



UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE LOS ANDES

Facultad de Ingeniería

Escuela Profesional de Ingeniería Civil

Tesis

**INFLUENCIA DEL CURADO EN LA RESISTENCIA A LA
COMPRESIÓN DEL CONCRETO PREPARADO CON CEMENTO
PORTLAND TIPO I Y CEMENTO PUZOLÁNICO TIPO IP EN LA
CIUDAD DE ABANCAY – APURIMAC**

Para optar el título de:

Ingeniero Civil

Presentado por:

Bach. CUELLAR LOAIZA, Julio Cesar

Bach. SEQUEIROS ARONE, Walker

Asesor:

Ing. Hugo V. ACOSTA VALER

Abancay – Apurímac – Perú

2017

TITULO DE TESIS

**INFLUENCIA DEL CURADO EN LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN
DEL CONCRETO PREPARADO CON CEMENTO PORTLAND TIPO I Y
CEMENTO PUZOLÁNICO TIPO IP EN LA CIUDAD DE ABANCAY –
APURIMAC**

Línea de investigación

CONSTRUCCION

Asesor:

Ing. Hugo V. ACOSTA VALER

DEDICATORIA

BACH. JULIO CESAR CUELLAR LOAIZA

En primer lugar a **Dios** por permitir lograr una meta más en el camino de la vida que recorreremos.

A mis padres **Clara Loaiza Huamán, Julio Cuellar Silva** que siempre brindaron los apoyos en mi formación.

A mis hermanos **Liz y Coco** que siempre están apoyándome.

A mis **docentes** de la carrera profesional de ingeniería civil quienes brindaron sus conocimientos para demostrar en el campo laboral.

BACH. WALKER SEQUEIROS ARONE

Quiero expresar mi más sincero agradecimiento hacia mis padres, **María Arone Muñoz y Quintín Sequeiros Escalante**, que siempre estuvieron a mi lado en todo momento mostrándome ese apoyo que tanto necesitaba para poder lograr mis objetivos.

A mi hermano **Franklin** que me comprendía y apoyaba en todo momento para poder realizar este trabajo de investigación.

A mi novia **Luzmery** que me alentaba a salir adelante en esos momentos en los que sentía que ya no podía más y motivarme cada día a lograr mis sueños y seguir adelante.

AGRADECIMIENTO

De forma conjunta, agradecemos a nuestro asesor, **Ing. Hugo V. Acosta Valer**, por la orientación, la crítica y los comentarios brindados que sin ellos no hubiese sido posible encaminar el proyecto de investigación y poder culminarlo.

Al laboratorio **GEOLEF** del Sr. Lucho Farfán Huamani por permitirnos realizar nuestro trabajo y las diferentes pruebas necesarias para poder cumplir con los objetivos planteados en la investigación y agradecer todo el apoyo recibido de forma incondicional.

INDICE

TITULO DE TESIS	II
DEDICATORIA	III
AGRADECIMIENTO	IV
INDICE	V
INDICE DE TABLAS	IX
INDICE DE IMAGEN	XII
ABSTRACT	XVI
INTRODUCCION	XVIII
CAPITULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	1
1.1 DESCRIPCION DEL PROBLEMA	1
1.2 FORMULACION DEL PROBLEMA	1
1.2.1 PROBLEMA GENERAL	1
1.2.2 PROBLEMA ESPECIFICO	1
1.3 JUSTIFICACION	2
1.4 LIMITACION DE LA INVESTIGACION	3
1.5 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACION	3
1.5.1 OBJETIVOS GENERALES	3
1.5.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS	3
CAPITULO II: MARCO TEÓRICO	4
2.1 ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN	4
2.1.1 ANTECEDENTES ÁMBITO NACIONAL	4
2.1.2 ANTECEDENTES ÁMBITO INTERNACIONAL	4
2.1.3 ANTECEDENTES ÁMBITO LOCAL	5
2.2 MARCO CONCEPTUAL	5
2.2.1 CONCRETO	5
2.2.2 CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS DEL CONCRETO	7
2.2.3 UNIDAD DE MEDIDA PATRÓN	8
2.2.4 CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DEL CONCRETO	9
2.2.5 REQUISITOS DE LAS MEZCLAS	10
2.2.6 COMPOSICIÓN DEL CONCRETO	10
2.2.7 CLASIFICACIÓN DEL CONCRETO	12
2.2.8 AGREGADOS	13
2.2.9 GRANULOMETRÍA	18
2.2.10 SEGÚN LA CLASIFICACIÓN SUCS	20

2.2.11	MÓDULO DE FINURA (M.F).....	20
2.2.12	MATERIAL QUE PASA LA MALLA N°200.....	21
2.2.13	TAMAÑO MÁXIMO NOMINAL.....	22
2.2.14	PROPIEDADES MECÁNICAS DE LOS AGREGADOS.....	22
2.2.15	PROPIEDADES TÉRMICAS DE LOS AGREGADOS.....	23
2.2.16	PROPIEDADES QUÍMICAS DE LOS AGREGADOS.....	24
2.2.17	FUNCIONES DEL AGREGADO.....	24
2.2.18	PROCESO DE PRODUCCIÓN.....	25
2.2.19	CEMENTO.....	26
2.2.20	ALMACENAMIENTO DEL CEMENTO.....	38
2.2.21	AGUA.....	39
2.2.22	EL AGUA DE MEZCLA.....	40
2.2.23	EL AGUA PARA CURADO.....	41
2.2.24	UTILIZACIÓN DE AGUA NO POTABLE.....	42
2.2.25	AGUAS PROHIBIDAS.....	43
2.2.26	REQUISITOS DEL COMITÉ 318 DEL ACI.....	43
2.2.27	NORMAS DE ENSAYO PARA EL AGUA.....	44
2.2.28	CURADO.....	45
2.2.29	DISEÑO DE MEZCLA.....	49
2.2.30	DESCRIPCIÓN DE NORMAS.....	56
CAPITULO III: METODOLOGIA DE LA INVESTIGACION.....		63
3.1	TIPO DE INVESTIGACION.....	63
3.2	NIVEL DE INVESTIGACION.....	63
3.3	METODO DE INVESTIGACION.....	63
3.4	INSTRUMENTO.....	64
3.5	TECNICA.....	64
3.6	SISTEMA DE VARIABLES.....	65
CAPITULO IV: HIPOTESIS.....		66
4.1	FORMULACION DE HIPOTESIS.....	66
4.1.1	HIPOTESIS GENERAL.....	66
4.1.2	HIPOTESIS ESPECIFICA.....	66
4.1.3	HIPOTESIS NULA.....	66
4.2	MUESTRA DE ESTUDIO.....	67
4.2.1	UNIVERSO OBJETIVO.....	67
4.2.2	UNIVERSO MUESTRAL.....	67
4.2.3	MUESTRA.....	67

CAPITULO V: ESTUDIO DE LOS MATERIALES	68
5.1 CEMENTO	68
5.1.1 CEMENTO PORTLAND TIPO 1	68
5.1.2 CEMENTO PUZOLÁNICO IP	68
5.1.3 EL CEMENTO TIPO I Y CEMENTO TIPO IP	69
5.2 AGREGADO	70
5.2.1 LOCALIZACIÓN DE LOS BANCOS	70
5.2.2 PROPIEDADES DEL AGREGADO	73
5.2.3 ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE AGREGADOS GRUESOS Y FINOS	
74	
a. Granulometría de la cantera de “Ballón”	86
b. Granulometría de la cantera de “Quispe”	88
c. Granulometría de la cantera de “GAMARRA”	90
d. Granulometría de la cantera de “AYMITUMA”	91
5.2.4 PESO UNITARIO	93
CAPÍTULO VI: PRODUCCION DE CONCRETO	102
6.1. DISEÑO DE MEZCLA	102
6.2. PROCESO DE ELABORACIÓN DEL CONCRETO	112
6.2.1 CRONOGRAMA DE ELABORACIÓN DE CONCRETO	113
6.2.2 CRONOGRAMA DE PRUEBAS DE COMPRESIÓN DE LOS MOLDES DE CONCRETO	114
6.2.3 ASENTAMIENTO DEL CONCRETO (SLUMP)	115
6.2.4 CONDICIONES CLIMÁTICAS EN EL PROCESO DE ELABORACIÓN DEL CONCRETO	117
6.3. ELABORACIÓN Y CURADO DE TESTIGOS CILÍNDRICOS	118
6.3.1 TESTIGOS CILÍNDRICOS SUMERGIDOS	118
6.3.2 TESTIGOS CILÍNDRICOS CURADOS	119
6.3.3 TESTIGOS CILÍNDRICOS EN LA INTEMPERIE	119
CAPÍTULO VII: PROCESAMIENTO E INTERPRETACION DE DATOS	120
7.1 ANALISIS COMPARATIVO DEL CONCRETO EN ESTADO FRESCO	120
7.1.1 INTRODUCCIÓN	120
7.1.2 ANÁLISIS DE LA RELACIÓN ENTRE SLUMP DE DISEÑO VS SLUMP OBTENIDO	120
7.1.3 ANÁLISIS DE LA RELACIÓN ENTRE TEMPERATURA DEL CONCRETO VS TEMPERATURA AMBIENTE	121
7.1.4 ANÁLISIS COMPARATIVO CON CEMENTO PORTLAND TIPO I Y CEMENTO PUZOLÁNICO TIPO IP EN CONDICIONES DE CURADO	123
7.1.5 ENVIÓ DE TESTIGOS AL LABORATORIO	135

7.2	EVALUACIÓN DE RESULTADOS DE LAS PRUEBAS A COMPRESIÓN.....	136
7.2.1	ENSAYOS EN CONCRETO ENDURECIDO	136
7.2.2	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN	136
7.2.3	NORMA DE PROCEDIMIENTOS DE CORONAMIENTO CAPPING REFERENCIA: ASTM C617, INTE-06-01-03	141
7.2.4	RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE COMPRESIÓN DE LOS ESPECÍMENES CILÍNDRICOS DE CONCRETO.	142
7.2.5	ANÁLISIS ESTADÍSTICOS DE LOS ENSAYOS OBTENIDOS	150
7.2.6	ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA RESISTENCIA ENTRE LAS CONDICIONES DE CURADO	154
7.2.7	ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA RESISTENCIA ENTRE EL CEMENTO PORTLAND TIPO I Y CEMENTO PUZOLÁNICO TIPO IP	167
7.3	CURVA DE DESARROLLO DE LA RESISTENCIA DEL CONCRETO	174
7.3.1	CURVA DE TENDENCIA DE DESARROLLO DE LA RESISTENCIA PARA CONCRETO CON CEMENTO TIPO IP EN CONDICIÓN C-1, C-2 Y C-3 ...	174
CAPITULO VIII: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		186
8.1	CONCLUSIONES.....	186
8.2	RECOMENDACIONES	188
BIBLIOGRAFIA.....		189
REFERENCIA ELECTRÓNICA.....		190
CAPITULO IX: ANEXOS		191
Anexo 1: Matriz de consistencia		193
Anexo 2: Certificado de calibración de equipos.....		192
Anexo 3: Protocolos de diseño de mezcla “Método Walker”		199
Anexo 4: Protocolos de preparación de concreto.....		214
Anexo 5: Protocolos de pruebas de compresión en concreto endurecido.....		240

INDICE DE TABLAS

Tabla 1: Limite granulométrico fino NTP 400.37	19
Tabla 2: Requisito granulométrico para agregado grueso (ASTM C33).....	19
Tabla 3: Valores de módulos elásticos	23
Tabla 4: Límites permisibles para el agua de mezcla y curado según NTP 339.088....	41
Tabla 5: Requisitos mínimos del agua para curado.....	42
Tabla 6: Resistencia promedio a la compresión requerida cuando no hay datos disponibles para establecer una desviación estándar de muestra.....	52
Tabla 7: Nivel de control de la resistencia a la compresión promedio.....	52
Tabla 8: Normativa de medición de temperatura	57
Tabla 9: Consistencia del concreto.....	58
Tabla 10: Normativa de asentamiento de concreto	58
Tabla 11: Tiempo mínimo de mezclado recomendado	61
Tabla 12: Operacionalización de Variables.....	65
Tabla 13: Límites de la granulometría Agregado fino ASTM C-33.....	75
Tabla 14: Análisis granulométrico del agregado fino Cantera “Ballón”	75
Tabla 15: Análisis granulométrico del agregado fino Cantera “Quispe”	77
Tabla 16: Análisis granulométrico del agregado fino Cantera “Gamarra”	79
Tabla 17: Análisis granulométrico del agregado fino Cantera “Aymituma”	81
Tabla 18: Resultados comparativos del análisis granulométrico	83
Tabla 19: Límites de la granulometría Agregado grueso ASTM C-33.....	86
Tabla 20: Resultados promedios de análisis granulométrico cantera “BALLON”	87
Tabla 21: Resultados promedios de análisis granulométrico cantera “Quispe”	89
Tabla 22: Resultados promedios de análisis granulométrico cantera “Gamarra”	90
Tabla 23: Resultados promedios de análisis granulométrico cantera “Aymituma”	91
Tabla 24: Resultados promedios peso específico unitario compactado agregado grueso.....	94
Tabla 25: Resultados promedios peso específico unitario compactado agregado fino	95
Tabla 26: Resultados promedios peso específico unitario suelto agregado grueso	96
Tabla 27: Resultados promedios peso específico unitario suelto agregado fino	97
Tabla 28: Resultados de peso específico y % de absorción	99
Tabla 29: Resultados de peso específico y % de absorción	100
Tabla 30: Relación del diseño de mezclas.....	113
Tabla 31: Cronograma de preparación de concreto en el clima de Abancay	114
Tabla 32: Cronograma de preparación de concreto en el clima de Pachachaca	114
Tabla 33: Cronograma de rotura de probetas en el clima de Abancay	115
Tabla 34: Cronograma de rotura de probetas en el clima de Pachachaca.....	115
Tabla 35: Control de Slump elaborado en campo.....	117
Tabla 36: Cuadros de control de la temperatura del ambiente en la preparación de concreto	118
Tabla 37: Variación del desarrollo del concreto en la condición de curado 1 (C-1) a los 7 días en la ciudad de Abancay y la localidad de Pachachaca	124
Tabla 38: Variación del desarrollo del concreto en la condición de curado 1 (C-1) a los 14 días en la ciudad de Abancay y la localidad de Pachachaca	125
Tabla 39: Variación del desarrollo del concreto en la condición de curado 1 (C-1) a los 21 días en la ciudad de Abancay y la localidad de Pachachaca	126

Tabla 40: Variación del desarrollo del concreto en la condición de curado 1 (C-1) a los 28 días en la ciudad de Abancay y la localidad de Pachachaca	127
Tabla 41: Variación del desarrollo del concreto en la condición de curado 2 (C-2) a los 7 días en la ciudad de Abancay y la localidad de Pachachaca	128
Tabla 42: Variación del desarrollo del concreto en la condición de curado 2 (C-2) a los 14 días en la ciudad de Abancay y la localidad de Pachachaca	129
Tabla 43: Variación del desarrollo del concreto en la condición de curado 2 (C-2) a los 21 días en la ciudad de Abancay y la localidad de Pachachaca	129
Tabla 44: Variación del desarrollo del concreto en la condición de curado 2 (C-2) a los 28 días en la ciudad de Abancay y la localidad de Pachachaca	130
Tabla 45: Variación del desarrollo del concreto en la condición de curado 3 (C-3) a los 7 días en la ciudad de Abancay y la localidad de Pachachaca	131
Tabla 46: Variación del desarrollo del concreto en la condición de curado 3 (C-3) a los 14 días en la ciudad de Abancay y la localidad de Pachachaca	132
Tabla 47: Variación del desarrollo del concreto en la condición de curado 3 (C-3) a los 21 días en la ciudad de Abancay y la localidad de Pachachaca	133
Tabla 48: Variación del desarrollo del concreto en la condición de curado 3 (C-3) a los 28 días en la ciudad de Abancay y la localidad de Pachachaca	135
Tabla 49: Tolerancia permisible del ensayo “resistencia a la compresión”	140
Tabla 50: Resultados de resistencia alcanzada por tanda condición y edad – cemento puzolánico tipo IP-clima Abancay	143
Tabla 51: Resultados de resistencia alcanzada por tanda condición y edad – cemento puzolánico tipo IP-clima Abancay	144
Tabla 52: Resultados de resistencia alcanzada por tanda condición y edad – cemento puzolánico tipo IP-clima Abancay	144
Tabla 53: Resultados de resistencia alcanzada por tanda condición y edad – cemento puzolánico tipo IP-clima Abancay	145
Tabla 54: Resultados de resistencia alcanzada por tanda condición y edad – cemento portland tipo I – clima Abancay	145
Tabla 55: Resultados de resistencia alcanzada por tanda condición y edad – cemento portland tipo I – clima Abancay	146
Tabla 56: Resultados de resistencia alcanzada por tanda condición y edad – cemento portland tipo I – clima Abancay	146
Tabla 57: Resultados de resistencia alcanzada por tanda condición y edad – cemento portland tipo I – clima Abancay	146
Tabla 58: Resultados de resistencia alcanzada por tanda condición y edad – cemento puzolanico tipo IP – clima Pachachaca	147
Tabla 59: Resultados de resistencia alcanzada por tanda condición y edad – cemento puzolanico tipo IP – clima Pachachaca	147
Tabla 60: Resultados de resistencia alcanzada por tanda condición y edad – cemento puzolanico tipo IP – clima Pachachaca	147
Tabla 61: Resultados de resistencia alcanzada por tanda condición y edad – cemento portland tipo I – clima Pachachaca.....	148
Tabla 62: Resultados de resistencia alcanzada por tanda condición y edad – cemento portland tipo I – clima Pachachaca.....	148
Tabla 63: Resultados de resistencia alcanzada por tanda condición y edad – cemento portland tipo I – clima Pachachaca.....	148
Tabla 64: Resistencia por edades y con sus respectivos promedios según condición clima Abancay.....	149

Tabla 65: Resistencia por edades y con sus respectivos promedios según condición clima Pachachaca.	150
Tabla 66: Principales fuentes de variación de la resistencia en compresión del concreto	151
Tabla 67: Desviación estándar y coeficiente de variación de resistencia en condiciones diferentes	153
Tabla 68: Resumen de resistencias kg/cm ² por edad y condición del concreto.....	155
Tabla 69: Resistencia de cada condición expresada en porcentaje	161
Tabla 70: Comparaciones porcentuales y variaciones entre método de curado en la ciudad de Abancay con cemento tipo IP	162
Tabla 71: Comparaciones porcentuales y variaciones entre método de curado en la localidad de Pachachaca con cemento tipo IP	163
Tabla 72: Comparaciones porcentuales y variaciones entre método de curado en la ciudad de Abancay con cemento tipo I	164
Tabla 73: Comparaciones porcentuales y variaciones entre método de curado en la localidad de Pachachaca con cemento tipo IP	165
Tabla 74: Variación de curado – Abancay cemento tipo IP.....	166
Tabla 75: Variación de curado – Abancay cemento tipo I	166
Tabla 76: Variación de curado - Pachachaca cemento tipo IP	166
Tabla 77: Variación de curado - Pachachaca cemento tipo I.....	166
Tabla 78: Resistencia a la compresión del concreto en porcentaje teniendo como base $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2 = 100\%$	167
Tabla 79: Resumen de variación porcentual comparando condiciones de curado en la ciudad de Abancay y la localidad de Pachachaca con cemento tipo IP.....	172
Tabla 80: Resumen de variación porcentual comparando condiciones de curado en la ciudad de Abancay y la localidad de Pachachaca con cemento tipo I	172
Tabla 81: Datos de la resistencia a compresión en la condición de curado C-1.....	175
Tabla 82: Datos de la resistencia a compresión en la condición de curado C-2.....	176
Tabla 83: Datos de la resistencia a compresión en la condición de curado C-3.....	177
Tabla 84: Datos de la resistencia a compresión en la condición de curado C-1.....	181
Tabla 85: Datos de la resistencia a compresión en la condición de curado C-2.....	182
Tabla 86: Datos de la resistencia a compresión en la condición de curado C-3.....	183

INDICE DE IMAGEN

Imagen 1: Vista satelital del valle de Abancay	72
Imagen 2: Vista satelital de la localidad de Pachachaca	72
Imagen 3: Curva granulométrica del agregado fino “cantera Ballón”	76
Imagen 4: Curva granulométrica del agregado fino “cantera Quispe”	78
Imagen 5: Curva granulométrica del agregado fino “cantera Gamarra”	80
Imagen 6: Curva granulométrica del agregado fino “cantera Aymituma”	81
Imagen 7: Curva granulométrica del agregado fino “Todas las canteras”	84
Imagen 8: Curva granulométrica del agregado grueso “cantera Ballón”	88
Imagen 9: Curva granulométrica del agregado grueso “cantera Quispe”	89
Imagen 10: Curva granulométrica del agregado grueso “cantera Gamarra”	90
Imagen 11: Curva granulométrica del agregado grueso “cantera Aymituma”	91
Imagen 12: Comparativo entre pesos específicos compactado agregado grueso	94
Imagen 13: Comparativo entre pesos específicos compactado agregado fino	95
Imagen 14: Comparativo entre pesos específicos suelto agregado grueso	97
Imagen 15: Comparativo entre pesos específicos suelto agregado grueso	98
Imagen 16: Comparación de peso específico de las diferentes canteras	99
Imagen 17: Comparación de porcentaje de absorción de las diferentes canteras	99
Imagen 18: Comparación de peso específico de las diferentes canteras	101
Imagen 19: Comparación de porcentaje de absorción de las diferentes canteras	101
Imagen 20: Procedimiento del ensayo de revenimiento (slump)	116
Imagen 21: Variación del slump obtenido vs slump de diseño	121
Imagen 22: Temperatura del concreto vs temperatura ambiente	123
Imagen 23: Análisis comparativo del desarrollo de la resistencia a la compresión en la condición 1 de curado a los 7 días de edad	124
Imagen 24: Análisis comparativo del desarrollo de la resistencia a la compresión en la condición 1 de curado a los 14 días de edad.	125
Imagen 25: Análisis comparativo del desarrollo de la resistencia a la compresión en la condición 1 de curado a los 21 días de edad.	126
Imagen 26: Análisis comparativo del desarrollo de la resistencia a la compresión en la condición 1 de curado a los 28 días de edad.	127
Imagen 27: Análisis comparativo del desarrollo de la resistencia a la compresión en la condición 2 de curado a los 7 días de edad	128
Imagen 28: Análisis comparativo del desarrollo de la resistencia a la compresión en la condición 2 de curado a los 14 días de edad.	129
Imagen 29: Análisis comparativo del desarrollo de la resistencia a la compresión en la condición 2 de curado a los 21 días de edad.	130
Imagen 30: Análisis comparativo del desarrollo de la resistencia a la compresión en la condición 2 de curado a los 28 días de edad	131
Imagen 31: Análisis comparativo del desarrollo de la resistencia a la compresión en la condición 3 de curado a los 7 días de edad	132
Imagen 32: Análisis comparativo del desarrollo de la resistencia a la compresión en la condición 3 de curado a los 14 días de edad.	133
Imagen 33: Análisis comparativo del desarrollo de la resistencia a la compresión en la condición 3 de curado a los 21 días de edad.	134
Imagen 34: Análisis comparativo del desarrollo de la resistencia a la compresión en la condición 3 de curado a los 28 días de edad.	135

<i>Imagen 35: Diagrama esquemático de los patrones típicos de fractura.....</i>	142
Imagen 36: Resistencia a la compresión del concreto elaborado con cemento tipo IP para la ubicación de Abancay	157
Imagen 37: Variación de la resistencia a la compresión del cemento tipo IP en la ciudad de Abancay.....	157
Imagen 38: Resistencia a la compresión del concreto elaborado con cemento tipo IP para la localidad de Pachachaca	158
Imagen 39: Variación de la resistencia a la compresión del cemento tipo IP en la localidad de Pachachaca	158
Imagen 40: Resistencia a la compresión del concreto elaborado con cemento tipo I para la ubicación de Abancay	159
Imagen 41: Variación de la resistencia a la compresión del cemento tipo I en la ciudad de Abancay.....	159
Imagen 42: Resistencia a la compresión del concreto elaborado con cemento tipo I para la localidad de Pachachaca	160
Imagen 43: Variación de la resistencia a la compresión del cemento tipo I en la localidad de Pachachaca	160
Imagen 44: Variación de resistencia a la compresión por edades	162
Imagen 45: Variación de resistencia a la compresión por edades	163
Imagen 46: Variación de resistencia a la compresión por edades	164
Imagen 47: Variación de resistencia a la compresión por edades	165
<i>Imagen 48: Variación de la condición 1 de curado en la ciudad de Abancay y la localidad de Pachachaca con ambos tipos de cemento</i>	168
Imagen 49: Variación de la condición 2 de curado en la ciudad de Abancay y la localidad de Pachachaca con ambos tipos de cemento	170
Imagen 50: Variación de la condición 3 de curado en la ciudad de Abancay y la localidad de Pachachaca con ambos tipos de cemento	171
Imagen 51: Desarrollo de la resistencia a la compresión del concreto elaborado con cemento puzolánico tipo IP en la condición de curado C-1	176
Imagen 52: Desarrollo de la resistencia a la compresión del concreto elaborado con cemento puzolánico tipo IP en la condición de curado C-2.....	177
Imagen 53: Desarrollo de la resistencia a la compresión del concreto elaborado con cemento puzolánico tipo IP en la condición de curado C-3.....	178
Imagen 54: Comparación según la condición de curado para las curvas de desarrollo	179
Imagen 55: Comparación según la condición de curado para las curvas de desarrollo	180
Imagen 56: Desarrollo de la resistencia a la compresión del concreto elaborado con cemento tipo I en la condición de curado C-1.....	181
Imagen 57: Desarrollo de la resistencia a la compresión del concreto elaborado con cemento tipo I en la condición de curado C-2.....	182
Imagen 58: Desarrollo de la resistencia a la compresión del concreto elaborado con cemento tipo I en la condición de curado C-3.....	183
Imagen 59: Comparación según la condición de curado para las curvas de desarrollo para clima Abancay con cemento tipo I	184
Imagen 60: Comparación según la condición de curado para las curvas de desarrollo para clima de Pachachaca con cemento tipo I	185

RESUMEN

El presente proyecto de investigación tiene por objetivo demostrar la influencia que tiene el curado en el concreto para lo cual se sometieron a tres condiciones diferentes (sumergido completamente ASTM C31, curado por norma ASTM C150 y ASTM C525, muestra sometida a la intemperie); para el inicio de la investigación se realizó un estudio de materiales de las distintas canteras que producen agregados y proveen a la ciudad de Abancay como son:

- Cantera del sr. Aymituma
- Cantera del sr. Quispe
- Cantera del sr. Ballón
- Cantera del sr. Gamarra

Realizando el análisis granulométrico del agregado fino y del agregado grueso de cada una de las canteras, se pudo determinar que aquellos agregados que estaban entre los parámetros exigidos por la norma fueron los provenientes de las siguientes canteras:

- Agregado fino – cantera del sr. Aymituma
- Agregado grueso – cantera del sr. Gamarra

Con los agregados seleccionados y descritos líneas arriba, se realizó la preparación de los moldes de concreto, los cuales fueron elaborados con el fin de realizar ensayos de compresión, durante la preparación de los moldes de concreto se utilizaron dos tipos de cementos (cemento portland tipo I y cemento puzolánico tipo IP) para poder apreciar el comportamiento que presenta cada uno frente a dos condiciones climáticas diferentes de la ciudad de Abancay (templado – moderadamente lluvioso) y la localidad de Pachachaca: (cálido – templado).

Las muestras obtenidas, fueron sometidas a pruebas de compresión a diferentes edades para poder hacer un control más adecuado de la resistencia obtenida y realizar las respectivas comparaciones de las tres condiciones de curado.

Las condiciones de curado planteadas en esta investigación fueron de tres distintas formas; el primero será como normalmente se hace en los laboratorios, curados en pozos de agua sumergidos luego de ser desmoldados hasta la edad en que se harán las roturas; el segundo método de curado será a través del riego cada cierto tiempo como normalmente se hace en cualquier tipo de obra y por último el tercer tipo será dejado a la intemperie.

Finalmente se realizan los gráficos y las tablas además de los protocolos en los que se muestran las variaciones que se producen de acuerdo a la condición de curado, el tipo de cemento y el tipo de clima, analizando el comportamiento de cada uno de ellos.

ABSTRACT

The objective of this research project is to demonstrate the influence of curing in concrete, for which they were subjected to three different conditions (completely submerged ASTM C31, cured by ASTM C150 and ASTM C525, sample subjected to weathering); for the start of the investigation, a study was made of materials from the different quarries that produce aggregates and provide the city of Abancay, such as:

- Quarry of Mr. Aymituma
- Quarry of Mr. Quispe
- Quarry of Mr. Ballón
- Quarry of Mr. Gamarra

By performing the granulometric analysis of the fine aggregate and the coarse aggregate of each of the quarries, it was determined that those aggregates that were among the parameters required by the standard were those from the following quarries:

- Fine aggregate - sr. Quarry Aymituma
- Thick aggregate - sr. Quarry Gamarra

With the aggregates selected and described above, the preparation of the concrete molds was carried out, which were elaborated with the purpose of performing compression tests. During the preparation of the concrete molds, two types of cement were used (portland cement type I and pozzolanic cement type IP) to be able to appreciate the behavior that each one presents in front of two different climatic conditions of the city of Abancay (temperate - moderately rainy) and the locality of Pachachaca: (warm - temperate).

