cementos pacasmayo, quisqueya y qhuna en la región lambayeque. (*tesis de pregrado*). Universidad De San Martin De Porres, Lima, Perú.
- Tesillo Ayala, A. (2015). Estudio de las propiedades del concreto en estado fresco y endurecido con cemento Pórtland tipo 1 y utilizando un aditivo plastificante. (*Tesis de pregrado*). Universidad Nacional de Ingeniería, Lima, Perú.
- Torre c., A. (2004). *Curso básico de tecnología del concreto*. Lima, Perú.
- Tovar, G. L. (1986). *El asentamiento y la segregación de los Blancos y Mestizos*. Bogotá: Cengage.
- Umiri Flores, D. (2019). *Curado del concreto*. Blog de la construccion.

ANEXOS

Anexo A. Matriz de consistencia.

Anexo B. Ficha de observación para el mercado comercial de las marcas de cemento y aditivo superplastificante en la ciudad de Abancay – 2022.

Anexo C. Diseños de mezcla para el concreto de control y el concreto con aditivo superplastificante.

Anexo D. Cuadros de resultados de resistencia a compresión.

Anexo E. Estudio de material de cantera de agregados de la cantera de Murillo.

Anexo F. Fichas técnicas.

Anexo G. Certificados de calibración de los equipos usados en las pruebas de ensayo en el concreto fresco y endurecido.

Anexo H. Documentos de interacción en el desarrollo del trabajo de investigación.

Anexo I. Panel fotográfico.

Anexo J. Análisis comparativo de los costos por 1m^3 de concreto patrón frente a un concreto elaborado con aditivo superplastificante y diferentes marcas de cementos portland.

Anexo K. Antecedentes administrativos.

Los anexos, panel fotográfico y otros documentos están resguardados en la oficina del repositorio digital institucional en la Biblioteca Central de la Universidad Tecnológica de los

Andes.