The obtained samples were subjected to compression tests at different ages to be able to make a more adequate control of the obtained resistance and make the respective comparisons of the three curing conditions.

The curing conditions raised in this investigation were of three different forms; the first will be as is normally done in the laboratories, cured in submerged water wells after being demolded until the age at which the breakages will be made;

The second method of curing will be through irrigation every so often as is normally done in any type of work and finally the third type will be left outdoors.

Finally, the graphs and tables are made in addition to the protocols in which the variations that occur according to the curing condition, the type of cement and the type of climate are shown, analyzing the behavior of each one of them.

INTRODUCCION

Para poder llegar a la resistencia de diseño se debe hacer un mejor control del curado y de esa forma poder mantener la humedad necesaria para que este desarrolle de mejor forma todas sus propiedades.

El concreto es el material de construcción que más extensamente se ha utilizado por varias razones, primero porque posee una gran resistencia a la acción del agua sin sufrir un serio deterioro, además de que puede ser moldeado para dar una gran variedad de formas y tamaños gracias a la trabajabilidad de la mezcla, siendo esta de gran popularidad entre los Ingenieros Civiles por su pronta disponibilidad en las obras y su bajo costo.¹

Durante aproximadamente 40 años en la ciudad de Abancay el método de curado más utilizado ha sido el curado externo, este consiste en la aplicación superficial de agua al elemento de concreto a partir de una constante exposición de agua en la superficie por medio de riegos periódicos de agua, en algunos casos, donde es posible se sumerge los elementos completamente en una piscina de agua, como lo es en el caso de las probetas de laboratorio, elementos pre fabricados o los cilindros utilizados en ensayos de compresión simple; no obstante en la práctica diaria sumergir elementos estructurales fundidos in situ no es una opción, para estos casos se opta por la aplicación periódica de agua o la utilización de algún agente externo que conserve la humedad.

En la década de los 70' crece la informalidad generalizada en construcciones sedimentando en mucha gente en el campo de la construcción la idea de que "cualquier persona puede hacer un buen concreto" que "el concreto es un material noble que puede absorber nuestros errores" y que "ya todo está investigado en lo que al concreto se refiere". Es por ello que en la década de los 80' se empiezan a ejecutar tesis de investigación en la tecnología del concreto en universidades como la Universidad Nacional de Ingeniería (UNI)²

¹ Kumar Mehta y Paulo Monteiro. Concreto. Estructura, propiedades y materiales. Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto, A.C págs. 1 y 2.

² Alex Chipana Soto. Historia del concreto y su llegada al Perú. Pág. 2

En la actualidad existe una gran variedad de métodos de curado desde el más común como el agua hasta los curados químicos, los cuales utilizan materiales sellantes cuya función es mantener una cantidad suficiente de humedad para que se desarrolle un cierto nivel de resistencia. Todos estos métodos de curado han sido desarrollados para concretos normales, es por ello que en la presente investigación se realiza el estudio de la **“INFLUENCIA DEL CURADO EN LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO PREPARADO CON CEMENTO PORTLAND TIPO I Y CEMENTO PUZOLÁNICO TIPO IP EN LA CIUDAD DE ABANCAY – APURÍMAC”**.

CAPITULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 DESCRIPCION DEL PROBLEMA

Uno de los requisitos previos para asegurar que una obra de concreto sea durable, resistente y se encuentre libre de fisuras prematuras, es realizar un adecuado curado del concreto para que este adquiera unas propiedades finales que permitan asegurar la calidad del elemento final.

El proceso de curado del concreto utilizado en la construcción de las obras en la ciudad de Abancay, no es controlado de una manera adecuada por lo cual no llega a la resistencia de diseño, como consecuencia de una carente información sobre el curado utilizando diferentes tipos de cemento.

Desde que se inicio la utilizacion del concreto con fines estructurales hace poco mas de un siglo, se obervaron los problemas que afectan al material cuando se seca muy rapido. Posteriormente, durante la primera mitad del siglo XX se encontraron las causas fisicas y quimicas que explican por que el concreto no alcanza su maximo potencial, en terminos de sus propiedades mecanicas, cuando pierde humedad en forma acelerada despues de su colocacion. El curado del concreto es parte del procedimiento constructivo que busca mantener el material en condiciones humedas para promover que las reacciones quimicas entre el cemento y el agua continuen por el tiempo suficiente para aprovechar el potencial aglutinante del cemento.³

1.2 FORMULACION DEL PROBLEMA

1.2.1 PROBLEMA GENERAL

P.G: ¿Cómo influye el proceso de curado del concreto utilizado en la construccion de las obras en la ciudad de Abancay?

1.2.2 PROBLEMA ESPECIFICO

P.1 ¿Cómo influye el curado en el comportamiento de la resistencia a la compresion del concreto según el clima de Abancay - Apurimac?

³ (Solis Carcaño & I. Moreno, influencia del curado humedo en la resistencia a la compresion del concreto en clima calido subhumedo, 2005)

P.2 ¿Cuál es la variación cualitativa y cuantitativa del comportamiento del concreto utilizando en su preparación los cementos portland tipo I y cemento puzolánico tipo IP?

P.3 ¿Cuál es la influencia del método de curado en el comportamiento del concreto durante el tiempo que alcanza la resistencia requerida?

1.3 JUSTIFICACION

El concreto resulta de la mezcla y combinación, en dosificaciones adecuadas, de cemento, agua, agregado fino y agregado grueso que se utiliza para la fabricación de elementos estructurales y esta es la razón por la que el concreto es el preferido en la construcción debido a sus características significativas como son la durabilidad, trabajabilidad, impermeabilidad y resistencia: siendo entre ellas la propiedad más conocida, la resistencia a la compresión.

Para determinar la calidad del concreto en las obras civiles se realizan pruebas de control de calidad, utilizando briquetas (cilindros de concreto) como testigos, los cuales son sometidos a pruebas de compresión consiguiendo la resistencia del concreto a edades establecidas.

El presente proyecto de investigación pretende demostrar la gran variación de los métodos de curado realizados con los testigos de concreto, los mismos que manejaremos de tres formas distintas de acuerdo a lo siguiente:

- Muestra totalmente sumergida ASTM C-31
- Muestra curada de acuerdo a la norma ASTM C150 para el concreto preparado con cemento portland tipo I y la norma ASTM C525 para el concreto preparado con cemento puzolánico tipo IP.
- Muestra sometida a la intemperie sin ningún tipo de curado.

Siendo Abancay un clima templado, moderadamente lluvioso y con amplitud térmica moderada, La media anual de temperatura máxima y mínima es 23.8°C y 11.7°C, respectivamente y La precipitación media acumulada anual es 595.6 mm.

Con los resultados obtenidos, se busca comprobar la gran influencia que ejerce el curado del concreto utilizado en las diferentes construcciones que se

realizan en la ciudad de Abancay, analizando cuán importante es realizar este procedimiento y demostrar la gran influencia del curado en la resistencia a la compresión de concreto elaborado con dos tipos de cemento (portland tipo I y el puzolánico tipo IP).

1.4 LIMITACION DE LA INVESTIGACION

Esta investigación se contempla en los procesos constructivos debido a que en este trabajo se demuestra que un adecuado control del curado del concreto en las estructuras hace que este se desarrolle adecuadamente y pueda llegar a las resistencias requeridas.

1.5 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACION

1.5.1 OBJETIVOS GENERALES

OG: Determinar cual es la influencia que ejerce el curado en el concreto para el clima de la ciudad de Abancay y Pachachaca, utilizando el cemento portland tipo I y cemento puzolanico tipo IP

1.5.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS

O1: Elaborar los ensayos de laboratorio para conocer las propiedades físico-mecánicas de los agregados, tales como; determinación del peso unitario, contenido de vacíos, absorción y contenido de humedad.

O2: Determinar cómo influye el curado en el comportamiento de la resistencia a la compresión del concreto según el clima de Abancay y Pachachaca.

O3: Determinar cuál es la variación cualitativa y cuantitativa del comportamiento del concreto utilizando en su preparación los cementos portland tipo I y cemento puzolánico tipo 1P.

CAPITULO II: MARCO TEÓRICO

2.1 ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

2.1.1 ANTECEDENTES ÁMBITO NACIONAL

En Lima – Perú, Patricia Angélica Ruiz Enero (2006) desarrolla el siguiente trabajo de investigación “INFLUENCIA DE LOS METODOS COMUNES DE CURADO EN LOS ESPECIMENES DE CONCRETO DE ALTO DESEMPEÑO”.

En la presente investigación se obtuvo aparentemente que no es necesario el uso del curador químico debido a las diferencias mínimas que existe con el curador expuesto al ambiente, esta investigación se realizó cuando la temperatura estuvo entre 18°C – 20°C, es por ello que recomienda realizar investigaciones de la influencia que tiene los métodos de curado en mezclas cuya relación a/c son 0.45 y/o 0.40 y que además son sometidas a temperaturas diferentes de 20°C y humedades relativas menores, a fin de establecer las diferencias con la investigación realizada.

2.1.2 ANTECEDENTES ÁMBITO INTERNACIONAL

- En Colombia, Sergio David Rodríguez Torres (2016), desarrollo el siguiente trabajo de investigación “EVALUACIÓN DE LOS EFECTOS DEL CURADO INTERNO EN EL CONCRETO”.

Menciona que Los diferentes medios de curado varían ampliamente, dependiendo de las condiciones en el sitio, el tamaño, forma y posición del concreto en cuestión.

En el caso de elementos de concreto con una relación superficie/volumen pequeña, parte del curado puede ser ejecutado con el humedecimiento de las formaletas antes de utilizarse. El concreto puede ser dejado en la formaleta durante algún tiempo y, si el material es apropiado, se puede humedecer durante el endurecimiento. Si se retira la formaleta a una edad temprana, el concreto debe ser rociado y envuelto con láminas de polietileno u otra cubierta adecuada.

- En el estudio experimental de la **INFLUENCIA DEL CURADO EN LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN DEL HORMIGÓN** presentada por los autores Lucía Garín, Adrián Santilli, Eduardo Pejoja Este artículo presenta una comprobación experimental sobre la influencia del curado en la resistencia a compresión del hormigón. El estudio consiste en ensayar a compresión probetas provenientes de una misma mezcla de hormigón, pero sometidas a condiciones de humedad de curado distintas (100% y 50% de humedad). Las comprobaciones también fueron realizadas para diferentes dosificaciones. Por ejemplo, las mayores diferencias, en la resistencia a compresión del hormigón sometido a diferentes condiciones de curado, fueron obtenidas para las menores relaciones agua/cemento.

2.1.3 ANTECEDENTES ÁMBITO LOCAL

No se encontraron estudios en la ciudad de Abancay relacionados a metodos de curado

2.2 MARCO CONCEPTUAL

2.2.1 CONCRETO

El concreto es un material durable y resistente, pero dado que se trabaja en su forma líquida, prácticamente puede adquirir cualquier forma. Esta combinación de características es la razón principal por la que es un material de construcción más utilizado

El concreto de uso común, o convencional, se produce mediante la mezcla de tres componentes esenciales, cemento, agua y agregados, a los cuales eventualmente se incorpora un cuarto componente que genéricamente se designa como aditivo.

Al mezclar estos componentes y producir lo que se conoce como una mezcla de concreto, se introduce de manera simultánea un quinto participante representado por el aire.

La mezcla íntima de los componentes del concreto convencional produce una masa plástica que puede ser moldeada y compactada con relativa facilidad; pero gradualmente pierde esta característica hasta que al cabo de algunas horas se torna rígida y comienza a adquirir el aspecto, comportamiento y propiedades de un cuerpo sólido, para convertirse finalmente en el material mecánicamente resistente que es el concreto endurecido.

Consecuentemente con ello, el comportamiento mecánico de este material y su durabilidad en servicio dependen de tres aspectos básicos:

- **Las características, composición y propiedades de la pasta de cemento, o matriz cementante, endurecida.**

Es decir que debe contemplarse la selección de un cementante apropiado, escogiendo el cemento según los requerimientos que implica el diseño y la exposición a la que se va a someter la estructura de concreto, así mismo se realizara el empleo de una relación agua/cemento conveniente y el uso eventual de un aditivo necesario; con todo lo cual debe resultar potencialmente asegurada la calidad de la matriz cementante

- **La calidad propia de los agregados.**

En cuanto a la calidad de los agregados, es recomendable adecuarla a las funciones que debe desempeñar la estructura, a fin de que no representen el punto débil en el comportamiento del concreto y en su capacidad para resistir adecuadamente durante la vida útil de las estructuras, los efectos consecuentes de las condiciones de exposición y servicio a que esté sometido.

- **La afinidad de la matriz cementante con los agregados y su capacidad para trabajar en conjunto**

La compatibilidad y el buen trabajo de conjunto de la matriz cementante con los agregados, depende de diversos factores tales como las características físicas y químicas del cementante, la composición mineralógica y petrográfica de las rocas que

constituyen los agregados, y la forma, tamaño máximo y textura superficial de éstos.

De la esmerada atención que se preste a estos tres aspectos básicos, depende sustancialmente la capacidad potencial del concreto, como material de construcción, para responder adecuadamente a las acciones resultantes de las condiciones en que debe prestar servicio.

Pero esto, que sólo representa la previsión de emplear el material potencialmente adecuado, no basta para obtener estructuras resistentes y durables, pues requiere conjugarse con el cumplimiento de previsiones igualmente eficaces en cuanto al diseño, especificación, construcción y mantenimiento de las propias estructuras

2.2.2 CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS DEL CONCRETO

La principal característica estructural del concreto es resistir muy bien los esfuerzos de compresión. Sin embargo, tanto su resistencia a tracción como al esfuerzo cortante son relativamente bajas, por lo cual se debe utilizar en situaciones donde las sollicitaciones por tracción o cortante sean muy bajas. Para determinar la resistencia se preparan ensayos mecánicos (ensayos de rotura) sobre probetas de concreto.

Los intentos de compensar las deficiencias del concreto a tracción y cortante originaron el desarrollo de una nueva técnica constructiva a principios del siglo XX, la del concreto armado. Para superar este inconveniente, se "arma" el concreto introduciendo barras de acero, conocido como concreto armado, o concreto reforzado, permitiendo soportar los esfuerzos cortantes y de tracción con las barras de acero. Es usual, además, disponer barras de acero reforzando zonas o elementos fundamentalmente comprimidos, como es el caso de los pilares. Así, introduciendo antes del fraguado alambres de alta resistencia tensados en el concreto, este queda comprimido al fraguar, con lo cual las tracciones que surgirían para resistir las acciones externas, se convierten en descompresiones de las partes previamente comprimidas, resultando

muy ventajoso en muchos casos. Para el pretensado se utilizan aceros de muy alto límite elástico, dado que el fenómeno denominado fluencia.

Lenta anularía las ventajas del pretensado. Posteriormente se investigó la conveniencia de introducir tensiones en el acero de manera deliberada y previa al fraguado del concreto de la pieza estructural, desarrollándose las técnicas del concreto pretensado y el concreto pos tensado.

Los aditivos permiten obtener hormigones de alta resistencia; la inclusión de monómeros y adiciones para concreto aportan múltiples mejoras en las propiedades del concreto.

Cuando se proyecta un elemento de concreto armado se establecen las dimensiones, el tipo de concreto, la cantidad, calidad, aditivos, adiciones y disposición del acero que hay que aportar en función los esfuerzos que deberá resistir cada elemento. Un diseño racional, la adecuada dosificación, mezcla, colocación, consolidación, acabado y curado, hacen del concreto un material idóneo para ser utilizado en construcción, por ser resistente, durable, incombustible, casi impermeable, y requerir escaso mantenimiento. Como puede ser moldeado fácilmente en amplia variedad de formas y adquirir variadas texturas y colores, se utiliza en multitud de aplicaciones.

2.2.3 UNIDAD DE MEDIDA PATRÓN

a. Peso:

- símbolo kg

b. Peso específico

- En el Sistema Internacional de Unidades, se expresa en newton por metro cúbico (N/m^3).
- En el Sistema Técnico, se mide en kilogramos fuerzas por metro cúbico (kgf /m^3)

c. Masa.

- El kilogramo (símbolo kg) es la unidad básica de masa del Sistema Internacional de Unidades (SI).

d. Densidad

- Su unidad en el Sistema Internacional es kilogramo por metro cúbico (kg/m^3), aunque frecuentemente también es expresada en g/cm^3

2.2.4 CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DEL CONCRETO

- **Densidad**

Depende de la gravedad específica de sus constituyentes sólidos como de la porosidad del material mismo. La densidad de los agregados es especialmente importante para los casos en que se busca diseñar concretos de bajo o alto peso unitario.

Las bajas densidades indican también que el material es poroso y débil y de alta absorción.

- **Porosidad**

La palabra porosidad viene de poro que significa espacio no ocupado por materia sólida en la partícula de agregado es una de las más importantes propiedades del agregado por su influencia en las otras propiedades de éste, puede influir en la estabilidad química, resistencia a la abrasión, resistencias mecánicas, propiedades elásticas, gravedad específica, absorción y permeabilidad.

- **Peso unitario**

Es el resultado de dividir el peso de las partículas entre el volumen total incluyendo los vacíos. Al incluir los espacios entre partículas influye la forma de acomodo de estos. El procedimiento para su determinación se encuentra normalizado en ASTM C 29 y NTP 400.017. Es un valor útil sobre todo para hacer las transformaciones de pesos a volúmenes y viceversa. Por ejemplo para un agregado grueso pesos unitarios altos significan que quedan muy pocos huecos por llenar con arena y cemento.

- **Porcentaje de vacíos**

Es la medida de volumen expresado en porcentaje de los espacios entre las partículas de agregados, depende del acomodo de las partículas por lo que su valor es relativo como en el caso del peso unitario.

- **Contenido de humedad**

Es la cantidad de agua superficial retenida por la partícula, su influencia está en la mayor o menor cantidad de agua necesaria en la mezcla.

2.2.5 REQUISITOS DE LAS MEZCLAS

Las mezclas de concreto deberán cumplir con los siguientes requisitos básicos:

- La mezcla recién preparada deberá tener la trabajabilidad, consistencia y cohesividad que permitan su adecuada colocación en los encofrados, esta mezcla deberá estar libre de segregación y tener exudación mínima.
- La mezcla endurecida deberá tener las propiedades especificadas en función del uso que se va a dar a la estructura.
- El costo de la unidad cúbica de concreto endurecido deberá ser el mínimo compatible con la calidad deseada.

2.2.6 COMPOSICIÓN DEL CONCRETO

El concreto endurecido se compone de: la pasta y el agregado

a. La pasta

La pasta de cemento (cemento más agua), por su parte, llena los espacios libres entre partículas de áridos, y durante el proceso de fraguado genera cristales hidratados que unen químicamente las partículas de agregados. La formación de estos cristales es una reacción química exotérmica (genera calor) que siempre requiere de agua para que tenga lugar, siendo mucho más intensa la reacción (la creación de los cristales cohesivos) en los primeros días posteriores a la fabricación del hormigón, y luego va disminuyendo progresivamente en su intensidad con el tiempo.

Normalmente, dentro del hormigón, una parte del cemento no alcanza a combinarse con el agua, por lo que permanece como cemento no hidratado.

Funciones de la pasta

Contribuir a dar las propiedades requeridas al producto endurecido

- Separa las partículas del agregado
- Llenar los vacíos entre las partículas de agregado y adherirse fuertemente a ellas.
- Proporcionar lubricación a la masa cuando está aún no ha endurecido.

Propiedades de la pasta

Las propiedades de la pasta dependen:

- Las propiedades físicas y químicas del cemento
- Las proporciones relativas de cemento y agua en la mezcla
- El grado de hidratación del cemento dado por la efectividad de la combinación química entre este y el agua.

Influencia de la pasta de concreto

El comportamiento del concreto como material de construcción está directamente influenciado por las características de la pasta y las propiedades finales de las mismas; sin desconocer el papel del agregado en las características finales del concreto.

Para un cemento dado, las características y porosidad de la pasta dependen fundamentalmente de la relación agua cemento y del grado de hidratación del cemento, siendo mejores las propiedades del concreto y menor su porosidad cuanto más baja es la relación agua cemento de una mezcla trabajable y cuanto mayor es el grado de hidratación del cemento.

El gel

Se define como gel a la parte sólida de la pasta la cual es el resultado de la reacción química del cemento con el agua durante el proceso de hidratación.

El gel es una aglomeración porosa de partículas sólidamente entrelazadas en su mayoría escamosas o fibrosas el conjunto de las cuales forma una red eslabonada que contiene material más o menos amorfos.

En su composición el gel comprende: La masa cohesiva de cemento hidratado en su estado de pasta más densa, el hidróxido de calcio cristalino y los poros gel.

El gel desempeña el papel más importante en el comportamiento del concreto especialmente en su resistencia mecánica y su elasticidad, donde intervienen dos clases de adherencia cohesivas; Atracción física y adherencia química.

2.2.7 CLASIFICACIÓN DEL CONCRETO

b.1. Por el peso específico

- **Ligero**, cuyo Peso Unitario se encuentre entre 1200 – 2000 Kg/m³.
- **Normal**, cuyo Peso Unitario se encuentre entre 2000 – 2800 Kg/m³.
- **Pesado**, cuyo Peso Unitario se encuentre entre >2800 Kg/m³.

b.2. Según su clasificación

- **Simple**: Concreto sin ninguna armadura. Buena resistencia a compresión.
- **Armado**: Con acero. Buena resistencia a compresión y a flexión.
- **Pretensado**: Resistencia a tracción: viguetas.
- **Postensado**: Resistencia a tracción: se introducen fundas.

b.3. Por su composición

- Ordinario.
- **Ciclópeo:** con áridos de 50 cm.
- **Cascotes:** Hormigón de desechos y ladrillos.
- **Inyectado:** en un molde el agregado y le metemos la pasta árido >25 mm.
- **Con aire incorporado:** en el hormigón se le inyecta aire >6% V.
- **Ligero:** 1,2 –2 = 2 N/mm² Pesado: áridos de densidad muy grande.
- **Refractario:** resistente a altas temperaturas (cemento de aluminato cálcico), etc.

b.4. Por su resistencia

- **Convencional:** 10% agua, 15% cemento, 35% arena, 40% grava.
- **De alta resistencia:** 5% agua, 20% cemento, 28% arena, 41% grava, 2% adiciones, 2% aditivos.

2.2.8 AGREGADOS

R.N.E (E – 060): El tamaño máximo nominal del agregado grueso no debe ser superior a ninguna de:

- 1/5 de la menor separación entre los lados del encofrado
- 1/3 de la altura de la losa, de ser el caso
- 3/4 del espaciamiento mínimo libre entre las barras o alambres

Individuales de refuerzo, paquetes de barras, tendones individuales, paquetes de tendones o ductos.

Se define como agregado al conjunto de partículas inorgánicas de origen natural o artificial cuyas dimensiones están comprendidas entre los límites fijados en la NTP 400.011.

Generalmente se entiende por agregado a la mezcla de arena y piedra de granulometría variable.

Los agregados conforman el esqueleto del concreto y son el elemento mayoritario pues representan el 70% a 80% de la masa del concreto,

además de ser responsables de gran parte de las características del mismo. Los agregados son generalmente inertes y estables en sus dimensiones.

a. CLASIFICACIÓN

Existen varias formas de clasificar a los agregados, algunas de las cuales son:

1. **Por su naturaleza.** Los agregados se pueden obtener de dos formas naturales o artificiales, siendo los naturales de uso frecuente, además los agregados utilizados en el concreto se pueden clasificar en: agregado grueso, fino y hormigón (agregado global).
 - **Agregado grueso:** se define como aquel material retenido en el tamiz N° 4 (4.75mm)
 - **Agregado fino:** se define como aquel material proveniente de la desintegración natural o artificial de las rocas, el cual pasa el tamiz 3/8" (9.4mm).
 - **Agregado global:** combinación en proporciones determinadas de arena y piedra.

Tanto el agregado grueso como el agregado fino deben cumplir con los límites establecidos en las normas **NTP 400.037 o ASTM C 33.**

2. Por el origen, forma y textura superficial

Por naturaleza los agregados tienen forma irregularmente geométrica compuestos aleatoriamente por caras redondeadas y con angularidades. En términos descriptivos las formas de los agregados pueden ser:

- **Angular:** Cuyos bordes están bien definidos y formado por la intersección de sus caras (planas) además de poca evidencia de desgaste en caras y bordes.
- **Sub angular:** Evidencian algo de desgaste en caras y bordes, pero las caras están intactas.
- **Sub redondeada:** Considerable desgaste en caras y bordes.

- **Redondeada:** Bordes desgastados casi eliminados.
- **Muy Redondeada:** Sin caras ni bordes.

3. Respecto de la textura superficial estas pueden ser

- Lisa
- Áspera
- Granular
- Vítreo
- Cristalina

La textura superficial depende de la dureza, tamaño del grano y las características de la roca original. La forma y la textura del material pueden influir altamente en la resistencia a la flexión del concreto estas características se deben controlar obligatoriamente en los concretos de alta resistencia. También se puede afirmar que la forma y textura de las arenas influyen en los requerimientos de agua en el concreto.

4. Por el Tamaño del Agregado

Según su tamaño, los agregados para concreto son clasificados en:

- Agregados finos (arenas)
- Agregados gruesos (piedras).

b. PROPIEDADES

Peso unitario

El peso unitario o peso aparente del agregado, es el peso que alcanza un determinado volumen unitario el cual depende de ciertas condiciones intrínsecas del agregado, así como el contenido de humedad, forma, tamaño, granulometría y de factores externos como:

- Grado de compactación
- Diámetro nominal máximo en relación con el volumen

Existen dos tipos de pesos unitarios

- a. **Peso unitario suelto (P.U.S):** es la relación entre el peso del material suelto y el volumen del recipiente que lo contiene

$$P. U. S = \frac{\text{peso del material suelto}}{\text{volumen del recipiente}}$$

- b. **Peso unitario compactado (P.U.C):** es la relación entre el peso del material compactado y el volumen del recipiente que lo contiene.

$$P. U. C = \frac{\text{peso del material compactado}}{\text{volumen del recipiente}}$$

Para determinar los diferentes tipos de pesos unitarios en el agregado fino y grueso, es necesario que el material este totalmente seco, ya que en el caso del agregado incrementos más allá de la condición de saturado superficialmente seco pueden disminuir el peso unitario debido a la película superficial de agua que se forma provocando que las partículas estén juntas, facilitando de esta manera la compactación con un incremento en el volumen y disminución del peso unitario. Este proceso es conocido como esponjamiento, siendo de poca importancia si la dosificación es en peso, pero si se dosifica en volumen, el esponjamiento debe ser considerado cuando existen cambios en la humedad del agregado.

Peso específico (P.E)

Se define como la relación a una temperatura estable, de la masa de un volumen unitario de material, a la masa del mismo volumen de agua destilada, libre de gas. El peso específico es un indicador de la calidad, valores elevados corresponden a materiales de buen comportamiento mientras que un valor bajo se refiere a agregados absorbentes y débiles.

Según norma peruana N.T.P 400.21 y la norma ASTM C 127, se consideran tres formas de expresión del peso específico.

a. Peso específico de masa

Es la relación una temperatura estable de la masa en el aire de un volumen unitario de material (incluyendo los poros permeables naturales) a la masa en el aire de la misma densidad, de un volumen igual de agua destilada libre de gas.

b. Peso específico de masa saturado superficialmente seco

Similar al peso específico de masa, excepto que la masa incluye el agua en los poros permeables.

c. Peso específico aparente

Es la relación a una temperatura de la masa en el aire de un volumen unitario de material, a la masa de aire de igual densidad de un volumen igual de agua destilada libre de gas. Si el material es un sólido, el volumen es aquel de la porción impermeable.

Los ensayos que se realizaron para determinar el peso específico de los agregados fueron:

- Para el agregado fino se utilizó la fiola
- Para el agregado grueso se utilizó la balanza hidrostática, como medios para determinar el peso específico.

Absorción

La absorción es el valor de la humedad del agregado cuando tiene todos sus poros llenos de agua, pero su superficie se encuentra seca, se utiliza generalmente en los cálculos de dosificación para elaborar el concreto, sin embargo el agregado en la cantera y/o los acopios puede tener cualquier contenido de humedad.

Si la humedad es inferior a la absorción, se deberá agregar más agua al concreto para compensar la que absorberán los agregados. Por el contrario, si la humedad supera a la absorción habrá que quitar agua al concreto ya que los agregados estarán aportando agua.

El porcentaje de absorción del agregado es la relación entre la cantidad de agua que puede absorber el material y el peso seco del mismo.

$$\% \text{ de Absorción del A. Fino} = \frac{100 \times (500 - A)}{A}$$

$$\% \text{ de Absorción del A. Grueso} = \frac{100 \times (B - A)}{A}$$

Donde:

A: peso seco del agregado fino o grueso

B: peso del agregado grueso en estado natural

Contenido de humedad (C.H)

Es la cantidad de agua que posee el material en estado natural, es importante debido a que puede hacer variar la relación agua – cemento del diseño de mezcla y por tanto influye en la resistencia y otras propiedades del concreto. En consecuencia es necesario controlar la dosis de agua.

$$C.H = \frac{(\text{peso húmedo} - \text{peso seco}) \times 100}{\text{peso seco}}$$

2.2.9 GRANULOMETRÍA

Se denomina así a la distribución por tamaños de las partículas que constituyen un agregado y se expresa como el porcentaje en peso de cada tamaño con respecto al total

La norma ASTM C 33 o N.T.P 400.37 establece los límites granulométricos, donde debe estar comprendida la arena y el agregado grueso a fin de ser aptos para la elaboración del concreto, estos límites son definidos por los llamados husos granulométricos que representan los rangos dentro los cuales deben estar determinada gradación para obtener la distribución de partículas más adecuada para la elaboración del concreto.

Tabla 1: Limite granulométrico fino NTP 400.37

GRANULOMETRIA DE AGREGADO FINO			
tamiz	tamaño (mm)	porcentaje que pasa	
		arena natural	arena manufacturada
3/8"	9.5mm	100	100
N°4	4.75mm	95 a 100	95 a 100
N°8	2.36mm	80 a 100	80 a 95
N°16	1.18mm	50 a 85	45 a 95
N°30	600um	25 a 60	25 a 75
N°50	300um	5 a 30	10 a 35
N°100	150um	0 a 10	8 a 20

Fuente: Tópicos de tecnología del concreto – Enrique Pasquel Carbajal

Tabla 2: Requisito granulométrico para agregado grueso (ASTM C33)

N° ASTM	TAMAÑO NOMINAL EN PULGADA	PORCENTAJE QUE PASN POR LOS TAMICES NORMALIZADOS												
		4"	3 1/2"	3"	2 1/2"	2"	1 1/2"	1"	3/4"	1/2"	3/8"	N° 4	N° 8	N° 16
		100 mm	90 mm	75 mm	63 mm	50 mm	37.5 mm	25 mm	19 mm	12.5 mm	9.5 mm	4.75 mm	2.36 mm	1.18 mm
1	3 1/2" A 1 1/2"	100	90 a 100		25 a 60		0 a 15		0 a 5					
2	2 1/2" A 1 1/2"			100	90 a 100	35 a 70	0 a 15		0 a 5					
3	2" A 1"				100	90 a 100	35 a 70	0 a 15		0 a 15				
357	2" A N° 4				100	95 a 100		35 a 70		10 a 30		0 a 5		
4	1 1/2" A 3/4"					100	90 a 100	20 a 55	0 a 15		0 a 5			
467	1 1/2" A N° 4					100	95 a 100		35 a 70		10 a 30	0 a 5		
5	1" A 1/2"						100	90 a 100	20 a 55	0 a 10	0 a 5			
56	1" A 3/8"						100	90 a 100	40 a 85	10 a 40	0 a 15	0 a 5		
57	1" A N° 4						100	95 a 100		25 a 55		0 a 10	0 a 5	
6	3/4" A 3/8"							100	90 a 100	20 a 55	0 a 15	0 a 5		
67	3/4" A N° 4							100	90 a 100		20 a 55	0 a 10	0 a 5	
7	1/2" A N° 4								100	90 a 100	40 a 70	0 a 15	0 a 5	
8	3/8" A N° 8									100	85 a 100	10 a 30	0 a 10	0 a 5

Fuente: Patricia Angélica Ruiz Enero (2006) "influencia de los métodos comunes de curado en los especímenes de concreto de alto desempeño"

En el caso del agregado global también existen límites granulométricos que dan referencia de la calidad del agregado grueso y fino en conjunto y que son establecidos por la N.T.P 400.037 y la norma DIN 1045

La importancia de la granulometría del agregado global en el concreto se debe a que por razones de economía, mayor resistencia y mayor

estabilidad volumétrica, pues conviene que los agregados ocupen la mayor masa del concreto, compatible con la trabajabilidad. Esto se logra tratando que la mezcla de agregados sea lo más compacta posible, es decir que la cantidad de huecos dejada por los agregados sea la mínima; esto se logra con la máxima compacidad.

2.2.10 SEGÚN LA CLASIFICACIÓN SUCS

El sistema cubre los suelos gruesos y los finos, distinguiendo ambos por el cribado a través de la malla No 200; las partículas gruesas son mayores que dicha malla y las finas menores. Un suelo se considera grueso si más del 50% de sus partículas son gruesas, y fino, si más de la mitad de sus partículas, en peso, son finas.

Se describirán a continuación los diferentes grupos referentes a suelos gruesos.

Suelos gruesos.

El símbolo de cada grupo está formado por dos letras mayúsculas, que son las iniciales de los nombres ingleses de los suelos más típicos de ese grupo. El significado es:

- Gravas y suelos en que predominan estas. Símbolo genérico, G (gravel).
- Arenas y suelos arenosos. Símbolo genérico S (sand).

Las gravas y las arenas se separan con la malla No 4, de manera que un suelo pertenece al grupo genérico G, si más del 50% de su fracción gruesa (retenida en la malla No 200) no pasa la malla No 4, y es del grupo genérico S, en caso contrario.

2.2.11 MÓDULO DE FINURA (M.F)

El módulo de finura es un número adimensional que representa el tamaño promedio ponderado de las partículas del agregado, se utiliza para controlar la uniformidad de los agregados, además de servir como medida del valor lubricante de un agregado, ya que cuanto mayor es su valor menor será su valor lubricante y la demanda de agua por área superficial.

La norma establece en el caso del agregado fino (arena) debe tener un módulo de finura entre 2.35 -3.15 o 3.20 (se estima que las arenas

comprendidas entre 2.2 – 2.8, producen concretos de buena trabajabilidad y reduce la segregación y los que se encuentren entre 2.8 – 3.2 son los más favorables para los concretos de alta resistencia)

El módulo de finura se obtiene a través de la suma de los porcentajes retenidos acumulados de los tamices 3", 1 1/2", 3/4", 3/8", N°4, N°8, N°16, N°30, N°50, N°50 Y N°100; dividida entre 100.

$$M.F = \frac{\%Ra3 + \%Ra1\ 1/2 + \%Ra3/4 + \%RaN^{\circ}4 + \%RaN^{\circ}8 + \%RaN^{\circ}16 + \%RaN^{\circ}30 + \%RaN^{\circ}50 + \%RaN^{\circ}100}{100}$$

Donde:

Ra: porcentaje retenido acumulado

2.2.12 MATERIAL QUE PASA LA MALLA N°200

Representa la cantidad de material fino cuyo tamaño es menor a la abertura del tamiz N° 200 se puede presentar en el agregado, en formas de revenimiento superficial o en forma de partículas sueltas.

El material fino, estaría constituido por arcilla y limo el cual se presenta recubriendo el agregado grueso o mezclado con la arena, en el primer caso afecta la adherencia del agregado y la pasta mientras que en el segundo caso incrementaría los requerimientos de agua.

Las normas establecen los límites para la presencia de materiales que pasa la malla N° 200:

Agregado fino

- Concretos sujetos a abrasión < 3%
- Otros concreto < 5%

Agregado grueso

- En general < 1%

El ensayo consiste en lavar una muestra de agregado fino y pasar el agua a través del tamiz N° 200. La pérdida de masa resultante se calcula como porcentaje de la masa de la muestra original y es expresada como la cantidad de material que pasa el tamiz.

2.2.13 TAMAÑO MÁXIMO NOMINAL

De acuerdo a la Norma NTP 400.037 se entiende por tamaño máximo nominal al que corresponde el menor tamiz de la serie utilizada que produce el primer retenido.

El tamaño máximo nominal del agregado no deberá ser mayor de:

- Un quinto de la menor dimensión entre caras de encofrados.
- Un tercio del peralte de las losas.
- Tres cuartos del espacio libre mínimo entre barras o alambres individuales de refuerzo, paquetes de barras, tendones, o ductos de pre-esfuerzo.

En elementos de espesor reducido, o ante la presencia de gran cantidad de armadura, se podrá disminuir el tamaño del agregado grueso siempre que se mantenga una adecuada trabajabilidad, se cumpla con el asentamiento requerido y se obtenga la resistencia especificada.

2.2.14 PROPIEDADES MECÁNICAS DE LOS AGREGADOS

- a. Resistencia:** La resistencia de los agregados dependen de su composición textura y estructura y la resistencia del concreto no puede ser mayor que el de los agregados; si los granos de los agregados no están bien cementados unos a otros consecuentemente serán débiles. La resistencia al chancado o compresión del agregado deberá ser tal que permita la resistencia total de la matriz cementante. la norma británica establece un método para medir la resistencia a la compresión de los agregados utilizando cilindros de 25.4mm de diámetro y altura.

- b. Tenacidad:** Esta característica está asociada con la resistencia al impacto del material. Está directamente relacionada con la flexión, angularidad y textura del material.
- c. Dureza:** Se define como dureza de un agregado a su resistencia a la erosión abrasión o en general al desgaste. La dureza de las partículas depende de sus constituyentes. Entre las rocas a emplear en concretos éstas deben ser resistentes a procesos de abrasión o erosión y pueden ser el cuarzo, la cuarcita, las rocas densas de origen volcánico y las rocas silicosas.
- d. Módulo de elasticidad:** Es definido como el cambio de esfuerzos con respecto a la deformación elástica, considerándosele como una medida de la resistencia del material a las deformaciones. El módulo elástico se determina en muy inusual su determinación en los agregados sin embargo el concreto experimentara deformaciones por lo que es razonable intuir que los agregados también deben tener elasticidades acordes al tipo de concreto. el valor del módulo de elasticidad además influye en el escurrimiento plástico y las contracciones que puedan presentarse.

Tabla 3: Valores de módulos elásticos

TIPO DE AGREGADO	MODULO ELASTICO
GRANITO	610000 kg/cm ²
ARENISCAS	310000 kg/cm ²
CALIZAS	280000 kg/cm ²
DIABASAS	860000 kg/cm ²
GABRO	860000 kg/cm ²

Fuente: *Tópicos de tecnología del concreto – Enrique Pasquel Carbajal*

2.2.15 PROPIEDADES TÉRMICAS DE LOS AGREGADOS

- a. Coeficiente de expansión:** cuantifica la capacidad de aumento de dimensiones de los agregados en función de la temperatura, depende mucho de la composición y estructura interna de las rocas

y varia significativamente entre los diversos tipos de roca. En los agregados secos es alrededor de un 10% mayor que en estado parcialmente saturado. Los valores oscilan normalmente entre 0.9×10^{-6} a 8.9×10^{-6} / °C.

- b. **Calor específico:** es la cantidad de calor necesaria para incrementar en un grado centígrado la temperatura. No varía mucho en los diversos tipos de roca salvo en el caso de agregados muy ligeros y porosos.
- c. **Conductividad térmica:** es la mayor o menor facilidad para conducir el calor. Está influenciada básicamente por la porosidad siendo su rango de variación relativamente estrecho. Los valores usuales en los agregados son de 1.1 a 2.7 btu/ pie.hr. °f.
- d. **Difusividad:** representa la velocidad con que se pueden producir cambios térmicos dentro de una masa. Se expresa como el cociente de dividir la conductividad entre el producto de calor específico por la densidad.

2.2.16 PROPIEDADES QUÍMICAS DE LOS AGREGADOS

- a. **Reacción álcali-sílice:** los álcalis en el cemento están constituidos por el óxido de sodio y de potasio quienes en condiciones de temperatura y humedad pueden reaccionar con ciertos minerales, produciendo un gel expansivo normalmente para que se produzca esta reacción es necesario contenidos de álcalis del orden del 0.6% temperaturas ambientes de 30°C y humedades relativas de 80% y un tiempo de 5 años para que se evidencie la reacción.
- b. **Reacción álcali-carbonatos:** se produce por reacción de los carbonatos presentes en los agregados generando sustancias expansivas, en el Perú no existen evidencias de este tipo de reacción.

2.2.17 FUNCIONES DEL AGREGADO

El agregado dentro del concreto cumple principalmente las siguientes funciones:

- Como esqueleto o relleno adecuado para la pasta (cemento y agua), reduciendo el contenido de pasta en el metro cúbico.
- Proporciona una masa de partículas capaz de resistir las acciones mecánicas de desgaste o de intemperismo, que puedan actuar sobre el concreto.
- Reducir los cambios de volumen resultantes de los procesos de fraguado y endurecimiento, de humedecimiento y secado o de calentamiento de la pasta.

Los agregados finos son comúnmente identificados por un número denominado Módulo de finura, que en general es más pequeño a medida que el agregado es más fino. La función de los agregados en el concreto es la de crear un esqueleto rígido y estable lo que se logra uniéndolos con cemento y agua (pasta). Cuando el concreto está fresco, la pasta también lubrica las partículas de agregado otorgándole cohesión y trabajabilidad a la mezcla. Para cumplir satisfactoriamente con estas funciones la pasta debe cubrir totalmente la superficie de los agregados.

Nuevas superficies sin haberse modificado el peso total de piedra. Por la misma razón, los agregados de menor tamaño tienen una mayor superficie para lubricar y demandarán mayor cantidad de pasta. En consecuencia, para elaborar concreto es recomendable utilizar el mayor tamaño de agregado compatible con las características de la estructura.

2.2.18 PROCESO DE PRODUCCIÓN

La producción de los agregados generalmente se realiza a cielo abierto, y se suelen seguir las siguientes actividades:

- Eliminación de las capas no explotables (rocas estériles, degradadas, alteradas, cubierta vegetal etc.).
- Extracción de los materiales:
 - Extracción de los materiales sin consolidar
 - Explotación mixta.

- Extracción de materiales consolidados: suele utilizarse materiales explosivos para lograr la fragmentación de la roca los cuales son transportados después en dumpers o fajas transportadoras.
- Transporte a la planta de tratamiento: generalmente se trata que las canteras se encuentren lo más cerca posible a la obra de ser necesario el transporte este puede ser: mediante fajas transportadoras o con camiones y/o dumpers.
- Tratamiento de los agregados: A fin de obtener los agregados con las características deseadas se pueden seguir las siguientes etapas:
 - El chancado o trituración, para disminuir el tamaño de las partículas empleando para ello equipos como chancadoras de mandíbula, percusión, giratorios, molinos de bolas u otros.
 - Intercalados entre las actividades de chancado se aparecen los equipos de clasificación que nos permitirán seleccionar las partículas del material de acuerdo a sus tamaños separándolas entre las que pasan y las que no pasan.
 - Muchas veces va ser necesario lavar el material para eliminar el exceso de finos que puede alterar la adherencia del material así como la resistencia principalmente.
 - Almacenamiento y envió.

2.2.19 CEMENTO

Según la Norma Técnica Peruana NTP 334.009, el cemento Pórtland es un cemento hidráulico producido mediante la pulverización del Clinker compuesto esencialmente por silicatos de calcio hidráulicos y que contiene generalmente una o más de las formas sulfato de calcio como adición durante la molienda, es decir:

Cemento portland = Clinker portland + yeso

El cemento Pórtland es un polvo muy fino de color verdoso. Al mezclarlo con agua forma una masa (pasta) muy plástica y moldeable que luego de fraguar y endurecer, adquiere gran resistencia y durabilidad.

El cemento es el componente más activo del concreto y generalmente tiene un mayor costo unitario. Por ello y considerando que las propiedades del concreto dependen tanto de la cantidad como de la calidad de sus componentes, la selección y uso adecuado del cemento son fundamentales para obtener en forma económica las propiedades deseadas para una mezcla dada.

En el mercado nacional existe variedad de cementos para ser empleados por el usuario o cliente y la mayoría de ellos proporcionan adecuados niveles de resistencia y durabilidad en las obras proyectadas.

Algunos de los cementos disponibles proporcionan niveles más altos para determinadas propiedades que aquellos exigidos por las especificaciones de la obra, por lo que siempre debe indicarse en éstas los requisitos exigidos para el cemento.

Imponer requisitos que no son necesarios es antieconómico y además pueden perjudicar las características importantes del concreto.

La importancia de elaborar especificaciones adecuadas es obvia, ya que ellas deben garantizar que sólo se ha de emplear la cantidad y tipo de cemento adecuados para alcanzar los requisitos que se desea obtener en el concreto. La totalidad de los cementos empleados en el Perú son cementos pórtland que cumplen con los requisitos que especifica la Norma ASTM C 150 o cementos combinados que cumplen con lo indicado en la Norma ASTM C 595.

- En el sentido general de la palabra, el cemento puede describirse como un material con propiedades tanto adhesivas como cohesivas, las cuales le dan la capacidad de aglutinar fragmentos minerales para formar un todo compacto.
- Para efectos de construcción, el significado del término cemento se restringe a materiales aglutinantes utilizados con piedras, arena, ladrillos, bloques de construcción.
- Los principales componentes de este tipo de cemento son compuestos de cal.
- Los cementos que se utilizan en la fabricación de concreto tiene la propiedad de fraguar y endurecer con el agua, en virtud de que

experimentan una reacción química con ella, por lo tanto se denominan hidráulicos.

2.2.19.1 peso específico, peso y volumen del cemento portland tipo I y cemento puzolánico tipo IP

- Peso específico cemento portland tipo I: 3150 kg/m³
- Peso específico cemento puzolánico tipo IP: 2850 kg/m³
- Peso por bolsa de cemento: 42.5kg
- Volumen de una bolsa de cemento: 1pie³

2.2.19.2 Tipos de cemento

Existen diversos tipos de cementos, los cuales están especificados en la norma ASTM-C-150-99^a:

Tipo I: Para construcciones de concreto y mortero de uso general y cuando no se requiera propiedades específicas, se utiliza en concretos que no estén sujetos al ataque de factores agresivos como podría ser la presencia de sulfatos en el suelo o en el agua.

Tipo II: En obras donde se requiera resistencia moderada a la acción de los sulfatos y/o moderado Calor de hidratación (consecuencia de la hidratación del cemento). Se recomienda en edificaciones, estructuras industriales, puentes, obras portuarias, perforaciones y en general en todas aquellas estructuras de volumen considerable, y en climas cálidos.

Tipo III: Para obras que requiera alta resistencia elevadas a edades tempranas, normalmente a menos de una semana (ejm: adelanto de la puesta en servicio) y también en obras de zonas frías su uso permite reducir el curado controlado.

Tipo IV: Para Estructuras se requiera bajo Calor de Hidratación, caso de represas, centrales hidroeléctricas y obras de grandes masas de concreto, también debe tenerse en cuenta que este cemento desarrolla resistencias a una velocidad inferior a la de los otros cementos.

Tipo V: Además de las cualidades del Tipo II, es recomendado para obras donde se requiera elevada resistencia a los sulfatos. Es el caso de obras portuarias expuesta al agua de mar También en canales, alcantarillas,

túneles, suelos con alto contenido de sulfatos. Estos cementos desarrollan resistencias más lentamente que los cementos tipo I, incrementan su resistencia a los sulfatos.

Los tres primeros tipos de cemento son susceptibles de adicionarle incorporadores de aire, en cuyo caso, se le agrega el sufijo "A" por ejemplo, cemento tipo IIIA.

En la norma ASTM-C-595-00 se especifica las características de los cementos adicionados, los cuales contienen, además de los compuestos ya mencionados, escoria y puzolanas que modifican el comportamiento del conjunto. Entre ellos se tiene:

- **Tipo IS**, cemento al que se le ha añadido entre 25% y 70% en peso de escoria de alto horno
- **Tipo ISM**, cemento al que se ha añadido menos del 25% en peso de escoria de alto horno
- **Tipo IP**, cemento al que se le ha añadido entre 15% y 40% en peso de puzolana
- **Tipo IPM**, cemento al que se le ha añadido menos del 15% en peso de puzolana

Las puzolanas son materiales que al reaccionar con los productos de la hidratación del cemento como los hidróxidos de calcio, y el agua adquiere propiedades aglomerantes que no presentan individualmente.

Requisitos químicos.

El cemento elegido deberá cumplir con los requisitos químicos y limitaciones indicados en las Normas ASTM o NTP correspondientes.

Si al emplear el cemento Tipo II se requiere moderado calor de hidratación, la suma del silicato tricálcico (C3S) más el aluminato tricálcico (C3A) no deberá exceder del 58%. Si se emplea cemento Tipo V, la suma del aluminio ferrito tetracálcico (C4AF) más el doble del aluminato tricálcico (C3A) no deberá exceder del 20%.

Requisitos físicos

El cemento elegido deberá cumplir con los requisitos físicos y limitaciones indicados en la Norma correspondiente.

En aquellos casos en que no sea conocida, la superficie específica se considerará de

3200 cm²/gr para los cementos Pórtland normales y de 4700 cm²/gr. para los cementos puzolánico. Para la determinación de la superficie específica se utilizará el Método Blaine.

En aquellos casos en que no sea conocido el valor real, se considerará para el cemento pórtland normal un peso específico de 3,15 y de 2,97 para los cementos

Puzolánico. Para los ensayos de tiempo de fraguado se utilizará el Método Vicat.

Los requisitos de calor de hidratación se aplicarán únicamente cuando son especificados. En este caso los requisitos de resistencia podrán ser el 80% de los valores indicados en la norma correspondiente.

Cemento portland tipo 1

Es un aglomerante hidrófilo, resultante de la calcinación de rocas calizas, areniscas y arcillas, de manera de obtener un polvo muy fino que en presencia de agua endurece adquiriendo propiedades resistentes y adherentes.

el nombre proviene de la similitud en apariencia y el efecto publicitario que pretendió darle en el año 1824 Joseph Apsdin un constructor inglés, al patentar un proceso de calcinación de caliza arcillosa que producía un cemento que al hidratarse adquiriría según él, la misma resistencia que la piedra de la isla de Portland cerca del puerto de Dorset.

Es en 1845 cuando se desarrolla el procedimiento industrial del cemento Portland moderno que con algunas variantes persiste hasta nuestros días

y que consiste en moler rocas calcáreas con rocas arcillosas en cierta composición y someter este polvo a temperaturas sobre los 1300 °C produciéndose lo que se denomina el clinker, constituido por bolas endurecidas de diferentes diámetros, que finalmente se muelen añadiéndoseles yeso para tener como producto definitivo un polvo sumamente fino.

Composición del cemento portland

Luego del proceso de formación del Clinker y molienda final, se obtienen los siguientes compuestos establecidos por primera vez por Le Chatelier en 1852, y que son los que definen el comportamiento del cemento hidratado y que detallaremos con su fórmula química, abreviatura y nombre corriente.

- **Silicato Tricálcico $3\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2 \rightarrow \text{C}_3\text{S}$**

Define la resistencia inicial (en la primera semana) y tiene mucha importancia en el calor de hidratación.

- **Silicato Dicálcico $2\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2 \rightarrow \text{C}_2\text{S}$**

Define la resistencia a largo plazo y tiene incidencia menor en el calor de hidratación.

- **Aluminato Tricálcico $3\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3 \rightarrow \text{C}_3\text{A}$**

Aisladamente no tiene trascendencia en la resistencia, pero con los silicatos condiciona el fraguado violento actuando como catalizador, por lo que es necesario añadir yeso en el proceso (3% - 6%) para controlarlo.

Es responsable de la resistencia del cemento a los sulfatos ya que al reaccionar con estos produce Sulfoaluminatos con propiedades expansivas, por lo que hay que limitar su contenido.

- **Oxido de Magnesio MgO**

Pese a ser un componente menor, tiene importancia pues para contenidos mayores del 5% trae problemas de expansión en la pasta hidratada y endurecida.

- **Óxidos de Potasio y Sodio K_2O , Na_2O --> Alcalis**

Tienen importancia para casos especiales de reacciones químicas con ciertos agregados, y los solubles en agua contribuyen a producir eflorescencias con agregados calcáreos.

- **Óxidos de Manganeso y Titanio (Mn_2O_3 , TiO_2)**

El primero no tiene significación especial en las propiedades del cemento, salvo en su coloración, que tiende a ser marrón si se tienen contenidos mayores del 3%. Se ha observado que en casos donde los contenidos superan el 5% se obtiene disminución de resistencia a largo plazo. El segundo influye en la resistencia, reduciéndola para contenidos superiores a 5%. Para contenidos menores, no tiene mayor trascendencia.

De los compuestos mencionados, los silicatos y aluminatos constituyen los componentes mayores, pero no necesariamente los más trascendentes, pues como veremos posteriormente algunos de los componentes menores tienen mucha importancia para ciertas condiciones de uso de los cementos.

Cemento puzolánico IP

El cemento que contiene puzolana se obtiene por la pulverización conjunta de una mezcla de Clinker portland y puzolana con la adición eventual de sulfato de calcio. El contenido de puzolana debe estar comprendido entre 15% y 40% en peso del total. La puzolana será un material silicoso o silico-aluminoso, que por sí misma puede tener poca o ninguna actividad hidráulica pero que, finamente dividida y en presencia

de humedad, reacciona químicamente con el hidróxido de calcio a temperaturas ordinarias para formar compuestos que poseen propiedades hidráulicas. Cemento Portland Puzolánico Tipo IP.- Para usos en construcciones generales de concreto. El porcentaje adicionado de puzolana se encuentra entre 15% y 40%. Cemento Portland Puzolánico Modificado Tipo IPM.- Cemento Portland Puzolánico modificado para uso en construcciones generales de concreto. El porcentaje adicionado de puzolana es menor de 15%.

Las puzolanas

La industria del cemento es particularmente susceptible a las materias primas, pues de ellas depende el tipo y características de cemento producido y la posibilidad de optimización del proceso de fabricación. La diversidad de aplicaciones que tiene el cemento en la actualidad hace que sea necesario elaborar productos de diferentes características, obedeciendo a las distintas necesidades de resistencia mecánica y química, color, tiempos de fraguado, costos, entre otras. Para lograrlo se requiere utilizar, en su elaboración, sustancias naturales o sintéticas que impriman al cemento las propiedades requeridas. Esta función la cumplen los llamados aditivos.

Dentro de los aditivos están las puzolanas, las cuales se definirán y se discutirán sus características, las ventajas y desventajas de su utilización y el mecanismo de funcionamiento de éstas al interior de la mezcla de concreto en el tiempo. Los materiales aglomerantes como las puzolanas reúnen y combinan las materias primas para la producción de los aglomerados que no son otra cosa que material compacto compuesto por partículas ligadas mediante una sustancia aglomerante. Los aglomerados también se conocen como conglomerados.

Aunque existen numerosos tipos, dependiendo de las sustancias que intervengan, entre los más generalizados destacan los de virutas de madera o corcho, ciertos plásticos y los aglomerados pétreos.

Los cementos Portland Puzolánico

Se definen como cementos Portland puzolánico al producto resultante de la adición al cemento Portland normal de puzolana en un porcentaje entre 15 y 50% el cual es añadido durante la molienda del Clinker.

Puzolana: Es un material de origen silíceo con escasa capacidad aglomerante por sí solo, pero que en presencia del agua algunos elementos de su constitución se combinan muy bien con la cal, formando así compuestos con propiedades aglomerantes.

Clasificación: De acuerdo a su origen podemos clasificarlas en naturales y artificiales

Acción puzolánica: Cuando el cemento Portland se hidrata libera cierta cantidad de óxido de calcio (cal hidratada). Los materiales silicios como la puzolana al ser finamente molidos reaccionan con el hidróxido de calcio formando los silicatos de calcio hidratados

- **Ventajas**

Durante el proceso de fabricación el cemento Portland puzolánico tiene un menor costo de producción ya que ingresa recién en la etapa final de molienda del Clinker En el estado fresco aumenta la trabajabilidad de la mezcla disminuye la exudación y segregación En el estado endurecido mejora la resistencia al intemperismo genera menores calores de hidratación La impermeabilidad se ve incrementada.

- **Desventajas**

Demanda mayores cantidades de agua para la mezcla presenta mayor retracción durante la hidratación se recomienda un mayor control de calidad la etapa de curado debe ser continúa evitando así figuraciones.

Proceso de fabricación del cemento.

El proceso de fabricación del cemento se inicia con la explotación de los yacimientos de materia prima, en tajo abierto. El material resultante de la voladura es transportado en camiones para su trituración, los mismos que son cargados mediante palas o cargadores frontales de gran capacidad. La trituración de la roca, se realiza en dos etapas, inicialmente se procesa en una chancadora primaria, del tipo cono que puede reducirla de un tamaño máximo de 1.5 m hasta los 25 cm. El material se deposita en un parque de almacenamiento. Seguidamente, luego de verificar su composición química, pasa a la trituración secundaria, reduciéndose su tamaño a 2mm aproximadamente. El material triturado se lleva a la planta propiamente dicha por cintas transportadoras, depositándose en un parque de materias primas. En algunos casos se efectúa un proceso de pre-homogeneización.

La siguiente etapa comprende la molienda, por molinos de bolas o por prensas de rodillos, que producen un material de gran finura. En este proceso se efectúa la selección de los materiales, de acuerdo al diseño de la mezcla previsto, para optimizar el material crudo que ingresará al horno, considerando el cemento de mejores características.

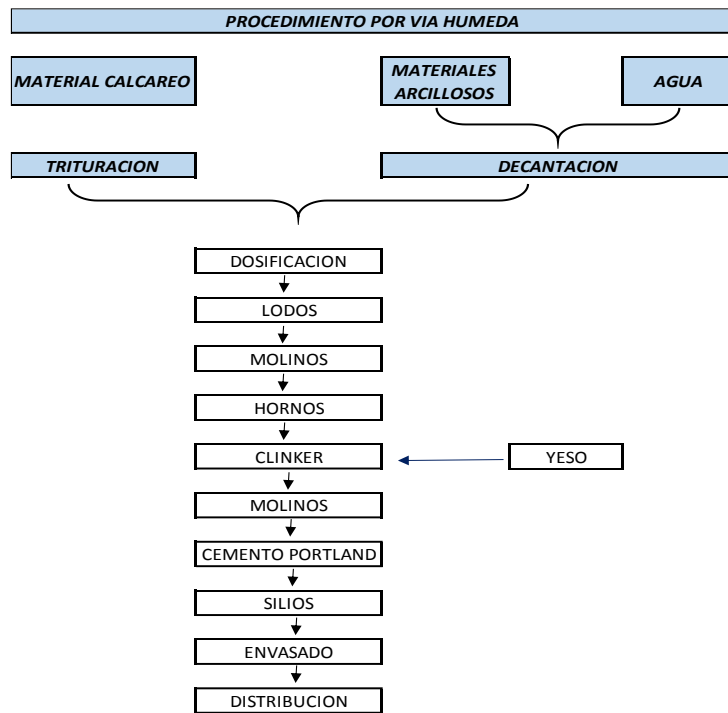
El material molido debe ser homogeneizado para garantizar la efectividad del proceso de clinkerización mediante una calidad constante. Este procedimiento se efectúa en silos de homogeneización. El material resultante constituido por un polvo de gran finura debe presentar una composición química constante.

La harina cruda es introducida mediante sistema de transporte neumático y debidamente dosificada a un intercambiador de calor por suspensión de gases de varias etapas, en la base del cual se instala un moderno sistema de pre-calcinación de la mezcla antes de la entrada al horno rotatorio donde se desarrollan las restantes reacciones físicas y químicas que dan lugar a la formación del

Clinker. El intercambio de calor se produce mediante transferencias térmicas por contacto íntimo entre la materia y los gases calientes que se obtienen del horno, a temperaturas de 950 a 1,100°C en un sistema de 4 a 6 ciclones en cascada, que se encuentran al interior de una torre de concreto armado de varios pisos, con alturas superiores a los cien metros. El horno es el elemento fundamental para la fabricación del cemento. Está constituido por un tubo cilíndrico de acero con longitudes de 40 a 60m y con diámetros de 3 a 6m, que es revestido interiormente con materiales refractarios, en el horno para la producción del cemento se producen temperaturas de 1,500 a 1,600°C, dado que las reacciones de clinkerización se encuentra alrededor de 1,450°C.

El Clinker que egresa al horno de una temperatura de 1,200°C pasa luego a un proceso de enfriamiento rápido por enfriadores de parrilla. Seguidamente por transportadores metálicos es llevado a una cancha de almacenamiento. Desde este depósito y mediante un proceso de extracción controlada, el Clinker es conducido a la molienda de cemento por molinos de bolas a circuito cerrado o prensas de rodillos con separadores neumáticos que permiten obtener una finura de alta superficie específica. El cemento así obtenido es transportado por medios neumáticos para depositarse en silos donde se encuentra listo para ser despachado. El despacho del cemento portland que produce la planta, se realiza en bolsas de 42,5 Kg así como a granel. El proceso de fabricación del cemento se puede agrupar en dos sistemas: 5.1 Procedimiento por vía seca En la cual las materias primas se muelen y se desecan en primer lugar, luego se mezclan dosificándolas y después son reducidas a polvo, pasando luego a los hornos. 5.2 Procedimiento por vía húmeda En que las materias primas después de haber sido molidas separadamente se dosifican y se mezclan, amasándolas con mucho agua, el lodo así formado pasa a los hornos. El producto resultante de la calcinación en los hornos se llama Clinker. Estos hornos pueden ser verticales o fijos e inclinados o giratorios.

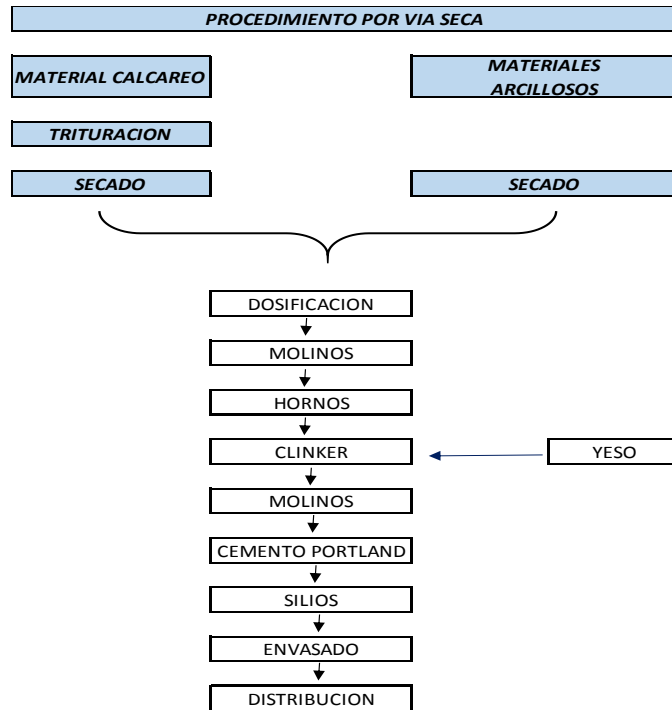
Grafico 1: flujograma de preparación de cemento vía húmeda



Fuente: tópicos de tecnología del concreto

Autor: Enrique Pasquel Carbajal

Grafico 2: flujograma de preparación de cemento vía seca



Fuente: tópicos de tecnología del concreto

Autor: Enrique Pasquel Carbajal

2.2.20 ALMACENAMIENTO DEL CEMENTO

La buena disposición que se adopte para el almacenamiento de los insumos del concreto contribuye a la buena marcha de la obra, y permite la producción eficiente de un concreto de calidad. El diseño general de las instalaciones de almacenamiento se efectúa en la etapa previa de la construcción, teniendo en cuenta entre otros los siguientes parámetros:

- Ubicación y características del área donde se asienta la construcción.
- Espacios disponibles.
- Consumo promedio de concreto de acuerdo al cronograma de la obra
- Consumo máximo y duración del periodo en el cual se realiza la mayor producción de concreto
- Forma y medios de aprovisionamiento de los materiales.
- Stock mínimo que es conveniente mantener.
- Ubicación de las mezcladoras o central de mezcla.
- Alternativas y costos para las diferentes instalaciones de almacenamiento.

El cemento que se mantiene seco conserva todas sus características. Almacenado en latas estancas o en ambientes de temperatura y humedad controlada, su duración será indefinida. En las obras se requieren disposiciones para que el cemento se mantenga en buenas condiciones por un espacio de tiempo determinado. Lo esencial es conservar el cemento seco, para lo cual debe cuidarse no sólo la acción de la humedad directa sino además tener en cuenta la acción del aire húmedo. En obras grandes o en aquellos casos en que el cemento deba mantenerse por un tiempo considerable se deberá proveer una bodega, de tamaño adecuado sin aberturas ni grietas, que pueda mantener el ambiente lo más seco que sea posible. En los casos en que sea previsible la presencia de lluvias, el techo tendrá la pendiente adecuada. El piso deberá ser de preferencia de tablas, que se eleven sobre el suelo natural para evitar el paso de la humedad. Eventualmente se pueden usar tarimas de madera. Las bolsas

se deberán apilar juntas, de manera de minimizar la circulación del aire, dejando un espacio alrededor de las paredes. Las puertas y las ventanas deberán estar permanentemente cerradas. El apilamiento del cemento, por periodos no mayores de 60 días, podrá llegar hasta una altura de doce bolsas.

Para mayores periodos de almacenamiento el límite recomendado es el de ocho bolsas, para evitar la compactación del cemento. Las bolsas de cemento se dispondrán de manera que se facilite su utilización de acuerdo al orden cronológico de recepción, a fin de evitar el envejecimiento de determinadas partidas. No deberá aceptarse, de acuerdo a lo establecido en la norma, bolsas deterioradas o que manifiesten señales de endurecimiento del cemento. En obras pequeñas o cuando el cemento va a estar almacenado en periodos cortos, no más de 7 días, puede almacenarse con una mínima protección, que puede consistir en una base afirmada de concreto pobre y una cobertura con lonas o láminas de plástico. Las cubiertas deberán rebasar los bordes para evitar la penetración eventual de la lluvia a la plataforma. El recubrimiento deberá afirmarse en la parte inferior y si es posible en la superior para evitar que sea levantada por el viento. En todos los casos el piso deberá estar separado del terreno natural y asegurar que se mantenga seco.

2.2.21 AGUA

El agua es el elemento indispensable para la hidratación del cemento y el desarrollo de sus propiedades, por lo tanto este componente debe cumplir ciertos requisitos para llevar a cabo su función en la combinación química, sin ocasionar problemas colaterales si tiene ciertas sustancias que pueden dañar al concreto.

Complementariamente, al evaluar el mecanismo de hidratación del cemento vimos como añadiendo agua adicional mediante el curado se produce hidratación adicional del cemento, luego esta agua debe cumplir también algunas condiciones para poderse emplear en el concreto.

En este capítulo abordaremos ambos aspectos, sin tocar campos especiales como son los efectos de variaciones en la presión de poros,

así como las situaciones de temperaturas extremas en el concreto que ocasionan comportamientos singulares del agua.

2.2.22 EL AGUA DE MEZCLA.

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

1. Reaccionar con el cemento para hidratarlo.
2. Actuar como lubricante para contribuir a la trabajabilidad del conjunto.
3. Procurar la estructura de vacíos necesaria en la pasta para que los productos de hidratación tengan espacio para desarrollarse.

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

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

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

En este sentido, es interesante distinguir el agua potable en términos de los requerimientos nominales establecidos por los organismos que regulan su producción y uso, y el agua apta para consumo humano, ya que los requerimientos aludidos normalmente son mucho más exigentes de lo necesario.

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

especificaciones para agua que luego no se pueden satisfacer en la práctica.

Tabla 4: Límites permisibles para el agua de mezcla y curado según NTP 339.088

DESCRIPCION	LIMITE PERMISIBLE
<i>solidos en suspensión</i>	<i>5,000 ppm maximo</i>
<i>materia organica</i>	<i>3,000 ppm maximo</i>
<i>Alcalinidad (NaHCO₃)</i>	<i>1,000 ppm maximo</i>
<i>sulfato (ion SO₄)</i>	<i>600 ppm maximo</i>
<i>Cloruro (ion Cl)</i>	<i>1,000 ppm maximo</i>
<i>pH</i>	<i>5 a 8</i>

*Fuente. Tópicos de tecnología del concreto
Autor: Ing. Enrique Pasquel Carbajal*

2.2.23 EL AGUA PARA CURADO

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

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

Tabla 5: Requisitos mínimos del agua para curado

ELEMENTO	LIMITACION
<i>Cloruro (ion Cl)</i>	
<i>a. En concreto pretensado o losas de puentes</i>	<i>500 ppm maximo</i>
<i>b. cualquier otro concreto armado en ambiente humedo o con elementos embutidos de aluminio o metales diferentes o con insertos galvanizados</i>	<i>1,000 ppm maximo</i>
<i>sulfato (ion SO4)</i>	<i>3,000 ppm maximo</i>
<i>Alkalis (NaO + 0.658K2O)</i>	<i>3,000 ppm maximo</i>
<i>solidos disueltos totales</i>	<i>50,000 ppm maximo</i>

*Fuente. Tópicos de tecnología del concreto
Autor: Ing. Enrique Pasquel Carbajal*

2.2.24 UTILIZACIÓN DE AGUA NO POTABLE

Cuando el agua utilizada no cumple uno o varios de los requisitos ya conocidos deberán realizarse ensayos comparativos empleando el agua en estudio y agua destilada o potable, con similares materiales y procedimientos.

En la norma NTP 339.084 considera que los tiempos de fraguado inicial y final de la pasta preparada con el agua en estudio podrán ser hasta 25% mayores o menores respectivamente, que los correspondientes a las pastas que contienen el agua de referencia. Al exceder la concentración de sales y los límites establecidos, se realizará ensayos de compresión a edades de 180 y 365 días.

Las aguas no potables podrán utilizarse, si además de cumplir con los requisitos establecidos cumple con:

- Las proporciones de la mezcla se basará en resultados de ensayos de resistencia a concretos, que ha sido preparado con agua de la fuente elegida.
- Las impurezas no alteren las propiedades del concreto, ni del acero de refuerzo.
- El agua debe ser limpia y libre de cantidades nocivas de ácido, aceites, etc.

2.2.25 AGUAS PROHIBIDAS

- Aguas acidas
- Aguas calcáreas, minerales, carbonatadas o naturales
- Aguas provenientes de minas o relaves
- Aguas que contengan residuos industriales
- Aguas con contenido de NaCl > 3% o SO₄ > 1%
- Aguas que contengan algas, materia orgánica, humus, partículas de carbón, turba, azufre o descargas de desagüe
- Aguas que contengan ácido húmico u otros ácidos orgánicos
- Aguas que contengan azúcares o sus derivados
- Aguas con porcentajes significativos de sales de sodio o potasio disueltos, en especial en todos aquellos casos en que es posible la reacción álcali – agregado.

2.2.26 REQUISITOS DEL COMITÉ 318 DEL ACI

- a. El agua empleada en el mezclado del concreto deberá estar limpia y libre de cantidades peligrosas de aceites, álcalis, ácidos, sales, materia orgánica, u otras sustancias peligrosas para el concreto o el refuerzo.
- b. El agua de mezclado para concreto premezclado o para concreto que deberá contener elementos de aluminio embebidos, incluida la porción del agua de mezclado que es contribuida en forma de agua libre sobre el agregado, no deberá contener cantidades peligrosas de ión cloruro.
- c. No deberá emplearse en el concreto, aguas no potables, salvo que las siguientes condiciones sean satisfechas.
- d. La selección de las proporciones del concreto deberá basarse en mezclas de concreto en las que se ha empleado agua de la misma fuente.
- e. Los cubos de ensayo de morteros preparados con aguas de mezclado no potables deberán tener a los 7 y 28 días resistencias iguales a por lo menos el 90% de la resistencia de especímenes similares preparados con agua potable. Los ensayos de

comparación de resistencia deberán ser preparados con morteros, idénticos con excepción del agua de mezclado, preparados y ensayados de acuerdo con la Norma ASTM C 109.

Ing. Ana Torres Carrillo.

“Casi todas las aguas naturales que son bebibles (potables) y que no tienen olor o sabor pronunciados, son satisfactorias para ser empleadas como aguas de mezclado en la preparación del concreto. Las impurezas, cuando son excesivas pueden afectar no sólo el tiempo de fraguado, la resistencia del concreto, y la estabilidad de volumen (cambios de longitud, sino que también pueden causar eflorescencias o corrosión del refuerzo. Cuando ello sea posible, las aguas con altas concentraciones de sólidos disueltos deberán ser evitadas.”

Fuente: curso básico de tecnología del concreto para ingenieros civiles.

2.2.27 NORMAS DE ENSAYO PARA EL AGUA

- NTP 339.070 toma de muestras de agua para la preparación y curado de morteros y concretos de cemento portland
- NTP 339.071 ensayo para determinar el residuo sólido y el contenido de materia orgánica de las aguas
- NTP 339.072 método de ensayo para determinar por oxidabilidad del contenido de materia orgánica de las aguas
- NTP 339.073 método de ensayo para determinar el PH de las aguas
- NTP 339.074 método de ensayo para determinar el contenido de sulfatos de las aguas
- NTP 339.075 método de ensayo para determinar el contenido de hierro de las aguas
- NTP 339.076 método de ensayo para determinar el contenido de cloruros de las aguas

2.2.28 CURADO

El término curado se utiliza tanto para describir el proceso natural por medio del cual el concreto de cemento hidráulico madura y desarrolla sus propiedades mecánicas típicas del material en estado endurecido, como para describir las acciones tomadas por el constructor para mantener el concreto húmedo y dentro de un rango de temperatura adecuada, de tal manera que se promueva la hidratación del cemento. En el primer sentido, el tiempo de curado del concreto se refiere al lapso en el cual se desarrollan las reacciones químicas del cemento con el agua, sin que se realice acción alguna; mientras que, en el segundo sentido, se refiere al tiempo durante el cual se ejecutan acciones específicas para mantener el concreto en las condiciones favorables de humedad y temperatura, como pueden ser aplicarle agua, cubrirlo del medio ambiente, calentarlo, etc.

Debido a que se ha comprobado que las reacciones de hidratación del cemento sólo se dan en un ambiente interno de saturación (Mather, 1987), los investigadores de la tecnología del concreto han recomendado, desde hace aproximadamente un siglo, realizar acciones de curado en los elementos de concreto –principalmente suministrando humedad– como una parte esencial de los procedimientos constructivos tendientes a obtener un material con el mejor desempeño posible; y tratando, también, de alcanzar el mayor beneficio posible del alto costo del cemento.

Requisitos de un buen curado

- Adecuado contenido de humedad, un adecuado curado involucra mantener un apropiado contenido de humedad de la pasta. Esto puede ser llevado a cabo usando diferentes métodos de curado o la combinación de varios métodos, todos estos métodos implican, sin embargo dos conceptos: que la superficie del concreto mantenga húmeda a través del suministro de agua exterior (curado húmedo) o la pérdida de humedad sea mínima, de tal manera que sea controlada por el uso de cubiertas impermeables, membranas o el uso de compuestos químicos.
- Mantener una adecuada temperatura en el concreto, de las investigaciones realizadas, se indicó que la temperatura ideal es la

temperatura promedio en la cual el concreto va estar expuesto durante toda su vida, además es necesario proteger el concreto de las temperaturas muy bajas y altas pues estas afectan la velocidad de hidratación y por tanto el desarrollo de la resistencia. El control de la temperatura es un asunto difícil pues existen tres formas de calor; el medio ambiente, absorción del calor solar y el calor generado por las reacciones de hidratación.

- Adecuada protección del ambiente estructural durante el periodo inicial del curado, se refiere a la protección de la nueva estructura de concreto de cualquier tipo de alteración mecánica como:
 - a. Esfuerzos originados por cargas, impacto, excesiva vibración
 - b. Ondas de impacto ocasionados por explosiones o cargas de objetos pesados sobre el encofrado de la estructura.
 - c. Acción de lluvias
 - d. Cualquier tipo de accidente, que provoque una alteración física.
- Suficiente tiempo de curado, dependerá del tipo de cemento utilizado ya que para cemento tipo I, II y V (clasificación ASTM C150). indica que el concreto fabricado con este tipo de cemento deberá mantenerse sobre los 10°C en condición húmeda por 7 días después de colocado, mientras que para los cementos adicionados como el tipo IP o IPM (ASTM C525), deberá ser durado por 10 días. En concretos con aditivos acelerantes el periodo mínimo de curado es 3 días

Métodos de curados del concreto

Se llama curado al procedimiento que se utiliza para promover la hidratación del cemento, y consiste en mantener un control del movimiento de temperatura y humedad hacia dentro del concreto y hacia afuera del concreto.

El objeto del curado es mantener el concreto saturado, ya que la hidratación del cemento solo se logra en capilares llenos de agua, por lo que debe evitarse la evaporación excesiva de ésta. Además debe controlarse la temperatura, puesto que la rapidez de hidratación es más lenta a bajas temperaturas y más rápida a temperaturas elevadas (100 °C).

a. Curado con agua

Cuando se elige una aplicación de agua, debe estudiarse la economía del método particular que se usará en cada obra; además, el método elegido debe proporcionar una cubierta continua de agua, libre de materiales perjudiciales para el concreto.

A continuación, se describen varios métodos de curado con agua:

- **Anegamiento o inmersión**

Es el método más completo de curado. Se usa cuando se trata de losas para pisos, puentes o pavimentos, techos planos (azoteas), es decir, en cualquier lugar donde sea posible almacenar agua con una altura pequeña (ejemplo: 2 cm).

- **Rociado de niebla o aspersión**

El rociado de niebla o aspersión mediante boquilla o aspersores proporciona un curado excelente cuando la temperatura es bastante superior a la congelación.

b. Costales, carpetas de algodón y alfombras

Estos materiales retienen agua sobre la superficie de concreto. Cuanto más pesado sea el costal (o más grueso) más agua retendrá y requerirá periodos de remojo más prolongados.

c. Curado con tierra

Se emplea especialmente en trabajos comparativamente más pequeños que losas o pisos. Lo importante es que la tierra esté libre de partículas mayores de 25 mm y que no contenga cantidades peligrosas de materia orgánica.

d. Curado con arena y aserrín

La arena limpia y el aserrín, ambos mojados, se emplean para el curado de la misma manera que la tierra. La arena y el aserrín son útiles cuando los carpinteros y montadores de encofrados trabajan en la superficie, ya que dichos recubrimientos proporcionan protección contra raspaduras y manchas.

e. Curado con paja o heno

Cuando se utiliza en el curado este tipo de materiales deben aplicarse capas gruesas y mojadas, para evitar que el viento los levante (debe tener un mínimo de 15 cm de espesor).

Materiales selladores

Se trata de hojas o membranas que se colocan sobre el concreto para reducir la pérdida de agua por evaporación.

Existen varios tipos de materiales selladores.

f. Aplicación de película plástica

Se trata de hojas de polietileno con espesor de 0.10 mm y están disponibles en hojas transparentes, blancas o negras. Estas películas plásticas deben colocarse sobre la superficie mojada del concreto fresco, cubriendo todas las partes expuestas.

g. Papel impermeable

Compuesto por 2 hojas de papel kraft unidas entre sí por medio de adhesivo bituminoso.

h. Compuestos líquidos para formar membranas de curado

Estos compuestos consisten esencialmente en ceras, resinas naturales o sintéticas y solventes de volatilidad elevada a la temperatura atmosférica.

Control de tiempo, temperatura y humedad del concreto

Una vez que el agua ha entrado en contacto con el cemento, el concreto empieza a endurecer gradualmente hasta que pasa del estado plástico al rígido, entonces se dice que el concreto ha fraguado.

Una elevación en la temperatura de curado acelera las reacciones químicas de hidratación, incrementando la resistencia temprana del concreto, sin efectos contrarios a la resistencia posterior; sin embargo, una temperatura más alta durante la colocación y el fraguado, aunque incrementa su resistencia a partir de aproximadamente los 7 días. Esto es debido, a que una rápida hidratación inicial parece formar productos de una estructura física más pobre probablemente más porosa. La exposición del concreto al aire, debido a la pérdida de humedad, impide la hidratación completa del cemento y por lo tanto la resistencia final disminuirá. La velocidad e intensidad del secamiento depende de la masa de concreto relativa al área de la superficie expuesta, así como también de la humedad del ambiente

A mayor tiempo de curado, en mayor o menor grado, mayor será la resistencia alcanzada por el concreto. Si el concreto es moldeado y mantenido a una temperatura constante, mientras más alta sea esta, la resistencia será mayor hasta edades cercanas a los 28 días; a edades superiores las resistencias no varían apreciablemente pero a mayor temperatura la resistencia será menor. Para una edad de 28 días, tomando como base una temperatura de 23°C, a una temperatura de 10°C la resistencia es un 18% menor y a 35°C un 0% mayor. Lo anterior es válido hasta una temperatura máxima cercana a 50°C, pues de ahí en adelante los resultados se invierten.

2.2.29 DISEÑO DE MEZCLA

En la actualidad, el concreto es el elemento más usado en el mundo para la construcción, por lo que el correcto diseño de este material tiene un papel importante en el desarrollo de la ingeniería civil de nuestro país.

La correcta selección de los materiales que integran la mezcla de concreto; el conocimiento profundo de las propiedades del concreto; los criterios de diseño de las proporciones de la mezcla más adecuadas para cada caso según la necesidad en un proyecto, el proceso de puesta y colocación en obra; el control de la calidad del concreto los adecuados procedimientos de mantenimiento y reparación de las estructuras, son aspectos que tienen que ser considerados por los profesionales de la construcción y más que nada por los ingenieros civiles a cargo de las obras, pues cuando se construyen estructuras de concreto estas deben cumplir con los requisitos de calidad, seguridad, y durabilidad en el tiempo de servicio para el cual las estructuras de concreto fueron diseñadas.

Por lo tanto existen diferentes Métodos de Diseño de mezcla están dirigidos a mejorar la resistencia, la calidad, la durabilidad y las demás propiedades del concreto teniendo en cuenta las diferentes condiciones de servicio para que el concreto fue diseñado.

¿Qué es el diseño de mezclas de concreto?

El diseño de mezclas de concreto es el proceso de calcular las proporciones de los materiales que conforman el concreto, con el fin de obtener los mejores resultados en las condiciones frescas y endurecidas es decir que el concreto que se prepare tenga las mejores propiedades para ser utilizado en las obras de construcción según sea el caso.

Existen diferentes métodos de Diseños de Mezcla; algunos pueden ser complejos como consecuencia de la existencia de muchas variables de las que dependen los resultados de dichos métodos, aun así, se desconoce el método que ofrezca resultados exactos, sin embargo el adecuado proporcionamiento de los componentes del concreto dan a este la resistencia, durabilidad, consistencia, trabajabilidad y otras propiedades para que el concreto en determinadas condiciones de trabajo y exposición respondan de manera óptima, además con un buen proporcionamiento se logrará evitar las principales anomalías en el concreto fresco y endurecido como la segregación, exudación, fisuramiento por contracción plástica y

secado entre otras que son preocupación constante en las obras de construcción que tiene un control de calidad profesional responsable.

F'cr (resistencia promedio requerida)

Es la resistencia promedio necesaria para el diseño de una mezcla de concreto; la cual está en función al F'C (resistencia a la compresión del concreto a utilizar) que la determinaremos de tres maneras aunque existen otras más.

Cuando tenemos desviación estándar, el coeficiente de variación. Los cuales son indicadores estadísticos que permiten tener una información cercana de la experiencia del constructor.

$$F'cr = f'c + 1.33s \dots\dots\dots I$$

$$F'cr = f'c + 2.33s - 35 \dots\dots\dots II$$

De I y II se asume la de mayor valor.

Donde s es la desviación estándar, que viene a ser un parámetro estadístico que demuestra la performance o capacidad del constructor para elaborar concretos de diferente calidad.

$$DS = \sqrt{\frac{(X1 - X)^2 + (X2 - X)^2 + \dots + (Xn - X)^2}{n - 1}}$$

X1, X2, X3, ..., Xn valores de las resistencias obtenidas en probetas estándar hasta la rotura (probetas cilíndricas de 15 cm de diámetro por 30 cm de altura).

X = es el promedio de los valores de la resistencia a la rotura de las probetas estándar.

N = es el número de probetas ensayadas, que son mínimamente 30.

Cuando no se tiene registro de resistencia de probetas correspondientes a obras y proyectos anteriores.

Tabla 6: Resistencia promedio a la compresión requerida cuando no hay datos disponibles para establecer una desviación estándar de muestra

f'_c	f'_{cr}
Menos de 210	f'_c+70
210 – 350	f'_c+84
>350	f'_c+98

Teniendo en cuenta el grado de control de calidad en la obra.

Tabla 7: Nivel de control de la resistencia a la compresión promedio

Nivel de Control	f'_{cr}
Regular o Malo	1.3 a 1.5 f'_c
Bueno	1.2 f'_c
Excelente	1.1 f'_c

A continuación veremos el desarrollo de un diseño de mezcla de concreto por los métodos ACI, Walker, Método de módulo de fineza de combinación de los agregados.

a. Consideraciones básicas

Economía

El costo del concreto es la suma del costo de los materiales, de la mano de obra empleada y el equipamiento. Sin embargo excepto para algunos concretos especiales, el costo de la mano de obra y el equipamiento son muy independientes del tipo y calidad del concreto producido. Por lo tanto los costos de los materiales son los más importantes y los que se deben tomar en cuenta para comparar mezclas diferentes. Debido a que el cemento es más costoso que los agregados, es claro que minimizar el contenido del

cemento en el concreto es el factor más importante para reducir el costo del concreto. En general, esto puede ser echo del siguiente modo: - Utilizando el menor slump que permita una adecuada colocación. - Utilizando el mayor tamaño máximo del agregado (respetando las limitaciones indicadas en el capítulo anterior). - Utilizando una relación óptima del agregado grueso al agregado fino. - Y cuando sea necesario utilizando un aditivo conveniente.

Es necesario además señalar que en adición al costo, hay otros beneficios relacionados con un bajo contenido de cemento. En general, las contracciones serán reducidas y habrá menor calor de hidratación. Por otra parte un muy bajo contenido de cemento, disminuirá la resistencia temprana del concreto y la uniformidad del concreto será una consideración crítica. La economía de un diseño de mezcla en particular también debería tener en cuenta el grado de control de calidad que se espera en obra. Como discutiremos en capítulos posteriores, debido a la variabilidad inherente del concreto, la resistencia promedio del concreto producido debe ser más alta que la resistencia a compresión mínima especificada. Al menos en pequeñas obras, podría ser más barato “sobre-diseñar” el concreto que implementar el extenso control de calidad que requeriría un concreto con una mejor relación costo – eficiencia.

Trabajabilidad

Claramente un concreto apropiadamente diseñado debe permitir ser colocado y compactado apropiadamente con el equipamiento disponible. El acabado que permite el concreto debe ser el requerido y la segregación y sangrado deben ser minimizados. Como regla general el concreto debe ser suministrado con la trabajabilidad mínima que permita una adecuada colocación. La cantidad de agua requerida por trabajabilidad dependerá principalmente de las características de los agregados en lugar de las características del cemento. Cuando la trabajabilidad debe ser mejorada, el rediseño de la mezcla debe consistir en incrementar

la cantidad de mortero en lugar de incrementar simplemente el agua y los finos (cemento). Debido a esto es esencial una cooperación entre el diseñador y el constructor para asegurar una buena mezcla de concreto. En algunos casos una menos mezcla económica podría ser la mejor solución. Y se deben prestar oídos sordos al frecuente pedido, en obra, de “más agua”.

Resistencia y durabilidad

En general las especificaciones del concreto requerirán una resistencia mínima a compresión. Estas especificaciones también podrían imponer limitaciones en la máxima relación agua/cemento (a/c) y el contenido mínimo de cemento. Es importante asegurar que estos requisitos no sean mutuamente incompatibles. Como veremos en otros capítulos, no necesariamente la resistencia a compresión a 28 días será la más importante, debido a esto la resistencia a otras edades podría controlar el diseño. Las especificaciones también podrían requerir que el concreto cumpla ciertos requisitos de durabilidad, tales como resistencia al congelamiento y deshielo o ataque químico. Estas consideraciones podrían establecer limitaciones adicionales en la relación agua cemento (a/c), el contenido de cemento y en adición podría requerir el uso de aditivos. Entonces, el proceso de diseño de mezcla, envuelve cumplir con todos los requisitos antes vistos. Asimismo debido a que no todos los requerimientos.

Pueden ser optimizados simultáneamente, es necesario compensar unos con otros; (por ejemplo puede ser mejor emplear una dosificación que para determinada cantidad de cemento no tiene la mayor resistencia a compresión pero que tiene una mayor trabajabilidad). Finalmente debe ser recordado que incluso la mezcla perfecta no producirá un concreto apropiado si no se lleva a cabo procedimientos apropiados de colocación, acabado y curado.

Información requerida para el diseño de mezclas

- Análisis granulométrico de los agregados
- Peso unitario compactado de los agregados (fino y grueso)
- Peso específico de los agregados (fino y grueso)
- Contenido de humedad y porcentaje de absorción de los agregados (fino y grueso)
- Perfil y textura de los agregados
- Tipo y marca del cemento
- Peso específico del cemento
- Relaciones entre resistencia y la relación agua/cemento, para combinaciones posibles de cemento y agregados.

Pasos para el proporcionamiento

Podemos resumir la secuencia del diseño de mezclas de la siguiente manera:

- Estudio detallado de los planos y especificaciones técnicas de obra.
- Elección de la resistencia promedio (f_{cr}).
- Elección del asentamiento (slump)
- Selección del tamaño máximo del agregado grueso.
- Estimación del agua de mezclado y contenido de aire.
- Selección de la relación agua/cemento (a / c).
- Cálculo del contenido de cemento.
- Estimación del contenido de agregado grueso y agregado fino.
- Ajustes por humedad y absorción.
- Cálculo de proporciones en peso.
- Cálculo de proporciones en volumen.
- Cálculo de cantidades por tanda.

Especificaciones técnicas

Antes de diseñar una mezcla de concreto debemos tener en mente, primero, el revisar los planos y las especificaciones técnicas de obra,

donde podremos encontrar todos los requisitos que fijó el ingeniero proyectista para que la obra pueda cumplir ciertos requisitos durante su vida útil.

2.2.30 DESCRIPCIÓN DE NORMAS

Muestreo de concreto fresco (NTP 339.036 y ASTM C-172)

Obtener muestras representativas de concreto fresco, sobre las cuales se realizan ensayos para verificar el cumplimiento. La forma de extracción de la muestra es determinante en la validez de los resultados que se obtengan y constituye quizás la etapa más crítica.

Cualquier resultado obtenido a partir de una muestra no representativa (mal tomada) es dudoso o hasta inválido y lejos de contribuir al mejoramiento de la calidad del concreto sólo introduce incertidumbre.

En ningún caso se extraerá la muestra de concreto ya colocado en los encofrados, dado que en este caso la muestra no es representativa y está afectada por fenómenos como la segregación y exudación.

La muestra debe ser premezclada en forma manual, cualquiera haya sido el método empleado en la extracción. Debe protegerse del sol y del viento y su empleo para ensayos o el moldeo de probetas deben hacerse antes de transcurridos 15 minutos desde el momento de la extracción.

Temperatura (NTP 333.184 y ASTM C-1064)

Determinar la temperatura del concreto fresco para verificar el cumplimiento de los requerimientos especificados. La temperatura del concreto depende del aporte calorífico de cada uno de sus componentes, además del calor liberado por la hidratación del cemento, la energía de mezclado y el medio ambiente.

La determinación de la temperatura del concreto en estado fresco se realiza cuando las condiciones ambientales y de exposición de los acopios de los agregados hacen suponer casos extremos, alta o baja temperatura.

Tabla 8: Normativa de medición de temperatura

DESCRIPCION		CRITERIO DE ACEPTACION ASTM C 94 /C 94M-07 - NTP 339.114				
Clima frio	Temp. Mínima	sección en mm	<300	300 - 900	900-1800	>1800
		°C	13	10	7	5
	Temp. Máxima	32°C				
Clima cálido	T= Más baja posible. Si T=32°C se puede encontrar dificultades					

Fuente: Neville A.M., Tecnología del Concreto tomo I y II

Para temperaturas del concreto superiores a los 30 °C, se manifiesta una aceleración de los procesos de fraguado. Además, aumentan los riesgos de fisuración plástica del concreto (sobre todo si hay baja humedad relativa y viento), y se deben extremar las precauciones en el curado temprano.

En general, no se debería proseguir la colocación del concreto si la temperatura del mismo superase los 35°C.

La alta temperatura también provoca una disminución del asentamiento (la mezcla es más seca), y favorece la evaporación de agua de la mezcla. Esto lleva, en general, a la adición de más agua, lo que debe evitarse. Sobre la muestra recién extraída, se introduce un termómetro en la masa de concreto y se recomienda efectuar la lectura con el termómetro inmerso.

Asentamiento en el cono de Abrams (norma NTP 339.035 Y ASTM C -143)

Este método provee una evaluación cuantitativa de la consistencia y es el más comúnmente empleado, dado que la mayoría de los concretos utilizados corresponden al rango de aplicabilidad del método (Asentamientos entre 2" hasta 8").

La consistencia se define como la capacidad de la mezcla de mantenerse homogénea con una permanencia en un estado determinado en función al tiempo. Se mide mediante el ensayo de

asentamiento o Slump, utilizando en Cono de Abrams. El ensayo consiste en compactar una muestra de concreto en un molde troncocónico, midiendo el asentamiento del concreto luego del desmoldado, la compactación se realiza en tres capas de igual volumen, con una varilla lisa metálica normada aplicando 25 golpes por capa, distribuidos uniformemente.

La consistencia de una mezcla es función de su contenido de agua, de la granulometría y características del agregado, ya que de acuerdo a estas características se puede alcanzar una consistencia determinada.

Una de las aplicaciones del ensayo de asentamiento es en el diseño de mezclas, ya que este permite definir que mezclas son apropiadas para una determinada resistencia.

Por la consistencia de los agregados pueden agruparse en:

Tabla 9: Consistencia del concreto

CONSISTENCIA	ASENTAMIENTO
<i>Rigidos</i>	< 2"
<i>Plasticos</i>	2" - 4"
<i>Blandos</i>	4" - 6"
<i>Fluido</i>	> 6"

*Fuente: diseño de mezclas de concreto
Autor: Samuel Laura Huanca*

Tabla 10: Normativa de asentamiento de concreto

ESPECIFICACIONES		TOLERANCIA ASTM C94/C 94M - NTP 339.114
Asentamiento nominal	2" (50mm) y menos	$\pm 1/2"$ (15mm)
	2" a 4" (50mm a 100mm)	$\pm 1"$ (25mm)
	más de 4" (100mm)	$\pm 1 \frac{1}{2}"$ (40mm)
Asentamiento máximo o no debe exceder	3" (75mm) o menos	En exceso 0" (0mm)
		En defecto 1 1/2" (40mm)
	más que 3" (75mm)	En exceso 0" (0mm)
		En defecto 2 1/2" (65mm)
Tiempo de conservación en estos rangos (responsabilidad del productor)		30 min desde llegada a obra

Fuente: Neville A.M., Tecnología del Concreto tomo I y II

Contenido de aire en el concreto (NTP 339.083, ASTM C-231 Y NTP 339.081, ASTM C-173).

Generalmente ocupa del 1% al 3% del volumen de la mezcla. Está en función de las proporciones, las características físicas de los agregados y del método de compactación. En algunas condiciones se incorpora aire adicional para mejorar la durabilidad. La inclusión de aire es necesaria en concreto que estará expuesto a ciclos de congelación y deshielo o a químicos descongelantes.

Elaboración y curado de probetas cilíndricas en obra (NTP 339.033 Y ASTM C-31).

Elaboración, curado y transporte de probetas cilíndricas representativas del potencial del concreto colocado en obra. Este procedimiento aplica para cilindros de 6 x 12 pulgadas (15 x 30 cm) usando concreto con un asentamiento ≥ 1 pulgada (2.5 cm). Es necesario realizar la elaboración de los testigos de esa manera controlar la resistencia del concreto a diferentes edades.

Fabricación del concreto con mezcladora (NORMA: ASTM C 192-02).

El uso de la mezcladora mecánica para la fabricación de concreto proporciona un mayor grado de eficiencia en la producción del mismo, además que permite el suficiente intercambio de los materiales durante el mezclado. Existen varios tipos de mezcladora, según el método de descarga que éstas tengan:

- **Mezcladora de volteo o de tambor.-** Este tipo de mezcladora tiene un tambor de forma cónica o de olla, con aspas en su interior. En ellas la descarga se realiza volcando el concreto; la acción de descarga será siempre adecuada cuando toda la mezcla pueda volcarse con rapidez, evitando la segregación de la masa de concreto.

Las mezcladoras de volteo son preferibles para producciones pequeñas de concreto, o mezclas de baja trabajabilidad.

- **Mezcladora de tolva de almacenaje.-** El eje de estas mezcladoras siempre está en posición horizontal, su descarga se realiza insertando un tobogán en el tambor o invirtiendo la dirección de rotación de éste.
- **Mezcladoras de artesa.-** Operan de manera muy similar a las batidoras domésticas, son llamadas también mezcladoras activadas por potencia.

Las mezcladoras de artesa no suelen ser móviles, por lo que se emplean en una planta mezcladora central, en fábricas de prefabricados, y los modelos pequeños se utilizan en los laboratorios.

Es importante mencionar que en las mezcladoras de tambor, no se raspan las paredes del tambor durante el mezclado, por lo que hay cierta cantidad de mortero que se adhiere y se queda allí hasta que la mezcladora se limpia.

En consecuencia, cuando se hace la primera mezcla de concreto, queda gran cantidad de mortero pegado y la descarga consistente todo en partículas grandes recubiertas, y por eso la primera revoltura se debe desechar.

Para evitar esto, una alternativa viable en el laboratorio, es introducir en la mezcladora cierta cantidad de mortero antes de comenzar el mezclado esto se conoce como poner “mantequilla” a la mezcladora.

- **Tiempo de mezclado.-** Para obtener un concreto de composición uniforme, y por consiguiente de resistencia adecuada, es importante saber cuál es el tiempo mínimo de mezclado. El tiempo varía según tipo de mezcladora, en realidad el tiempo no es el factor determinante de asegure un mezclado adecuado, sino el número de revoluciones de la mezcladora.

Generalmente son suficientes alrededor de 20 revoluciones por minutos. Más no debe dejarse de tener en cuenta, que al existir una velocidad óptima de rotación recomendable por el fabricante de la

mezcladora, el número de revoluciones y el tiempo de mezclado son independientes.

El valor exacto de los tiempos mínimos de mezcladora varía con el tipo y tamaño de mezcladora que se esté usando, la tabla 1 muestra valores típicos de estos tiempos.

Tabla 11: Tiempo mínimo de mezclado recomendado

<i>capacidad de la mezcladora m3</i>	<i>tiempo de mezclado, en minutos, según el American Institute</i>
0.8	1
1.5	1 1/4"
2.3	1 1/2"
3.1	1 3/4"
3.8	2
4.6	2 1/4"
7.6	3 1/4"

Fuente: Neville A.M., Tecnología del Concreto tomo I y II

Preparación manual del concreto.

Ingredientes secos.- Cuando se mezcla el concreto a mano, se debe primero mezclar los componentes secos con una pala en un terreno plano se recomienda de que los ingredientes secos y finos como la arena y el cemento estén bien mezclados y que la grava estén incorporados. Siempre se debe reservar una pequeña cantidad de mezcla seca para agregar al concreto en caso de que haya quedado muy aguado.

Agua.- Cuando se mezcla el concreto, se debe usar siempre la menor cantidad de agua para hacer del cemento un material cohesivo. Más agua hará que el concreto sea más proclive y reducción de volumen, y le quita dureza al ser comprimido. Para encontrar la proporción correcta de cemento a agua, se debe calcular el peso del agua y el peso del cemento.

Instrucciones de mezclado. - Una vez que los ingredientes secos son mezclados, haz un hoyo en el centro de la mezcla. Lentamente agrega agua en el medio de los ingredientes, y arroja los ingredientes

secos hacia el centro para ser mezclados. Sigue agregando agua al cemento hasta que este mantenga su forma y sólo se vea un poco de agua. Cuando el concreto se encuentra perfectamente hidratado, el concreto debería sostener crestas hechas con la pala en él.

CAPITULO III: METODOLOGIA DE LA INVESTIGACION

3.1 TIPO DE INVESTIGACION

La presente investigación es de tipo **CORRELACIONAL** puesto que tiene como propósito relacionar entre si la resistencia a la compresión de briquetas a diferentes edades (7 días, 14 días, 21 días y 28 días) de las tres formas de curado realizados en la ciudad de Abancay y en la localidad de Pachachaca “La investigación correlacional asocia variables mediante en patrón predecible para un grupo o población” (Hernández, 2006)

3.2 NIVEL DE INVESTIGACION

El nivel de esta presente investigación es del tipo **EXPLICATIVA**, puesto que se estudian tres condiciones diferentes de curado y se pretende explicar que es lo que sucede cuando el concreto es curado adecuadamente de acuerdo a las normas y también que sucede con la resistencia del concreto a la compresión cuando este no se cura durante el tiempo en el que logra alcanzar resistencia máxima (28 días).

“La investigación que se realiza luego de conocer las características del fenómeno o hecho que se investiga (variable) y las causas que han determinado que tenga tales y cuales características, es decir, conociendo los factores que han dado origen al problema entonces ya se le puede dar un tratamiento metodológico” (Sergio Carrasco Díaz, 2006)

3.3 METODO DE INVESTIGACION

El método de investigación es **CUANTITATIVO Y CUALITATIVO**, puesto que el medio de prueba de las hipótesis se basa en mediciones numéricas y el análisis estadístico, para de esa forma poder obtener los resultados esperados.

Enfoque cuantitativo y enfoque cualitativo son paradigmas más usados en las ciencias exactas o naturales.

“Usa la recolección de datos para probar hipótesis, con base en la medición numérica y el análisis estadístico, para establecer patrones de comportamiento y probar teorías” (Sampieri 1991).

3.4 INSTRUMENTO

En la presente investigación, por tener datos que se recolectaron en laboratorio se usaron formatos que ayuden a la interpretación y análisis de estas, usando protocolos de ensayos, para así tener un control adecuado y sustentatorio que tendrá como participantes también al asesor de la tesis como al técnico laboratorista los cuales se menciona a continuación.

- Protocolos de ensayo de materiales en laboratorio
- Protocolos de diseño de mezcla para los dos tipos de cemento
- Protocolos para la elaboración de concreto
- Protocolos para pruebas de compresión en los cilindros de concreto.

Todos los controles durante la elaboración de concreto y durante la prueba de compresión fueron realizados con equipos calibrados los cuales se muestran los certificados de calibración en los anexos.

3.5 TECNICA

La técnica empleada para esta investigación es de tipo estadístico, en el cual se tomó datos recolectados en el laboratorio, como también se realizó el procesamiento de los datos para obtener los resultados.

Para aplicar la técnica estadística se consideró la variación de tendencias que tendrá los datos obtenidos en laboratorio, llegando a un resultado más próximo o certero a la realidad.

“Constituye el conjunto de reglas y pautas que guían las actividades que realizan los investigadores en cada una de las etapas de la investigación científica. Las técnicas como herramientas procedimentales y estratégicas suponen un previo conocimiento en cuanto a su utilidad y aplicación, de tal manera que seleccionarlas y elegir las resulte fácil para el investigador.” (Sergio Carrasco Díaz 2006).

3.6 SISTEMA DE VARIABLES

Tabla 12: Operacionalizacion de Variables

TIPO DE VARIABLE	VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA DE MEDICION	DEPENDIENTES E INDEPENDIENTES
INDEPENDIENTE	<i>Adecuado metodo de curado</i>	<i>Resistencia a la compresion</i>	<i>Recopilar los resultados obtenidos en laboratorio para luego evaluar sus características</i>	<i>Pruebas de resistencia a la compresion en laboratorio a traves de la prensa hidraulica</i>	X1
DEPENDIENTE	<i>Tiempo y condicion de curado</i>	<i>coloracion que presenta cada probeta por condicion de curado</i>	<i>Control de curado de acuerdo a cada diferente de condicion planteada</i>	<i>variacion respecto a la resistencia de la compresion por condicion de curado</i>	Y1
	<i>Diferencia en el comportamiento de dos climas (Abancay - Pachachaca)</i>	<i>variacion de altitud y ubicación geografica</i>	<i>Temperatura, vientos y humedad</i>	<i>Registros climaticos</i>	Y2
	<i>Resistencia del concreto a diferentes edades</i>	<i>Rotura de probetas a edad de 7, 14, 21 y 8 días</i>	<i>Pruebas de compresion</i>	<i>F'c(Kg/cm2)</i>	Y3

Fuente: Elaboracion propia

CAPITULO IV: HIPOTESIS

4.1 FORMULACION DE HIPOTESIS

4.1.1 HIPOTESIS GENERAL

- **HG:** La diferencia existente entre las condiciones del tipo de curado del concreto elaborado con cemento portland tipo I y cemento puzolánico tipo IP, influyen significativamente en el tiempo de desarrollo de la resistencia del concreto a la compresión.

4.1.2 HIPOTESIS ESPECIFICA

- **H1:** El metodo de curado influye en la resitencia a la compresion del concreto.
- **H2:** Los tipos de cemento, cemento portland tipo I y cemento puzolanico tipo IP utilizado para la preparacion de concreto influye en las características de desarrollo de resistencia del concreto.
- **H3:** Las condiciones climaticas de la ciudad de abancay influyen en el comportamiento de las carecteristicas del concreto.

4.1.3 HIPOTESIS NULA

- **H01:** El metodo de curado no influyen en la resitencia a la compresion del concreto.
- **H02:** Los tipos de cemento, cemento portland tipo I y cemento puzolanico tipo IP utilizado para la preparacion de concreto no influyen en las características de desarrollo de resistencia del concreto.
- **H03:** Las condiciones climaticas de la ciudad de abancay no influyen en el comportamiento de las carecteristicas del concreto.

4.2 MUESTRA DE ESTUDIO

4.2.1 UNIVERSO OBJETIVO

Cilindros de concreto elaborada in situ

4.2.2 UNIVERSO MUESTRAL

Cilindros de concreto elaborados con mezcla de dos tipos diferentes de cemento (cemento portland tipo I y cemento puzolánico tipo IP), utilizando en su preparación agregado fino proveniente de la cantera del sr. Aymituma y el agregado grueso proveniente de la cantera del sr. Gamarra utilizando el agua de la Ciudad de Abancay.

4.2.3 MUESTRA

Para este trabajo de investigación se elaboraron cilindros de concreto de 30cm de altura y 15 cm de diámetro elaborados con dos tipos diferentes de cemento (cemento portland tipo I y cemento puzolánico tipo IP) los cuales fueron sometidos a pruebas de compresión a diferentes edades siendo un total de 108 briquetas (cilindros de concreto)

CAPITULO V: ESTUDIO DE LOS MATERIALES

5.1 CEMENTO

Para la construcción de los elementos estructurales es muy importante elegir el tipo de cemento a usar en su conformación de esta, siendo un elemento muy importante en la elaboración del concreto, el cemento tendrá diferente comportamiento en el desarrollo de su resistencia, en el calor de hidratación temperatura, color y tiempo de fraguado.

Para la presente investigación se optó en desarrollar la elaboración de concreto con un protocolo estándar para determinar y apreciar las diferencias y tipos de comportamiento que tendrán durante las pruebas a la compresión a realizarse.

Los tipos de cementos son comerciables y usados comúnmente en las construcciones de obras públicas y privadas enmarcando así las posibilidades de información de las características de estos cementos para posteriores investigaciones o como referencia para el control de calidad del concreto.

5.1.1 CEMENTO PORTLAND TIPO 1

El cemento Portland destinado a obras de concreto en general, cuando en las mismas no se especifique la utilización de otro tipo. (Edificios, estructuras industriales, conjuntos habitacionales)

El cemento portland tipo IP está contemplada en la norma técnica: NTP 334.009 y ASTM C-150, libera más calor de hidratación que otros tipos de cemento.

5.1.2 CEMENTO PUZOLÁNICO IP

El cemento portland puzolánico IP, es un cemento fabricado a base de Clinker, con puzolana y yeso;

- Resistencia al ataque de sulfatos; el hidróxido de calcio, liberado en la hidratación del cemento, reacciona con los sulfatos produciendo

sulfato de calcio hidratado que genera una expansión del 18 % del sólido y produce también estringita⁴ que es el compuesto causante de la figuración del concreto.

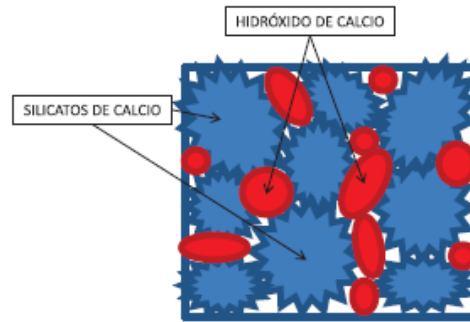
- Debido a la capacidad de la puzolana de para fijar este hidróxido de calcio liberado y a su mayor impermeabilidad, el cemento puzolánico tipo IP es más resistente a los sulfatos y al ataque químico de otros iones agresivos
- Mayor impermeabilidad; el cemento portland puzolánico IP, produce mayor cantidad de silicatos, debido a la reacción de los aluminosilicatos de la puzolana con los hidróxidos de calcio producidos en la hidratación del cemento, disminuyendo la porosidad capilar, así mismo el concreto se hace menos permeable y protege a la estructura metálica de la corrosión.
- Disminuye la reacción nociva álcali-agregado; menor calor de hidratación; la reacción entre el hidróxido de calcio, liberado en la hidratación el cemento, con el aluminato Tricálcico (C3A) presente en el cemento, genera gran calor de hidratación, evitando contracciones y fisura miento que afecten la calidad del concreto, principalmente en obras de gran volumen.

5.1.3 EL CEMENTO TIPO I Y CEMENTO TIPO IP

Cabe recalcar que estos tipos de cementos están contemplados bajo las normas técnicas **NTP 334.009 (ASTM C150)** cemento tipo I , norma técnica **NTP 334.090 (ASTM) C-595)**, se saben que tiene diferentes aplicaciones en el uso del concreto, por su comportamiento que se genera ante las reacciones químicas que presentan en su elaboración.

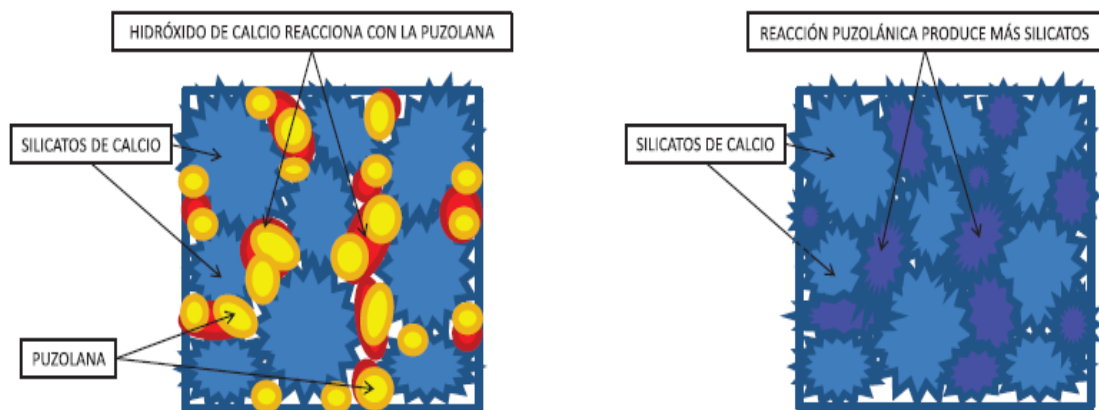
⁴ La estringita es un mineral sulfato, es un mineral de tono incoloro a amarillo que cristaliza en un sistema cristalino trigonal. Los cristales prismáticos son por lo general incoloros, tomando un color blanquecino al hidratarse

Cemento tipo I



El cemento tipo I produce un 75 % de silicatos de calcio (calcio), el otro 25% es hidróxido de calcio generando vacíos y haciendo que esta sea susceptible a los ataques químicos, produciendo erosiones y/o expansiones.

Cemento tipo IP



La puzolana que contiene el cemento en este tipo reacciona con el hidróxido de calcio más silicatos de calcio, lo que le otorga mayor resistencia sellando los poros haciendo un concreto más impermeable.

5.2 AGREGADO

5.2.1 LOCALIZACIÓN DE LOS BANCOS

Para realizar el estudio de investigación fue necesario recolectar muestras de las distintas canteras de agregado grueso como agregado fino que se encuentran en la localidad de Abancay en el sector de Pachachaca, estos

agregados son obtenidos por un proceso mecánico, pasando por una maquina chancadora para obtener el tamaño requerido según el cliente desee para el tipo de estructura que desee conformar.

Las canteras que se encuentran en la zona son: cantera de Gamarra, cantera de Aymituma, cantera de Quispe, Cantera de Ballón siendo estas canteras con ubicaciones muy distanciadas para fines de estudio se propuso esta variación para tener mayor cobertura en cuanto a determinar las variaciones en cuanto a sus propiedades físicas y mecánicas.

Al realizar los estudios de las diferentes canteras contaremos con la información para determinar un diseño de concreto patrón que se realizara para el control respectivo, sin embargo cabe resaltar que estas canteras cuentan con estudios ya realizados anteriormente, pero con los nuevos estudios que se realizaran se apreciará la variación que sufren por el estrato que tienen en sus respectivos bancos, y el desgaste de la maquina chancadora para obtener los tamaños requeridos.

Las diferentes canteras tienen la misma forma de obtener sus agregados pero sin embargo hay diferencias en cuanto al orden y al almacenamiento de dichos materiales pétreos, en las diferentes visitas que se realizó para constatar se aprecia que en las canteras de “Gamarra” y “Ballón” hacen un lavado del agregado fino, sin embargo este lavado aun no minimiza el problema del porcentaje % de la malla #200 que según la norma debe estar entre 3% a 5%.

Las cantera de Quispe se encuentra en la localidad de Pachachaca, siendo una cantera netamente de la trituración de los agregados en esta cantera se aprecia el orden de su acopio de los materiales sin embargo el agregado fino es completamente obtenido de la trituración teniendo un mayor porcentaje de pasante de la malla # 200, en la cantera de Aymituma se observó que el acopio se encuentra más desordenado respecto a las otras canteras, también se aprecia que el material de agregado fino es obtenido de rio esto hace que su material sea con un poco de material de canto

rodado, estos se basa con los análisis realizados que se detallara en los siguientes ítems.

Imagen 1: Vista satelital del valle de Abancay

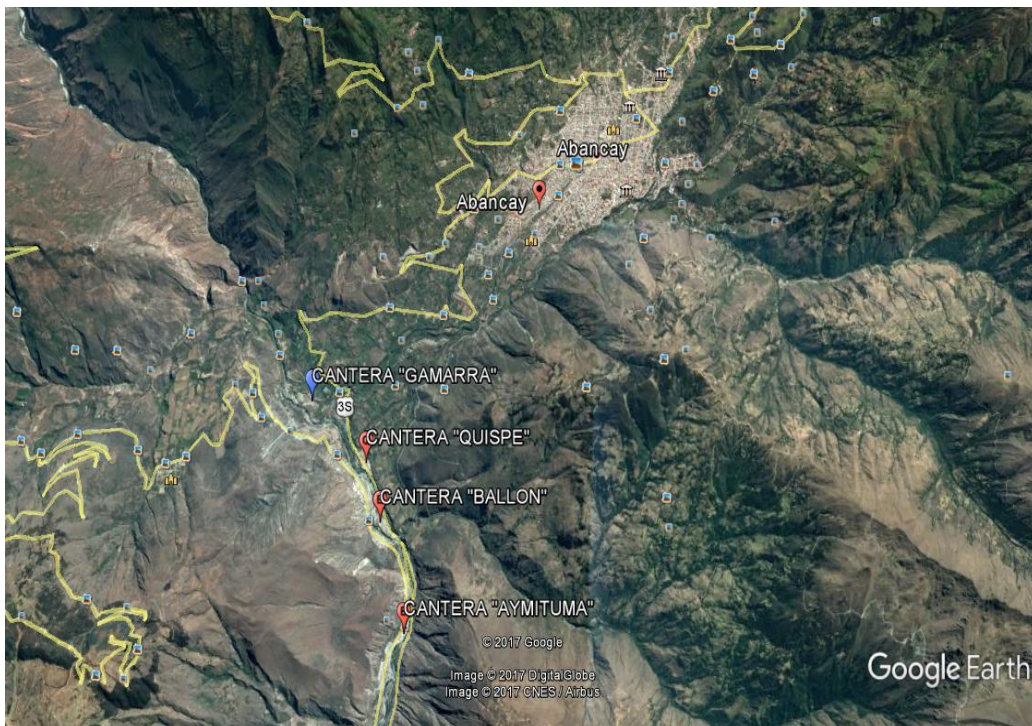
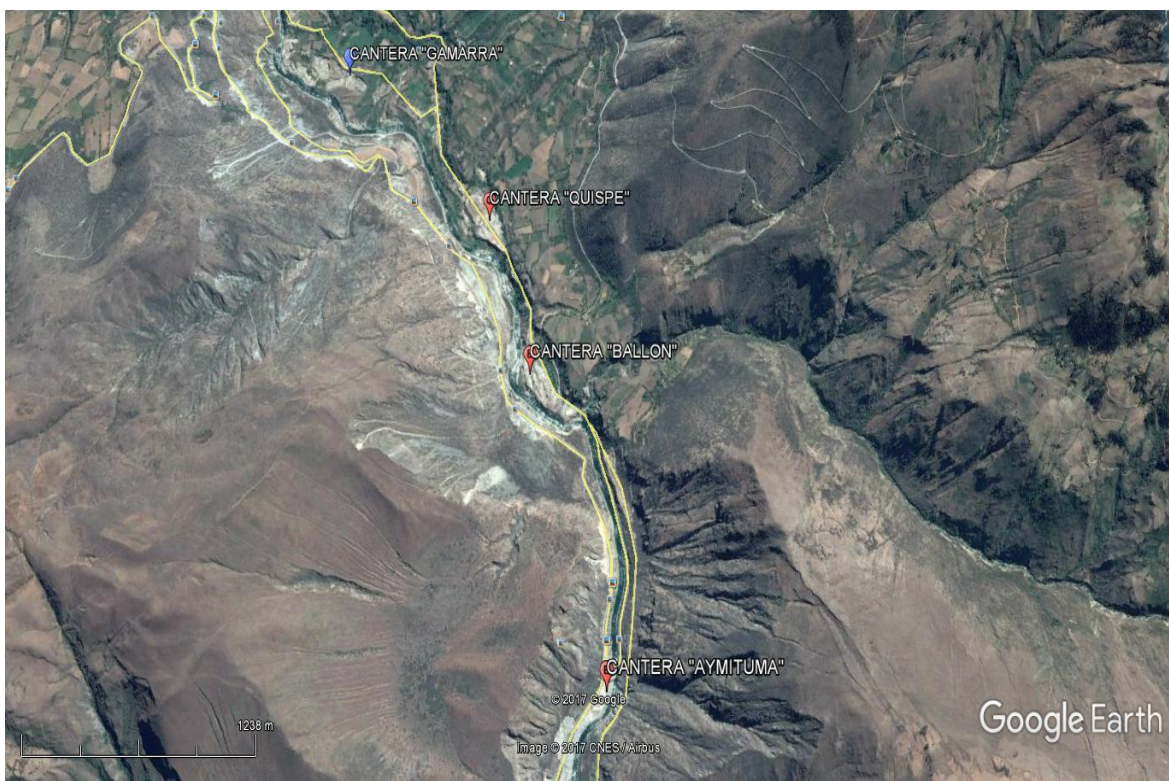


Imagen 2: Vista satelital de la localidad de Pachachaca



5.2.2 PROPIEDADES DEL AGREGADO

Para una buena dosificación del concreto es sumamente importante el estudio de estos pues tienen un gran porcentaje en la participación de la unidad cubica del concreto, las propiedades y características de estos influyen en la calidad y propiedad del concreto.

La influencia de este material pétreo tiene influencia directamente en la calidad del acabado, en la trabajabilidad y consistencia al estado plástico, así como la durabilidad, resistencia propiedades elásticas y térmicas, cambio de volumétricos y peso unitario del concreto endurecido.

La norma de concreto E-060, recomienda que: a pesar que en ciertas circunstancias los agregados que no cumplen con los requisitos estipulados han demostrado un buen comportamiento en experiencias de obras ejecutadas, sin embargo debe tenerse en cuenta que un comportamiento satisfactorio en el pasado no garantiza buenos resultados bajo otras condiciones y en diferentes localizaciones, en la medida de lo posible deberán usarse agregados que cumplan con las especificaciones del proyecto.

Los ensayos se realizaron con el propósito de establecer las propiedades físicas, mecánicas, de agregados fino y grueso para concreto. Se obtuvieron tres muestras de agregados directamente del lugar de extracción.

Estas muestras fueron llevadas al laboratorio de MECÁNICA DE SUELOS Y CONCRETO de la Carrera Profesional de Ingeniería Civil – Facultad de Ingeniería de la UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE LOS ANDES, donde se realizaron los ensayos de propiedades físicas (ASTM C-33), mecánicas (ASTM C-131).

5.2.3 ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE AGREGADOS GRUESOS Y FINOS

Los agregados finos y gruesos se ensayaron según la norma ASTM C-33, Y NTP 400.037 deberán cumplir con las GRADACIONES establecidas en la NTP 400.012, respectivamente.

Objetivos

- Realizar los ensayos granulométricos de los agregados (agregado fino , agregado grueso)
- Aplicar procedimientos de ensayo estandarizado a fin de determinar las propiedades físicas de los agregados
- Determinar el porcentaje que pasa de los diferentes tamaños del agregado, y con estos datos construir su respectiva curva granulométrica
- Verificar si los agregados se encuentran dentro de los rangos para hacer un buen diseño de mezcla.

Equipos

- Horno
- Juego de tamices
- Vibrador para agregado grueso y fino
- Balanza con precisión a 0.01g

Granulometría del agregado fino

- Seleccionar una cantera, para luego recoger cierta cantidad de arena, ponerlo en una tara e secarlo en el horno durante 24 horas.
- Al día siguiente sacar la arena del horno y pesar.
- Seleccionar las mallas normalizados a usar, los cuales son: N°4, N°8, N°16, N°30, N°50 y N°100.
- Colocar la arena sobre la malla N°4, y poner todo el conjunto en la máquina zarandeadora y realizar el tamizado durante 1 minuto.
- Concluido el tamizado, se procede a pesar la muestra retenida en cada malla.

- Finalmente se procede a calcular el porcentaje de peso retenido acumulado para graficar su curva, y el módulo de finura.

Tabla 13: Límites de la granulometría Agregado fino ASTM C-33

N° DE TAMIZ	D(mm) TAMIZ	PORCENTAJE QUE PASA (ACUMULATIVO)	
3/8"	9.5	100%	100%
4	4.75	95%	100%
8	2.36	80%	100%
16	1.18	50%	85%
30	0.6	25%	60%
50	0.3	10%	30%
100	0.15	2%	10%

Fuente: Elaboración propia

a. Granulometría de la cantera de “Ballón”

Para realizar el ensayo se tomó la muestra de la misma cantera, según los procedimientos antes mencionados, se realizó 3 ensayos para determinar un promedio de esta para la interpretación de los datos obtenidos en laboratorio.

Tabla 14: Análisis granulométrico del agregado fino Cantera “Ballón”

ENSAYO PROMEDIO					
N° De Tamiz	Peso Ret. +Tamiz	Peso Del Tamiz	Peso Retenido	% Retenido	% Acumulado
3/8"					
4	912.9	509.6	403.3	20.54%	20.54%
8	952.9	593.8	359.1	18.29%	38.83%
16	818.5	421.4	397.1	20.22%	59.05%
30	702.9	405.3	297.6	15.16%	74.21%
50	572.6	371.5	201.1	10.24%	84.45%
100	493.6	350.5	143.1	7.29%	91.74%
200	411.7	327.2	84.5	4.30%	96.04%
CAZUELA	447.3	369.6	77.7	3.96%	100.00%
TOTAL			1963.5		

Fuente: Elaboración propia

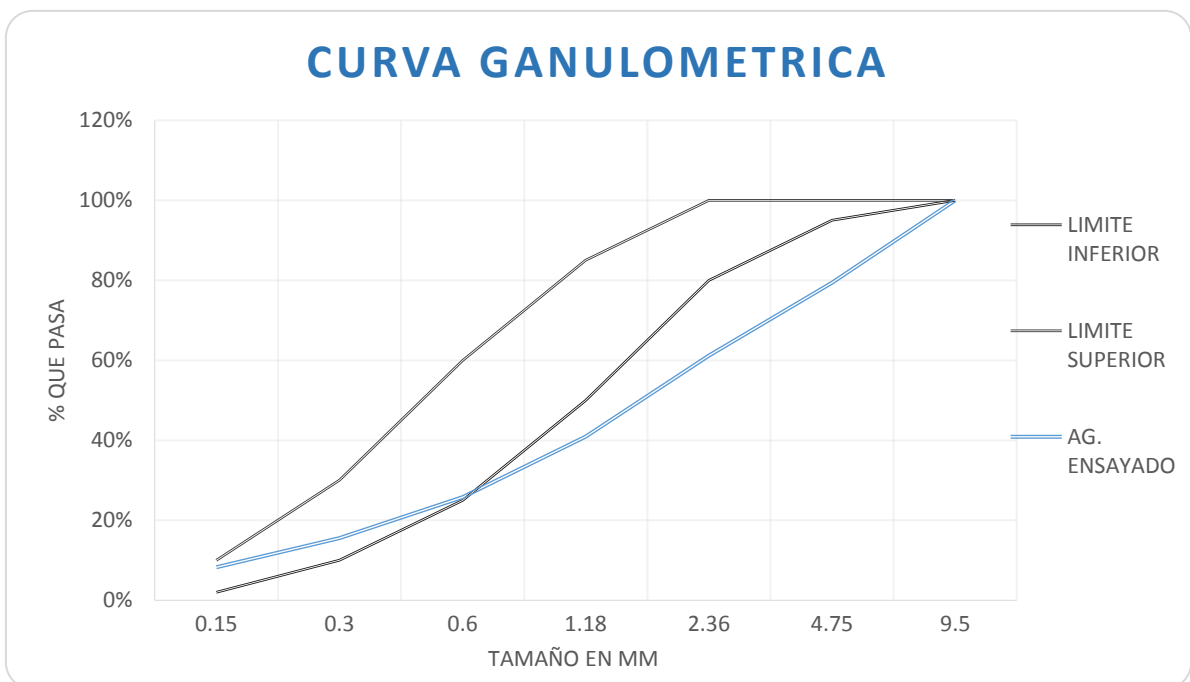
Módulo de fineza

Se calcula el módulo de finura para saber qué tipo de arena disponemos, para lo cual se utilizó la siguiente fórmula.

$$MF = \frac{\sum (\% \text{ Retenido Acumulado})}{100}$$
$$MF = 3.69$$

Del ensayo de granulometría podemos ver que el módulo de fineza obtenido es de 3.69 siendo este dato obtenido de la sumatoria de los porcentajes retenidos, cabe recalcar que según la norma nos indica que el módulo de fineza debe encontrarse entre 2.2 a 3.1, para este caso el módulo de fineza es muy alto.

Imagen 3: Curva granulométrica del agregado fino "cantera Ballón"



Fuente: Elaboración propia

En el gráfico de la curva granulométrica podemos apreciar con mayor énfasis en que tamices son los que no están bajo los límites del ASTM-33, en este caso apreciamos que a partir de los tamices N°4, al N°30 se encuentran fuera de la curva.

b. Granulometría de la cantera de “Quispe”

Para realizar el ensayo se tomó la muestra de la misma cantera, según los procedimientos antes mencionados, se realizó 3 ensayos para determinar un promedio de esta para la interpretación de los datos obtenidos en laboratorio.

Tabla 15: Análisis granulométrico del agregado fino Cantera “Quispe”

ENSAYO PROMEDIO						
N° De Tamiz	Peso Ret. +Tamiz	Peso Del Tamiz	Peso Retenido	% Retenido	% Acumulado	Porcentaje Que Pasa (Acumulativo)
3/8"						100.00%
4	597.3	509.8	87.5	4.10%	4.10%	95.90%
8	1030.7	426.4	604.3	28.34%	32.45%	67.55%
16	1034.2	421.5	612.7	28.74%	61.19%	38.81%
30	782.9	405.4	377.5	17.71%	78.89%	21.11%
50	594	371.5	222.5	10.44%	89.33%	10.67%
100	472.5	350.5	122	5.72%	95.05%	4.95%
200	376.3	327.3	49	2.30%	97.35%	2.65%
CAZUELA	426.2	369.7	56.5	2.65%	100.00%	0.00%
TOTAL			2132			

Fuente: Elaboración propia

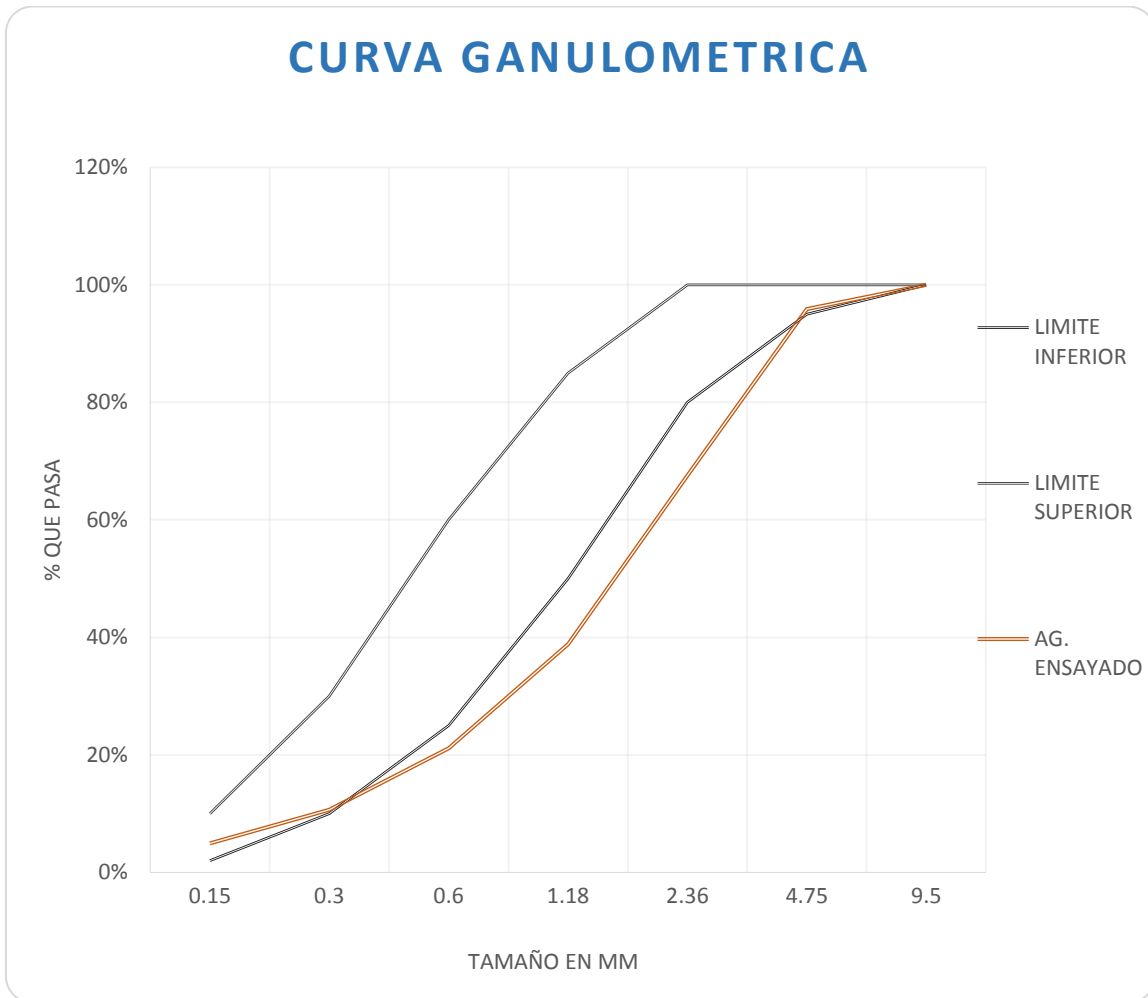
Módulo de fineza

Se calcula el módulo de finura para saber qué tipo de arena disponemos, para lo cual se utilizó la siguiente formula.

$$MF = \frac{\sum (\% \text{ Retenido Acumulado})}{100}$$
$$MF = 3.61$$

En los resultados obtenidos del análisis granulométrico del agregado fino de la cantera de “Quispe”, tenemos un módulo de fineza de 3.61, el cual no se encuentra bajo los parámetros que nos da las normas que debería ser entre 2.2 y 3.1.

Imagen 4: Curva granulométrica del agregado fino “cantera Quispe”



Fuente: Elaboración propia

Para un mejor análisis e interpretación de los resultados, lo podemos apreciar en la curva granulométrica comparando si están bajo los límites establecidos en la norma ASTM – 33, en este caso para la cantera “Quispe” se aprecia que casi en su totalidad la curva obtenida en los ensayos nos da entender que en ninguna de sus tamices cumple con los límites siendo los únicos tamices N° 100 y N° 4 los que cumplen dicho requisito, el restante de tamices tiene una mala configuración en la distribución de la granulometría

c. Granulometría de la cantera de “Gamarra”

Para realizar el ensayo se tomó la muestra de la misma cantera de “Gamarra”, según los procedimientos antes mencionados, se realizó 3

ensayos para determinar un promedio de esta para la interpretación de los datos obtenidos en laboratorio.

Tabla 16: Análisis granulométrico del agregado fino Cantera “Gamarra”

ENSAYO PROMEDIO					
N° DE TAMIZ	PESO RET. +TAMIZ	PESO DEL TAMIZ	PESO RETENIDO	% ret	% acumulado
3/8"					
4	719.6	509.8	209.8	11.23%	11.23%
8	938.2	426.4	511.8	27.39%	38.62%
16	941	421.5	519.5	27.80%	66.43%
30	767.4	405.4	362	19.37%	85.80%
50	526.3	371.5	154.8	8.29%	94.09%
100	419	350.5	68.5	3.67%	97.75%
200	354.5	327.3	27.2	1.46%	99.21%
CAZUELA	384.5	369.7	14.8	0.79%	100.00%
TOTAL			1868.4		

Fuente: Elaboración Propia

Módulo de fineza

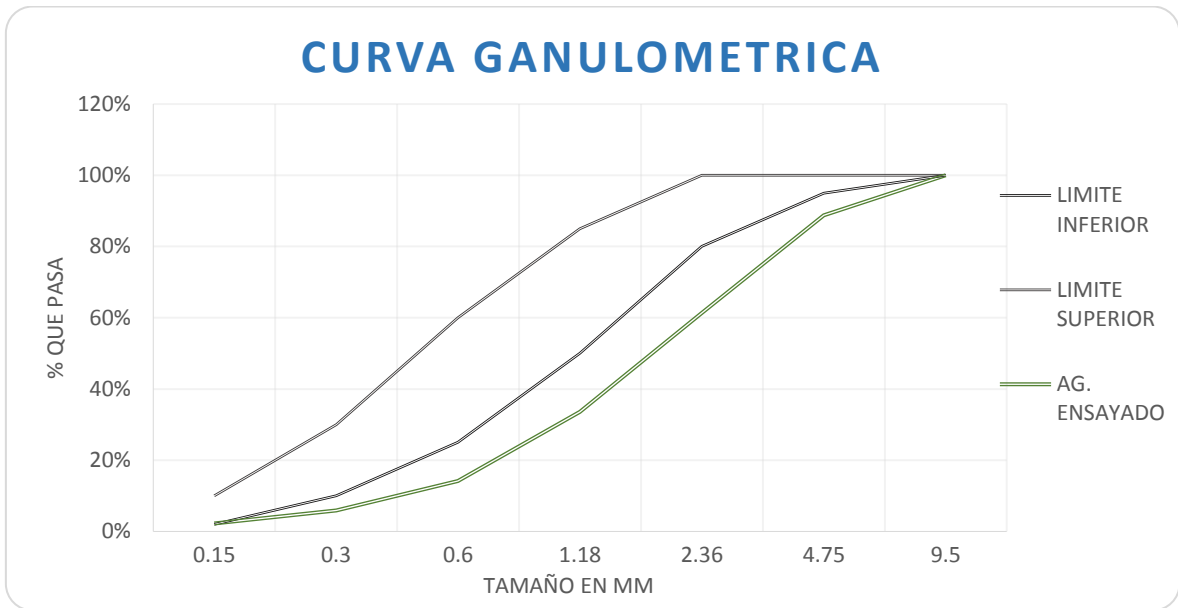
Se calcula el módulo de finura para saber qué tipo de arena disponemos, para lo cual se utilizó la siguiente fórmula.

$$MF = \frac{\Sigma (\%R \text{ Retenido Acumulado})}{100}$$

$$MF = 3.94$$

En los resultados obtenidos podemos apreciar el módulo de fineza en esta cantera es de 3.94, siendo el más alto de todos los módulos de fineza, sin embargo al apreciar la tabla del ensayo se puede ver que en su mayor parte el agredo fue retenido en los tamices de mayor diámetro esto indica que este agregado tiene un exceso de material N°4, con lo cual podemos decir que la gradación de este material no es muy adecuado.

Imagen 5: Curva granulométrica del agregado fino “cantera Gamarra”



Fuente: Elaboración propia

En la gráfica de la curva granulométrica podemos apreciar de mejor manera como va distribuido la gradación de este material, podemos ver que la curva no se encuentra entre los parámetros establecidos en la ASTM-33, y también se aprecia que en ninguno de los tamices está dentro de los límites.

d. Granulometría de la cantera de “Aymituma”

Para realizar el ensayo se tomó la muestra de la misma cantera de “Gamarra”, según los procedimientos antes mencionados, se realizó 3 ensayos para determinar un promedio de esta para la interpretación de los datos obtenidos en laboratorio.

Tabla 17: Análisis granulométrico del agregado fino Cantera “Aymituma”

ENSAYO PROMEDIO					
N° DE TAMIZ	PESO RET. +TAMIZ	PESO DEL TAMIZ	PESO RETENIDO	% Ret	% Acumulado
3/8"					
4	716.1	509.7	206.4	8.82%	8.82%
8	796.8	493.8	303	12.94%	21.76%
16	793.4	427.5	365.9	15.63%	37.38%
30	973.2	405.6	567.6	24.24%	61.63%
50	864	366.5	497.5	21.25%	82.87%
100	615.1	350.5	264.6	11.30%	94.17%
200	418.8	320.6	98.2	4.19%	98.37%
CAZUELA	407.9	369.7	38.2	1.63%	100.00%
TOTAL			2341.4		

Fuente: Elaboración propia

Módulo de fineza

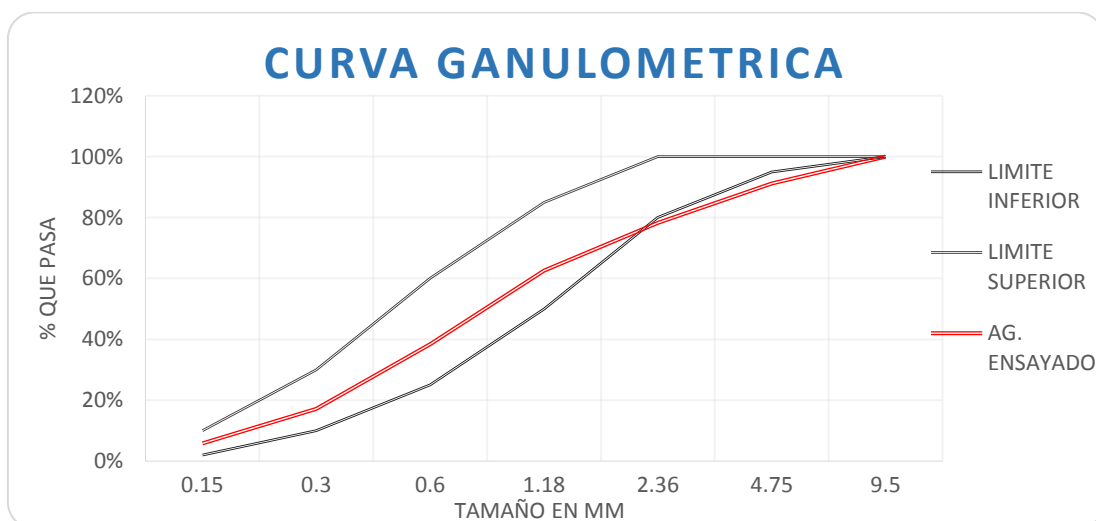
Se calcula el módulo de finura para saber qué tipo de arena disponemos, para lo cual se utilizó la siguiente fórmula.

$$MF = \frac{\sum (\%R \text{ Retenido Acumulado})}{100}$$

$$MF = 3.07$$

Con los datos obtenidos podemos calcular el módulo de fineza que es de 3.07, siendo el único que cumple esta condición según la norma ASTM -33 que debería estar entre 2.2 a 3.1.

Imagen 6: Curva granulométrica del agregado fino “cantera Aymituma”



Fuente: Elaboración propia

En la gráfica de la curva granulométrica para la cantera de “Aymituma” podemos apreciar que en su totalidad cumple las condiciones de gradación y están bajo la curva de los límites establecidos en la norma ASTM-33, sin embargo podemos apreciar una ligera desviación por debajo del límite inferior esto solo ocurre en la malla N°4, el cual nos indica que en este agregado ensayado hay un exceso de material retenido en la malla N° 4.

Con el ensayo de análisis granulométrico de cada cantera ensayada los comparamos con los límites establecidos en la norma ASTM-33 y NTP C-33 y podemos apreciar en los gráficos que material se encuentra más próxima a estar dentro de los límites.

Podemos apreciar que la cantera de Ballón produce un agregado fino no está en su totalidad bajo la curva esto indica que la gradación del agregado no cumple la norma establecida, y tiene un exceso de material de la malla #4 que debería estar en un porcentaje retenido de 0% a 5% según los límites del ASTM C-33 en este material ensayado tiene 20.54 %, en la malla #8 tampoco cumple los límites de ASTM C-33 que debería estar entre , #16, tienen un porcentaje 0% a 20 % en este caso la malla retuvo un 38% y en la malla #16 debería estar según los límites ASTM C-33 entre 25% a 50 % de retenido el cual en el ensayo se tiene un % retenido de 59.05 %, esto indica que este material tiene mayor porcentaje de gruesos en su gradación.

En la cantera de Quispe la curva granulométrica indica que no está bajo los límites establecidos en la norma ASTM C-33, podemos apreciar que solo cumplen en las mallas # 4, #50 y #100, el resto está por debajo del límite inferior según la norma ASTM C-33 en la malla #8 tenemos un porcentaje que pasa acumulativo de 67.55 % que está fuera de los límites establecidos en la ASTM C-33 que debería estar entre 80% a 100%, en la malla # 16 tenemos un porcentaje que pasa acumulativo de 38.81% que este según la ASTM C-33 debería estar entre.

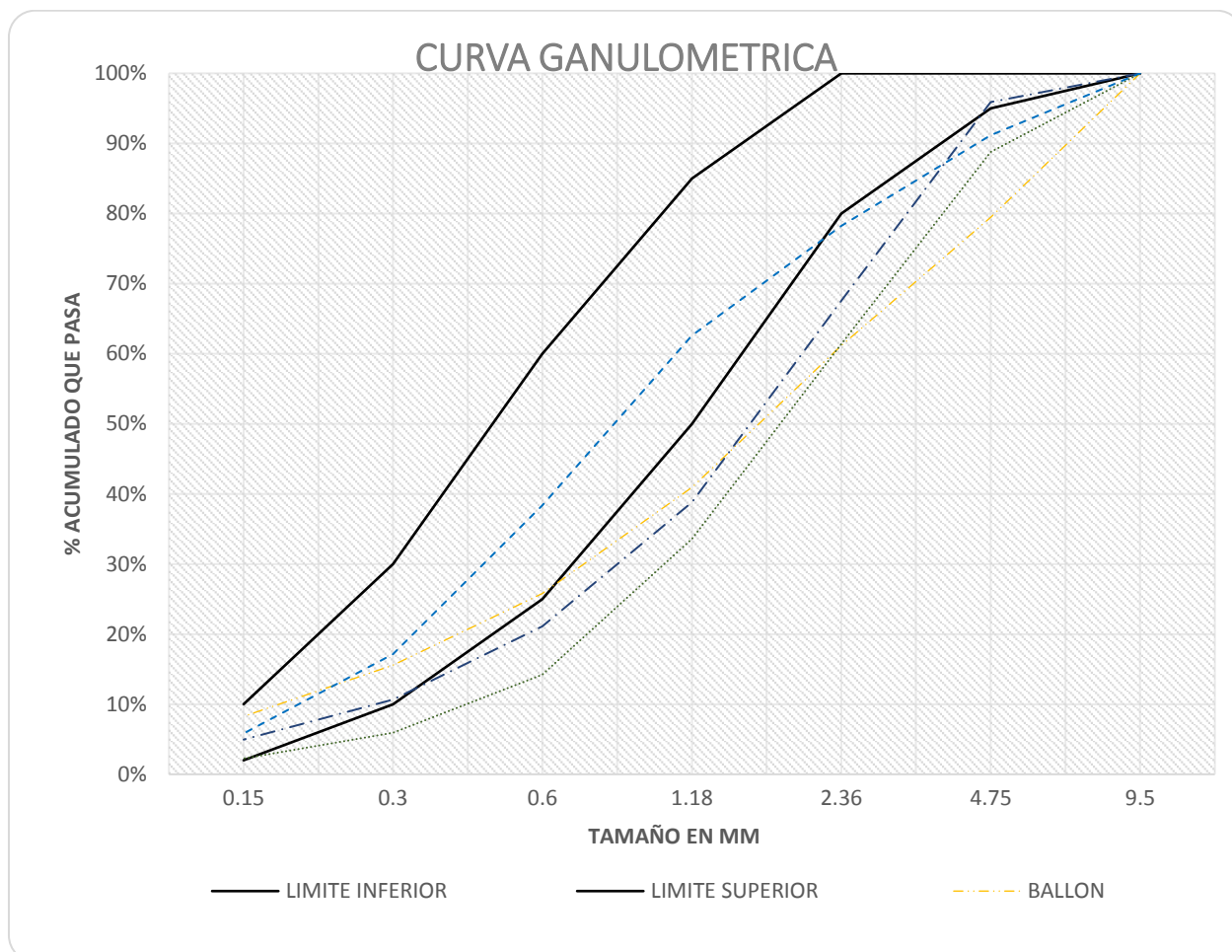
Tabla 18: Resultados comparativos del análisis granulométrico

N° DE TAMIZ	CANTERAS							
	BALLON		GAMARRA		QUISPE		AYMITUMA	
	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA (ACUMULATIVO)	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA (ACUMULATIVO)	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA (ACUMULATIVO)	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA (ACUMULATIVO)
3/8"		100.00%		100.00%		100.00%		100.00%
4	20.54%	79.46%	11.23%	88.77%	4.10%	95.90%	8.82%	91.18%
8	38.83%	61.17%	38.62%	61.38%	32.45%	67.55%	21.76%	78.24%
16	59.05%	40.95%	66.43%	33.57%	61.19%	38.81%	37.38%	62.62%
30	74.21%	25.79%	85.80%	14.20%	78.89%	21.11%	61.63%	38.37%
50	84.45%	15.55%	94.09%	5.91%	89.33%	10.67%	82.87%	17.13%
100	91.74%	8.26%	97.75%	2.25%	95.05%	4.95%	94.17%	5.83%
200	96.04%	3.96%	99.21%	0.79%	97.35%	2.65%	98.37%	1.63%
CASUELA	100.00%	0.00%	100.00%	0.00%	100.00%	0.00%	100.00%	0.00%
TOTAL	0.00%	100.00%	0.00%	100.00%	0.00%	100.00%	0.00%	100.00%
MODULO DE FINEZA	3.69		3.94		3.61		3.07	

Fuente: Elaboración propia

En la tabla anterior podemos apreciar un resumen sobre los porcentajes retenidos acumulativo, dato con el que podemos obtener el módulo de fineza del agregado fino, del cuadro resumen de los resultados podemos destacar el agregado que cumple la condición del módulo de fineza según las normas es el de la Cantera de Aymituma siendo un valor que se encuentra en el rango permisible.

Imagen 7: Curva granulométrica del agregado fino “Todas las canteras”



Fuente: Elaboración propia

El gráfico nos muestra un resumen de cómo es la gradación del agregado fino para las diferentes canteras estudiadas para esta investigación.

Como la tesis se enmarca más en el tema de la influencia del curado del concreto optaremos por usar la cantera más óptima en gradación para el diseño de concreto, para una mejor certeza sobre los resultados obtenidos posteriormente en los ensayos de compresión, se sabe por estudios y experiencia que un buen concreto dependerá mucho de las características del agregado, siendo este material el más influyente en la elaboración por ser un 60% a 70% del volumen, sin embargo la interrelación con el agregado grueso será muy influyente para un concreto de mayor calidad y mejor comportamiento ante las condiciones que se plantean en la investigación.

Usando esos criterios y habiendo realizados los estudios pertinentes para llegar a este paso de la investigación, se ve por conveniente usar la cantera de "Aymituma" para continuar con la investigación sobre la influencia del curado en la resistencia, cabe recalcar que estos materiales son colindantes y las composiciones químicas y mecánicas serán de similar comportamiento, solo en la granulometría tienen variaciones por el modo de obtención de este mismo, en las canteras estudiadas se puede apreciar el desgaste y antigüedad de las máquinas de trituración de rocas, siendo este un factor importante en la obtención del material.

Granulometría del agregado grueso

- En este ensayo si se desea realizar un análisis rápido, no es necesario secarlo, salvo que tenga una gran cantidad de finos menores a 4.75mm.
- Si no es así, para este ensayo, solo cierta cantidad de muestra.
- Seleccionar las mallas normalizadas: 1 ½", 1", ¾", ½", ⅜" y ¼".
- Las mallas ya se encuentran instaladas en la máquina tamizadora, por lo tanto colocar toda la muestra sobre la malla 1 ½", y encender la maquina durante 1 minuto.
- Una vez terminado el tamizado, pesar la muestra retenida en cada malla.
- Finalmente se procede al cálculo del porcentaje retenido acumulado para realizar su gráfica, y también el módulo de finura.

Tabla 19: Límites de la granulometría Agregado grueso ASTM C-33

N° ASTM	TAMAÑO NOMINAL EN PULGADA	PORCENTAJE QUE PASN POR LOS TAMICES NORMALIZADOS												
		4"	3 1/2"	3"	2 1/2"	2"	1 1/2"	1"	3/4"	1/2"	3/8"	N° 4	N° 8	N° 16
		100 mm	90 mm	75 mm	63 mm	50 mm	37.5 mm	25 mm	19 mm	12.5 mm	9.5 mm	4.75 mm	2.36 mm	1.18 mm
1	3 1/2" A 1 1/2"	100	90 a 100		25 a 60		0 a 15		0 a 5					
2	2 1/2" A 1 1/2"			100	90 a 100	35 a 70	0 a 15		0 a 5					
3	2" A 1"				100	90 a 100	35 a 70	0 a 15		0 a 15				
357	2" A N° 4				100	95 a 100		35 a 70		10 a 30		0 a 5		
4	1 1/2" A 3/4"					100	90 a 100	20 a 55	0 a 15		0 a 5			
467	1 1/2" A N° 4					100	95 a 100		35 a 70		10 a 30	0 a 5		
5	1" A 1/2"						100	90 a 100	20 a 55	0 a 10	0 a 5			
56	1" A 3/8"						100	90 a 100	40 a 85	10 a 40	0 a 15	0 a 5		
57	1" A N° 4						100	95 a 100		25 a 55		0 a 10	0 a 5	
6	3/4" A 3/8"							100	90 a 100	20 a 55	0 a 15	0 a 5		
67	3/4" A N° 4							100	90 a 100		20 a 55	0 a 10	0 a 5	
7	1/2" A N° 4								100	90 a 100	40 a 70	0 a 15	0 a 5	
8	3/8" A N° 8									100	85 a 100	10 a 30	0 a 10	0 a 5

Fuente: Patricia Angélica Ruiz Enero (2006) "influencia de los métodos comunes de curado en los especímenes de concreto de alto desempeño"

Según el cuadro anterior de los límites de granulometría para agregado grueso la ASTM C-33 indica que debemos ubicarnos donde está el tamaño nominal de nuestro diseño a realizar, en este caso tenemos un tamaño máximo de 1" siendo este caso que usemos las condiciones de la ASTM C-33 del N° 467, usaremos los límites establecidos para determinar la granulometría del agregado grueso ensayado.

a. Granulometría de la cantera de "Ballón"

Para determinar la granulometría de la cantera Ballón se realizaron 3 pruebas para obtener un promedio con el fin de eliminar toma de muestra, peso de los tamices y zarandeo del ensayo, podemos apreciar la distribución de los materiales pétreos en la siguiente tabla con sus respectivos N° de tamices.

Tabla 20: Resultados promedios de análisis granulométrico cantera "BALLON"

ENSAYO PROMEDIO					
N° DE TAMIZ	PESO RET. +TAMIZ	PESO DEL TAMIZ	PESO RETENIDO	% ret.	% acumulado
1 1/2"	553.3	0	0	0.00%	0.00%
1"	559.6	859.8	300.2	17.99%	17.99%
3/4"	559.1	1298.7	739.6	44.33%	62.32%
1/2"	551.8	1145.5	593.7	35.58%	97.91%
3/8"	544	578.2	34.2	2.05%	99.96%
N° 4	509.7	0	0	0.00%	99.96%
CAZUELA	369.6	370.3	0.7	0.04%	100.00%
TOTAL			1668.4		

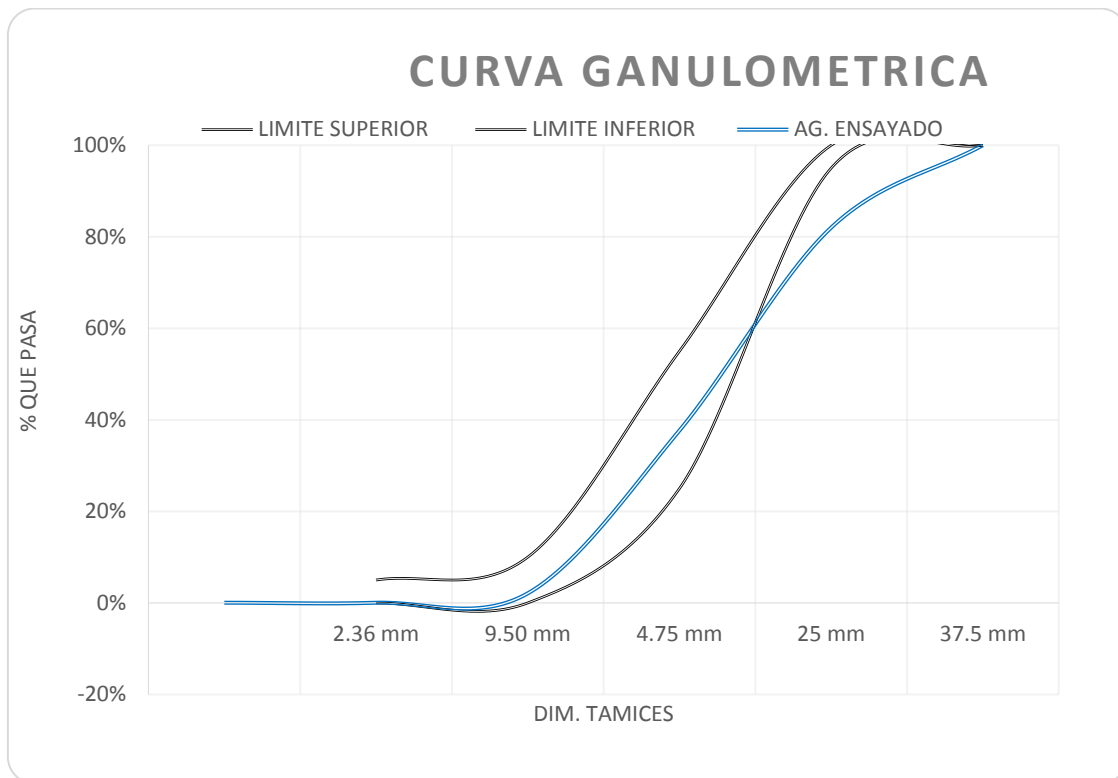
Fuente: Elaboración propia

Como podemos apreciar en la tabla de datos, obtenemos el % retenido, %acumulado y por el último el porcentaje acumulativo que pasa con el cual graficamos la curva granulométrica con sus respectivos limites superior e inferior.

En la cantera de Ballón podemos apreciar que el agredo tiene un mayor peso retenido en el tamiz 3/4" y no obstante se aprecia que en los otros tamices no hay un gradación adecuada, se podría decir que la mayor parte de este agregado es muy uniforme en los tamaños variando solo entre el tamiz de 3/4" y de 1/2".

Para tener mayor interpretación de estos resultados, se plasma en la curva granulométrica con las condiciones que plantea en la norma ASTM – 33, dándonos los limites en el cual debe estar la curva granulométrica del agregado.

Imagen 8: Curva granulométrica del agregado grueso “cantera Ballón”



Fuente: Elaboración propia

En el gráfico podemos apreciar la curva que se genera con los resultados obtenidos de la cantera Ballón, podemos apreciar que según las normas del ASTM-33 este agregado cumple parcialmente las condiciones, pero para los tamices de 3/4", de 3/8" y N° 4 no cumplen, dando a entender que estos tamices mencionados no hay suficiente material por eso que está por debajo de los límites inferior de la curva, concluyendo que este agregado tiene mayor cantidad de material retenido en la malla 1", siendo uniforme en este tamaño, se puede considerar que el material no adecuado para la trabajabilidad del agregado.

b. Granulometría de la cantera de “Quispe”

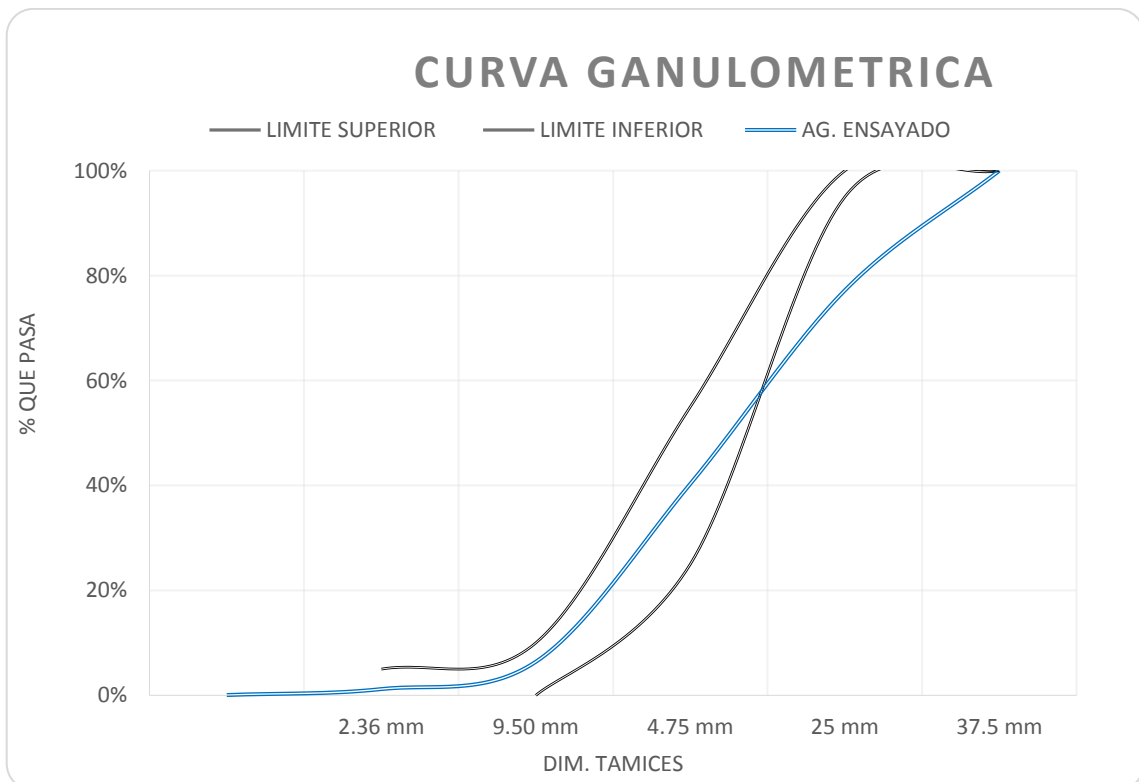
Para determinar la granulometría de la cantera “Quispe” se realizaron 3 pruebas para obtener un promedio con el fin de eliminar toma de muestra, peso de los tamices y zarandeo del ensayo, podemos apreciar la distribución de los materiales pétreos en la siguiente tabla con sus respectivos N° de tamices.

Tabla 21: Resultados promedios de análisis granulométrico cantera “Quispe”

NUMERO DE ENSAYO		ENSAYO PROMEDIO			
N° DE TAMIZ	PESO RET. +TAMIZ	PESO DEL TAMIZ	PESO RETENIDO	% RET.	% acumulado
2”	542.7	0	0	0.00%	0.00%
1 ½”	553.3	0	0	0.00%	0.00%
1”	559.6	1005.04	445.44	22.81%	22.81%
¾”	559.1	1279.29	720.19	36.87%	59.68%
½”	551.8	1214.39	662.59	33.92%	93.60%
3/8”	544	645.54	101.54	5.20%	98.80%
N° 4	509.7	531.9	22.2	1.14%	99.94%
CAZUELA	368.75	369.94	1.19	0.06%	100.00%
TOTAL			1953.15		

Fuente: Elaboración propia

Imagen 9: Curva granulométrica del agregado grueso “cantera Quispe”



Fuente: Elaboración propia

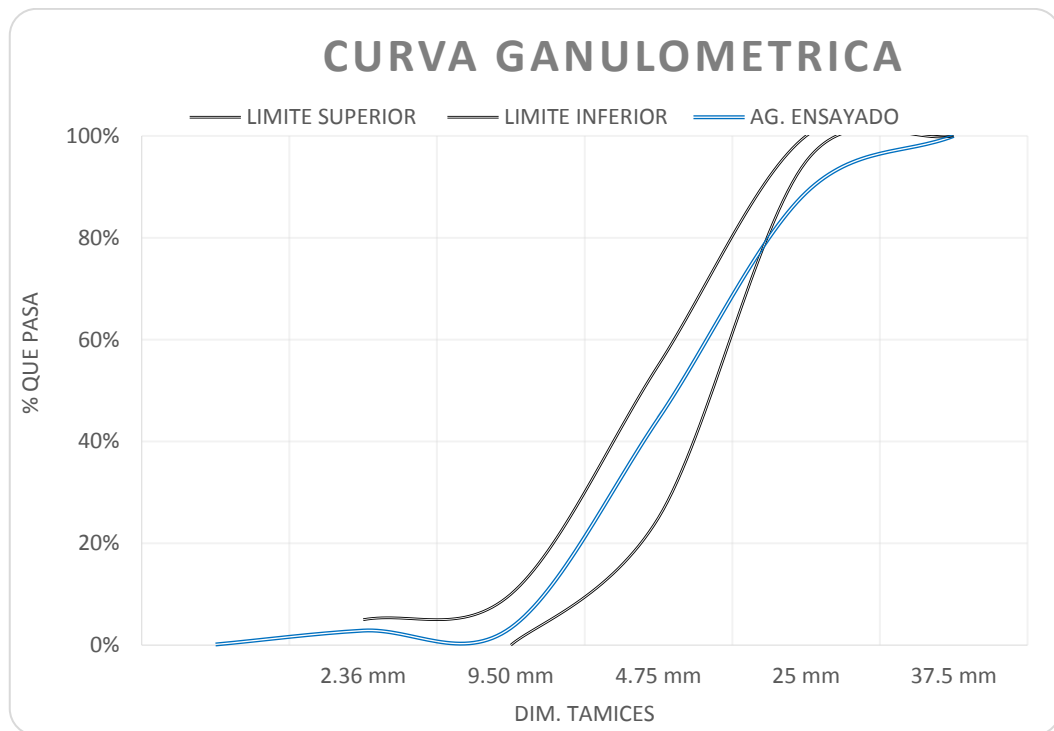
c. Granulometría de la cantera de “GAMARRA”

Tabla 22: Resultados promedios de análisis granulométrico cantera “Gamarra”

NUMERO DE ENSAYO		ENSAYO PROMEDIO				
N° DE TAMIZ	PESO RET. +TAMIZ	PESO DEL TAMIZ	PESO RETENIDO	% ret	% acumulado	% QUE PASA (ACUMULATIVO)
2"	542.7	0	0	0.00%	0.00%	100.00%
1 1/2"	553.3	0	0	0.00%	0.00%	100.00%
1"	559.6	728.7	169.1	11.13%	11.13%	88.87%
3/4"	559.1	1233.2	674.1	44.35%	55.48%	44.52%
1/2"	551.8	1176.8	625	41.12%	96.60%	3.40%
3/8"	544	552.2	8.2	0.54%	97.14%	2.86%
N° 4	509.7	551.2	41.5	2.73%	99.87%	0.13%
CAZUELA	369.6	371.5	1.9	0.13%	100.00%	0.00%
TOTAL			1519.8			

Fuente: Elaboración propia

Imagen 10: Curva granulométrica del agregado grueso “cantera Gamarra”



Fuente: Elaboración propia

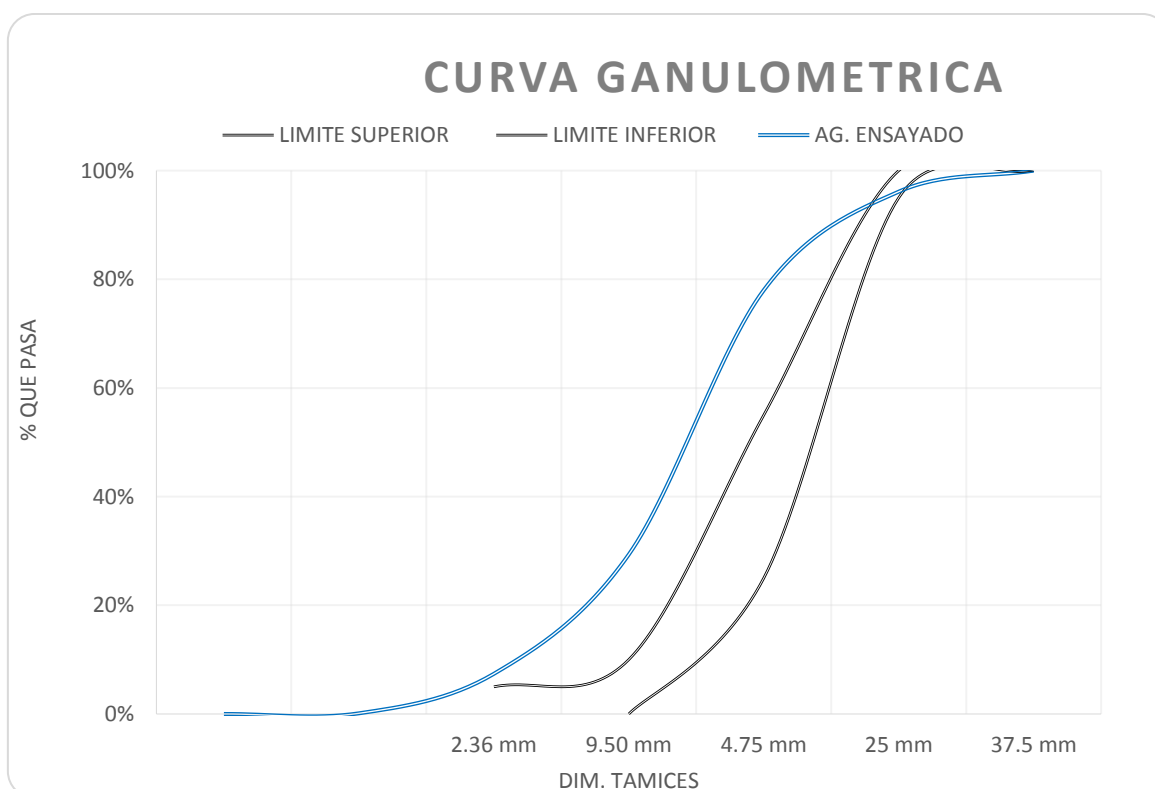
d. Granulometría de la cantera de “AYMITUMA”

Tabla 23: Resultados promedios de análisis granulométrico cantera “Aymituma”

ENSAYO PROMEDIO						
N° DE TAMIZ	PESO RET. +TAMIZ	PESO DEL TAMIZ	PESO RETENIDO	% ret	% acumulado	PORCENTAJE QUE PASA (ACUMULATIVO)
2"	542.7	0	0	0.00%	0.00%	100.00%
1 1/2"	553.3	0	0	0.00%	0.00%	100.00%
1"	559.6	633.4	73.8	3.88%	3.88%	96.12%
3/4"	559.1	904	344.9	18.13%	22.01%	77.99%
1/2"	551.8	1477.4	925.6	48.65%	70.65%	29.35%
3/8"	544	961.8	417.8	21.96%	92.61%	7.39%
N° 4	509.7	648	138.3	7.27%	99.88%	0.12%
CAZUELA	368.75	371	2.25	0.12%	100.00%	0.00%
TOTAL			1902.65			

Fuente: elaboración propia

Imagen 11: Curva granulométrica del agregado grueso “cantera Aymituma”



Fuente: elaboración propia

De los ensayos de análisis granulométrico realizado al agregado grueso podemos apreciar una mejor gradación en la cantera de “Gamarra”, para llevar a cabo la investigación sobre la influencia del curado del concreto requerimos un concreto que sea con parámetros estándares que deben estar bajo los límites de la norma ASTM -33 o la NTP-C33, para lograr un mejor concreto y análisis comparativos entre las condiciones a las que se someterán las pruebas de curado.

Al realizar y analizar los resultados de los ensayos de granulometría en ambos agregados pétreos se da por mejor opción usar la cantera de Aymituma en agregado fino porque esta arena tiene un módulo de fineza es de 3.07 aceptable según las normas del ASTM, y la gradación está en su gran parte está bajo los límites establecidos.

Para el agregado grueso podemos apreciar en los resultados obtenidos que el de mejor gradación es el de la cantera de Gamarra, el cual se optaremos para usar en las pruebas posteriores.

En la presente tesis analizamos 4 canteras de la localidad de Pachacha, analizando su granulometría en estos ítems desarrollado, podemos interpretar sus datos y ver que canteras cumplen las condiciones que establecen las normas, y así realizar la selección adecuada del agregado para la elaboración de un concreto de calidad y de con una buena trabajabilidad, siendo esta tesis de carácter cuantitativo y cualitativo, para la tomada y comparación de estos mismo se requiere un agregado de esta localidad el cumpla la mejor condición establecidos en las normas, por con estos agregados seleccionados se realizara el diseño de un concreto patrón.

Sin embargo se menciona que no se puede realizar las comparación con todas las canteras de la localidad de estudio por la el motivo que esta tesis tiene énfasis en el comportamiento de la resistencia del concreto ante condiciones de curado.

5.2.4 PESO UNITARIO

a. Peso Unitario Compactado (P. U. C.)

Para realizar el ensayo tenemos que tener en cuenta el siguiente procedimiento logrando así un buen resultado.

- Realizar el cuarteo correspondiente al material
- Con el material seco y adecuadamente seleccionado (método de cuarteo), se llena la tercer parte del recipiente y con ayuda de la varilla de 5/8" se compactara la primera capa con 25 golpes distribuidos uniformemente sobre sus superficie. Debe procurarse no golpear el fondo del recipiente durante la compactación.
- La siguiente capa se llena hasta las 2/3 partes del volumen del recipiente y se compacta de manera análoga.
- Finalmente, se coloca la última capa excediendo el volumen del recipiente y con ayuda de la varilla se compacta y enrasa su superficie. Al compactar las dos últimas capas la barra debe penetrar hasta 5 cm de la capa anterior.
- Para una mejor compactación, después de cada capa se dan tres golpes con el martillo de caucho en cada uno de los cuadrantes.
- Pasar el recipiente con su contenido y descontar el peso del recipiente, con ello se obtendrá el peso del material compactado. Registrar dichos valores con una precisión de 0.05 Kg.
- El peso unitario compactado se obtendrá al dividir el peso del material seco compactado entre el volumen del recipiente.

$$P. U. C = \frac{W_{compactado}(Kg)}{V_{recipiente}(m^3)}$$

El ensayo realiza bajo las normas peso unitario y vacíos de los agregados – MTC E 203, usando las recomendaciones de la norma obtenemos los siguientes datos ensayados para las diferentes canteras propuestas en la investigación planteada.

En el cuadro siguiente se muestra los resultados para el ensayo de PESO UNITARIO COMPACTADO (P.U.C.) para el agredo grueso.

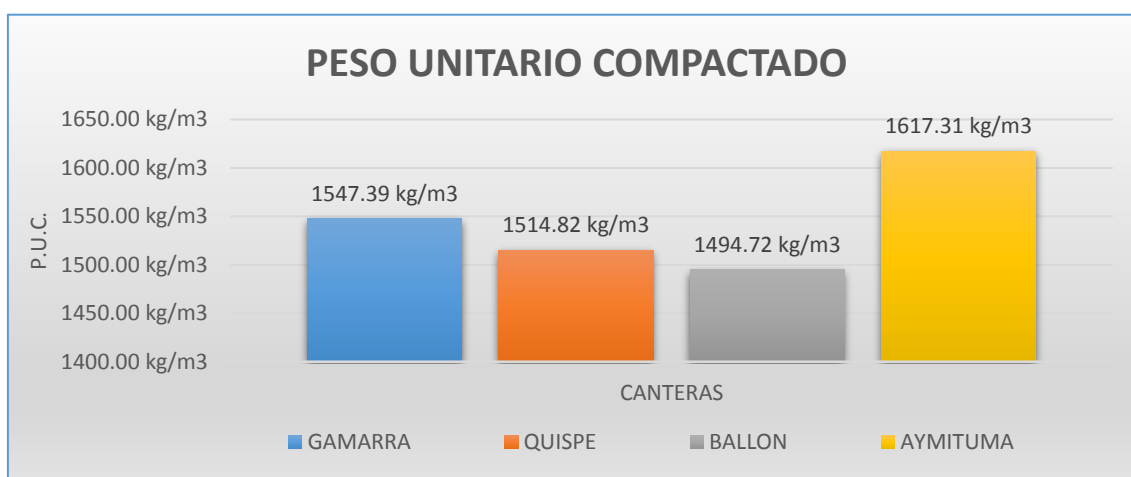
Tabla 24: Resultados promedios peso específico unitario compactado agregado grueso

PESO UNITARIO COMPACTADO					
		CANTERAS			
		GAMARRA	QUISPE	AYMITUMA	BALLON
DATOS DEL RECIPIENTE	Diametro (cm):	15.24	15.24	15.24	15.24
	Altura (cm):	22.86	22.86	22.86	22.86
	Area (cm ²):	182.41	182.41	182.41	182.41
	Volumen (cm ³):	4,170.00	4,170.00	4,170.00	4,170.00
	Volumen (m ³):	0.00417	0.00417	0.00417	0.00417
DATOS DEL RECIPIENTE	Peso del resipiente (gr):	8,449.80	8449.80	8449.80	8449.80
	Volumen del resipiente (m ³):	0.00417	0.00417	0.00417	0.00417
	Peso de recipiente + arena (gr):	14,902.40	14766.00	16019.00	15888.80
	Peso de la arena (gr):	6,452.60	6316.80	7569.20	7439.60
PESO UNITARIO COMPACTADO		1547.39 kg/m³	1514.82 kg/m³	1815.16 kg/m³	1784.08 kg/m³

Fuente: Elaboración propia

Obteniendo un resultado en la cual realizamos un cuadro comparativo entre cada cantera con su peso unitario compactado.

Imagen 12: Comparativo entre pesos específicos compactado agregado grueso



Fuente: Elaboración propia

En el cuadro siguiente se muestra los resultados para el ensayo de PESO UNITARIO COMPACTADO (P.U.C.) para el agredo fino.

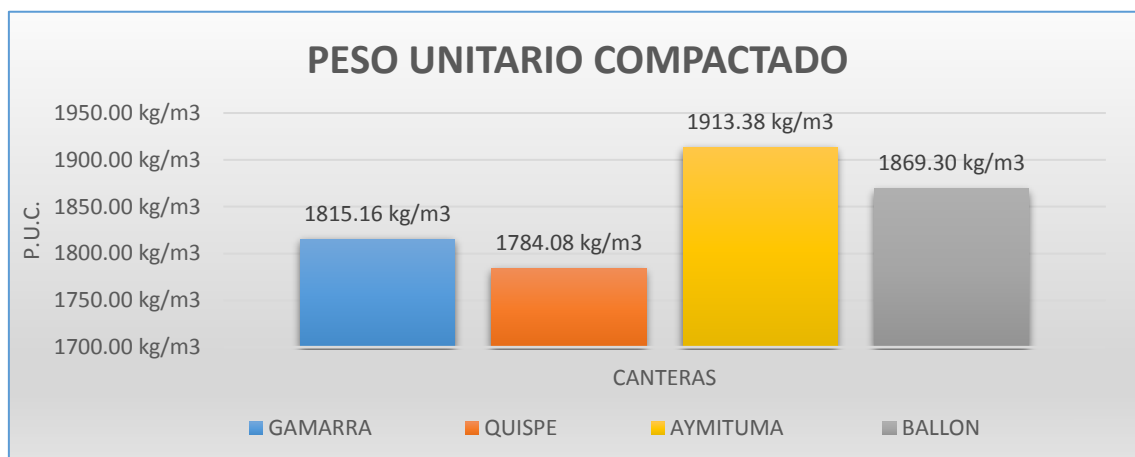
Tabla 25: Resultados promedios peso específico unitario compactado agregado fino

		<u>PESO UNITARIO COMPACTADO</u>			
		<u>CANTERAS</u>			
		<u>GAMARRA</u>	<u>QUISPE</u>	<u>AYMITUMA</u>	<u>BALLON</u>
DATOS DEL RECIPIENTE	Diametro (cm):	15.24	15.24	15.24	15.24
	Altura (cm):	22.86	22.86	22.86	22.86
	Area (cm ²):	182.41	182.41	182.41	182.41
	Volumen (cm ³):	4,170.00	4,170.00	4,170.00	4,170.00
	Volumen (m ³):	0.00417	0.00417	0.00417	0.00417
DATOS DEL RECIPIENTE	Peso del recipiente (gr):	8,449.80	8449.80	8449.80	8449.80
	Volumen del recipiente (m ³):	0.00	0.00	0.00	0.00
	Peso de recipiente + arena (gr):	16,019.00	15888.80	16428.00	16244.20
	Peso de la arena (gr):	7,569.20	7439.60	7978.80	7795.00
PESO UNITARIO COMPACTADO		1815.16 kg/m³	1784.08 kg/m³	1913.38 kg/m³	1869.30 kg/m³

Fuente: Elaboración propia

Obteniendo un resultado en la cual realizamos un cuadro comparativo entre cada cantera con su peso unitario compactado.

Imagen 13: Comparativo entre pesos específicos compactado agregado fino



Fuente: Elaboración propia

b. Peso Unitario Suelto (P. U. S.)

Para realizar el ensayo tenemos que tener en cuenta el siguiente procedimiento logrando así un buen resultado.

- Pesar los recipientes tanto de la arena, como de arena como de la piedra.

- Se realiza un cuarteo inicial a cada muestra, para luego echar en un recipiente (Para la arena, recipiente de 1/10 pie³ y para la piedra, 1/3 pie³)
- Luego pesar el conjunto.
- Para el peso del agregado suelto, al peso anterior restarle el peso del recipiente.

$$P. U. S = \frac{W_{Suelto}(Kg)}{V_{recipiente}(m^3)}$$

En la siguiente tabla se muestran los resultados obtenidos del ensayo de PESO UNITARIO SUELTO (P.U.S) para el agregado grueso; realizado para las canteras estudiadas.

Tabla 26: Resultados promedios peso específico unitario suelto agregado grueso

PESO UNITARIO COMPACTADO					
		CANTERAS			
		GAMARRA	QUISPE	AYMITUMA	BALLON
DATOS DEL RECIPIENTE	Diametro (cm):	15.24	15.24	15.24	15.24
	Altura (cm):	22.86	22.86	22.86	22.86
	Area (cm ²):	182.41	182.41	182.41	182.41
	Volumen (cm ³):	4,170.00	4,170.00	4,170.00	4,170.00
	Volumen (m ³):	0.00	0.00	0.00	0.00
DATOS DEL RECIPIENTE	Peso del recipiente (gr):	8,449.80	8449.80	8449.80	8449.80
	Volumen del recipiente (m ³):	0.00	0.00	0.00	0.00
	Peso de recipiente + arena (gr):	14,206.50	1419.80	14487.60	13764.60
	Peso de la arena (gr):	5,756.70	5741.60	6038.40	5315.40
PESO UNITARIO COMPACTADO		1380.50 kg/m³	1376.88 kg/m³	1448.06 kg/m³	1274.68 kg/m³

Fuente: Elaboración propia

Obteniendo un resultado en la cual realizamos un cuadro comparativo entre cada cantera con su peso unitario compactado.

Imagen 14: Comparativo entre pesos específicos suelto agregado grueso



Fuente: Elaboración propia

En la siguiente tabla se muestran los resultados obtenidos del ensayo de PESO UNITARIO SUELTO (P.U.S) para el agregado fino; realizado para las canteras estudiadas.

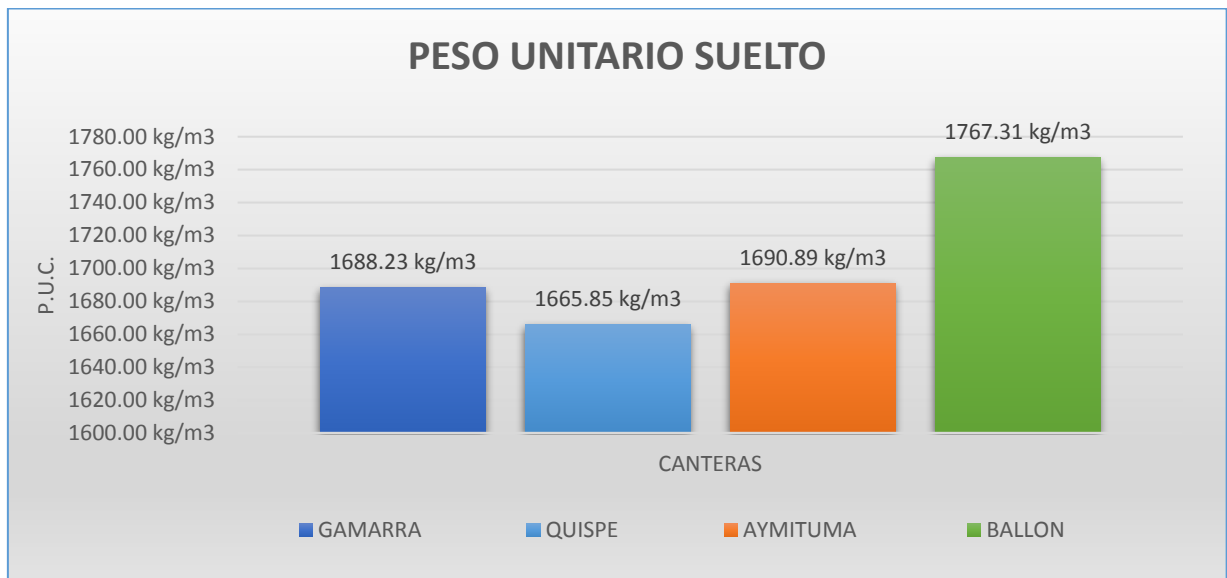
Tabla 27: Resultados promedios peso específico unitario suelto agregado fino

PESO UNITARIO COMPACTADO					
		CANTERAS			
		GAMARRA	QUISPE	AYMITUMA	BALLON
DATOS DEL RECIPIENTE	Diametro (cm):	15.24	15.24	15.24	15.24
	Altura (cm):	22.86	22.86	22.86	22.86
	Area (cm ²):	182.41	182.41	182.41	182.41
	Volumen (cm ³):	4,170.00	4,170.00	4,170.00	4,170.00
	Volumen (m ³):	0.00	0.00	0.00	0.00
DATOS DEL RECIPIENTE	Peso del recipiente (gr):	8,449.80	8449.80	8449.80	8449.80
	Volumen del recipiente (m ³):	0.00	0.00	0.00	0.00
	Peso de recipiente + arena (gr):	1,548.70	15395.80	15500.20	15818.90
	Peso de la arena (gr):	7,039.90	6946.60	7051.00	7369.70
PESO UNITARIO COMPACTADO		1688.23 kg/m³	1665.85 kg/m³	1690.89 kg/m³	1767.31 kg/m³

Fuente: Elaboración propia

Obteniendo un resultado en la cual realizamos un cuadro comparativo entre cada cantera con su peso unitario compactado.

Imagen 15: Comparativo entre pesos específicos suelto agregado grueso



Fuente: Elaboración propia

c. Peso específico y absorción

Para el agregado grueso

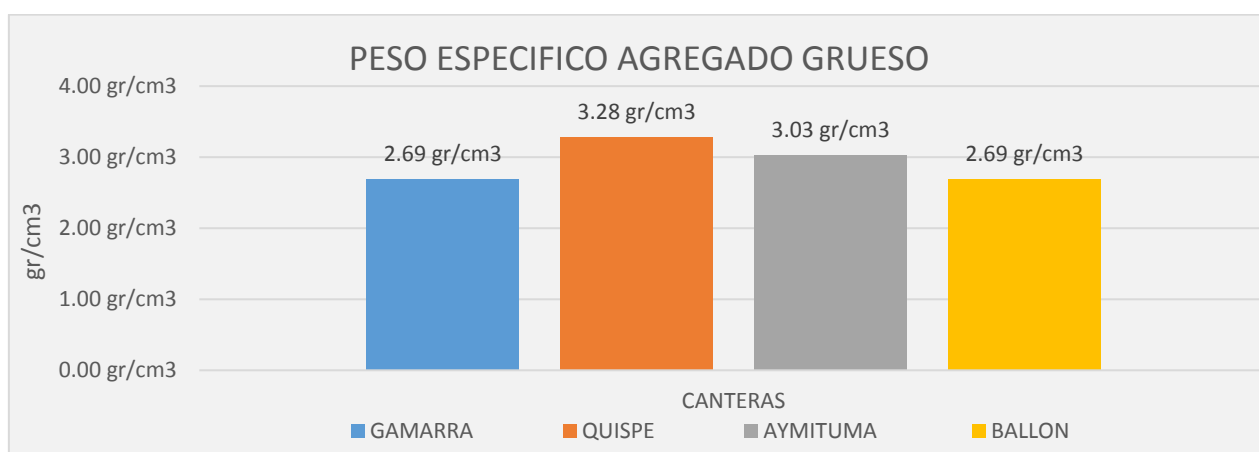
- Con cuarteadoras obtener una muestra representativa del agregado.
- Lavar la muestra de ensayo eliminando en polvo e impurezas.
- Sacar el material en el horno, dejarlo enfriar y sumergirlo en un balde con agua por un periodo de 24 ± 4 horas.
- Retirar la muestra, colocarla sobre una franela y con ayuda de sus extremos secar la superficie de sus partículas. De esta forma se obtendrá la muestra saturada con superficie seca.
- Registrar su peso.
- Colocar la muestra saturada con superficie seca en la canastilla de alambre de la balanza hidrostática y determinar su peso sumergido en agua.
- Secar la muestra en el horno hasta obtener un peso constante. Luego, pesarlo para obtener el peso de la muestra seca.

Tabla 28: Resultados de peso específico y % de absorción

Nº	DESCRIPCION	UND	FORMULA	CANTERAS			
				GAMARRA	QUISPE	AYMITUMA	BALLON
1	PESO MUESTRA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECA	gr.	a	1,200.00	559.98	588.99	559.95
2	PESO (CANASTILLA +MUESTRA) SUMERGIDA)	gr.	b	1,642.00	1,279.85	1,285.59	1,241.55
3	PESO CANASTILLA SUMERGIDA	gr.	c	888.80	890.56	891.10	890.10
4	PESO MUESTRA SECA	gr.	d	1,190.70	556.38	583.44	556.38
5	PESO MUESTRA SUMERGIDA	gr.	e=b-c	753.20	389.29	394.49	351.45
6	VOLUMEN DE LA MUESTRA	cm3	f=a-e	446.80	170.69	194.50	208.50
7	PESO ESPEFIFICO SECO	gr./cm3	d/f	2.66	3.26	3.00	2.67
8	PESO ESPECIFICO SSS	gr./cm3	a/f	2.69 gr/cm3	3.28 gr/cm3	3.03 gr/cm3	2.69 gr/cm3
9	ABSORCION	%	(a-d)/d	0.78%	0.65%	0.95%	0.64%

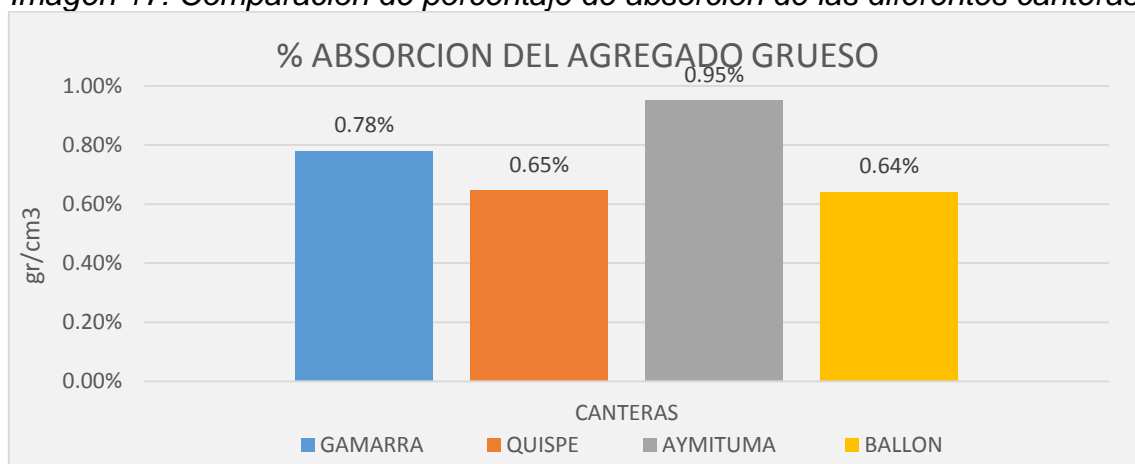
Fuente: elaboración propia

Imagen 16: Comparación de peso específico de las diferentes canteras



Fuente: Elaboración propia

Imagen 17: Comparación de porcentaje de absorción de las diferentes canteras



Fuente: Elaboración propia

Para el agregado fino

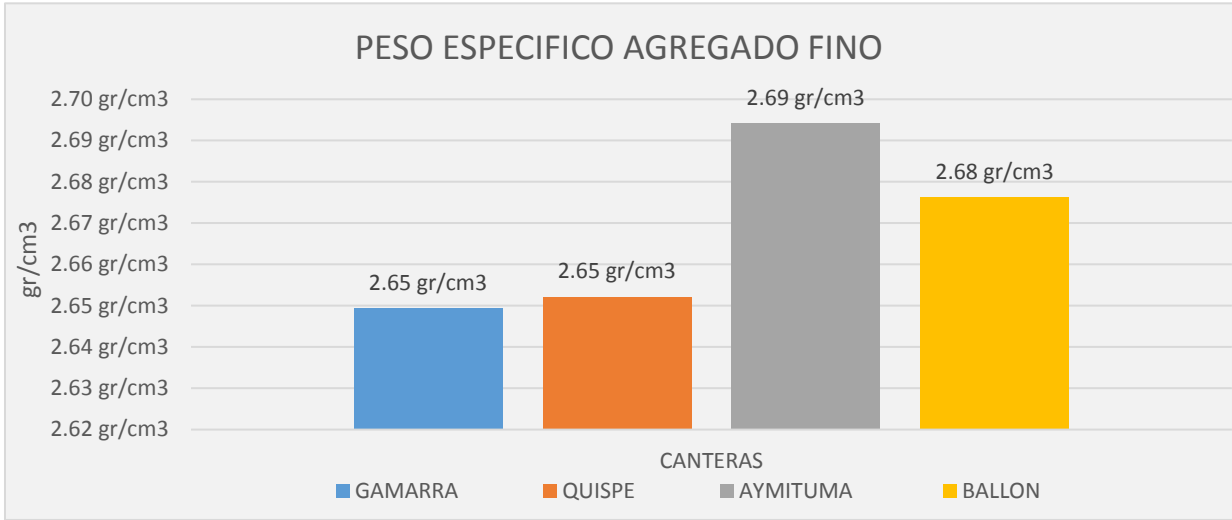
- Obtener una muestra por cuarteo según la norma ASTM C 702.
- Saturar una muestra mayor de 1000g por 24±4 horas en un balde de tamaño mediano.
- Retirar del agua la muestra saturada y dejarla secar al ambiente sobre el pliego de plástico durante 24 horas. Luego, de ser necesario, saque el material usando una hornilla o un secador electrónico
- Seleccionar 500g de una muestra saturada superficialmente seca por el Método del Cono.
- Pesar la fiola (picnómetro) e introducir la muestra en estado S. S. S.
- Llenar la fiola con agua hasta que el nivel se encuentre por encima del material.
- Agitar el recipiente para evitar la presencia de burbujas de aire.
- Llenar la fiola con agua hasta los 500 cm³ y determinar el peso total.
- Vaciar el material en un recipiente y dejar reposar por 15 a 20 minutos.
- Eliminar el agua del recipiente usando una pipeta, teniendo cuidado de no retirar las partículas finas del material.
- Secar el agregado en el horno por un periodo de 24 horas.
- Dejar enfriar a temperatura ambiente durante una hora y registrar su peso.

Tabla 29: Resultados de peso específico y % de absorción

N°	DESCRIPCION	UND	FORMULA	CANTERAS			
				GAMARRA	QUISPE	AYMITUMA	BALLON
1	PESO DE LA ARENA SUPERFICIALMENTE SECO	gr.	a	500.00	500.00	500.00	500.00
2	PESO DE LA FIOLA	gr.	b	178.50	178.50	178.50	178.50
3	PESO DE LA FIOLA + PESO DE LA MUESTRA + PESO DEL	gr.	c	994.22	993.75	997.00	996.23
4	VOLUMEN DE LA FIOLA	gr.	d	500.00	500.00	500.00	500.00
5	PESO DE LA MUESTRA SECA	gr.	e	488.23	490.00	489.00	487.80
6	PESO DEL AGUA	ml	f=c-b-d	315.72	315.25	318.50	317.73
7	VOLUMEN DE LA ARENA SSS	ml	g=d-f	184.28	184.75	181.50	182.27
8	PESO ESPECIFICO DE LA ARENA	gr./cm ³	e/g	2.65 gr/cm ³	2.65 gr/cm ³	2.69 gr/cm ³	2.68 gr/cm ³
9	ABSORCION	%	(d-e)/e	2.41%	2.04%	2.25%	2.50%

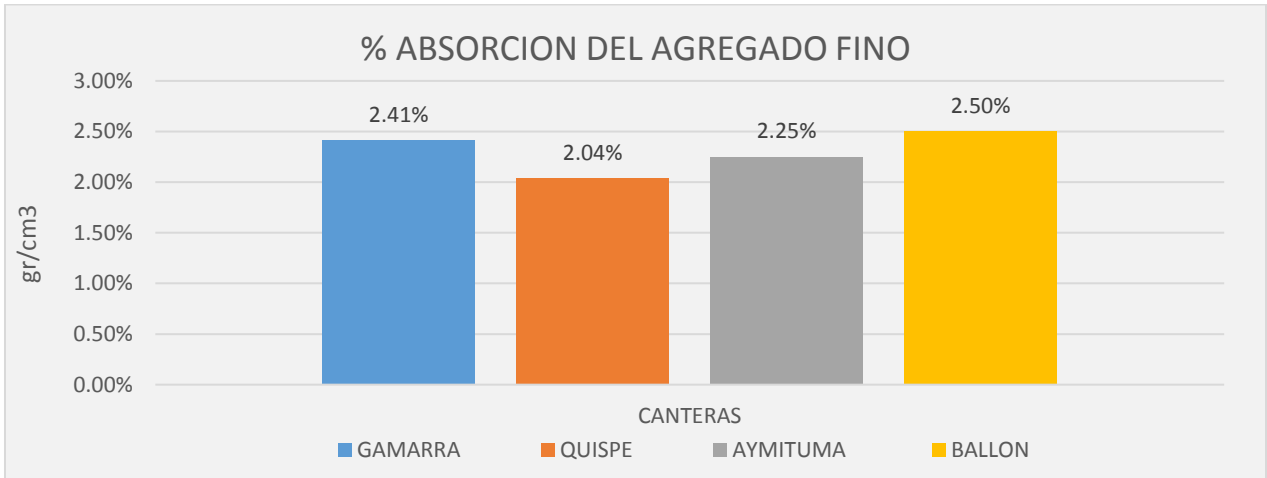
Fuente: Elaboración propia

Imagen 18: Comparación de peso específico de las diferentes canteras



Fuente: Elaboración propia

Imagen 19: Comparación de porcentaje de absorción de las diferentes canteras



Fuente: Elaboración propia

CAPÍTULO VI: PRODUCCION DE CONCRETO

6.1. DISEÑO DE MEZCLA

El diseño de una mezcla es un proceso que consiste de:

- La selección de los constituyentes del concreto
- Determinación de las cantidades de los materiales a utilizar, de manera que sean lo más económico posible, a fin de obtener un concreto con características apropiadas, tanto en estado fresco como endurecido.

La mayoría de los métodos de diseño de mezcla están dirigidos a la obtención de cierta resistencia a la compresión con una consistencia determinada, por lo tanto, si esto logra con éxito y el concreto está bien especificado entonces, las otras propiedades también serán satisfactorias.

En el desarrollo del estudio se requiere hacer una dosificación y estandarizarlas para que las muestras que se preparen tengan las mismas condiciones y lleguen a una hipotética resistencia si fuesen sometidos a los diferentes métodos de curado y las diferentes condiciones climáticas.

Las muestras que se realizaran serán para dos climas diferentes, para ser más exactos el análisis de las condiciones climatológicas las muestras se realizaran en la ciudad de Abancay, luego serán trasladados a los dos diferentes puntos en donde estos serán sometidos a tres diferentes condiciones con dos tipos de cementos "PORTLAND TIPO I y PUZOLANICO TIPO IP" para poder comprobar la importancia del curado y la influencia que este tiene en la resistencia a la compresión.

Las muestras serán sometidas a compresión a las edades de 7, 14, 21 y 28 días en la ciudad de Abancay, por otro lado para el clima de Pachachaca las roturas se realizaran a edades de 7, 21 y 28 días para poder observar las variaciones en las tres diferentes condiciones (c-1: muestra completamente sumergida, c-2: muestra curada los 7 días de acuerdo al R.N.E, c-3: muestra dejada a la intemperie) y también poder comprobar que tanto influye el clima el clima en la resistencia del concreto los cuales plasmaremos en la interpretación de resultados.

Se realizaron también dos diseños de mezcla para dos diferentes tipos de cementos para obtener más información del comportamiento del concreto con estos tipos de cementos y en dos diferentes climas debido a que cada cemento tiene propiedades diferentes una del otro.

Diseño de mezclas: PORTLAND TIPO I

A. CARACTERISTICAS DE LOS MATERIALES:

CANTERA: AYMITUMA

AGREGADO FINO	
peso específico aparente	2.69 gr/cm ³
Peso unitario suelto	1617.31 Kg/m ³
Peso unitario compactado	1913.00 Kg/m ³
Humedad Natural	0.30%
% Absorción	2.25%
Modulo de fineza	3.09

CANTERA: GAMARRA

AGREGADO GRUESO	
Perfil	angular
Tamaño máximo nominal	0.75 Pulg
peso específico aparente	2.66 gr/cm ³
Peso unitario suelto	1281.10 Kg/m ³
Peso unitario compactado	1617.00 Kg/m ³
Humedad Natural	0.05%
% Absorción	0.78%
Modulo de fineza	5.78

CEMENTO:

Tipo de cemento	portland tipo I
Peso específico	3150.00 Kg/m ³

CONCRETO:

Especificaciones del concreto	210.00 kg/cm ²
Slump	3" a 4"

Determinación de la resistencia promedio

$f'c$	$f'cr$	Valor seleccionado para $f'cr$
$f'c < 210 \text{ kg/cm}^2$	$f'c + 70$	84
$210 \leq f'c \leq 350$	$f'c + 84$	
$f'c > 350 \text{ kg/cm}^2$	$f'c + 98$	

$f'cr =$ 295.00 kg/cm²

Volumen Unitario de Agua (lt/m³)

Asentamiento	Tamaño Máximo del Agregado Grueso					
	3/8"	1/2"	3/4"	1"	1 1/2"	2"
<i>sin aire incorporado</i>						
1" a 2"	207	199	190	179	166	154
3" a 4"	228	216	205	193	181	169
6" a 7"	243	228	216	202	190	178
<i>con aire incorporado</i>						
1" a 2"	181	175	168	160	150	142
3" a 4"	202	193	184	175	165	157
6" a 7"	216	205	197	184	174	166

Seleccionar el Volumen de agua en funcion al tamaño nominal maximo del agregado grueso y al slump

205.00 lts/m³

Contenido de Aire atrapado

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

Seleccionar la cantidad de Aire atrapado en funcion al TMN del agregado grueso

2.0%

Determinacion de la Relacion Agua - Cemento

f'c Kg/cm ²	Relacion agua / cemento en peso	
	concreto sin aire incorporado	concreto con aire incorporado
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	

Interpolacion para determinar valores

f'c Kg/cm ²	agua /cemento
250	0.62
300	0.55
295	x

la relacion agua / cemento utilizada=

0.557

Determinacion del factor Cemento

F_c= 368.04 Kg

F_c= 8.66 bolsas

Calculo del volumen absoluto de la pasta

Cemento 0.12
 Agua 0.205
 Aire 0.02

Volumen de la pasta = 0.34 m3

Calculo del volumen del agregado global

Agregado global= 0.66 m3

Calculo del porcentaje de incidencia del agregado fino sobre el agregado global

porcentaje de agregado fino								
tamaño Maximo Nominal del Agregado Grueso	Agregado redondeado				Agregado Angular			
	Factor cemento expresado en sacos por				Factor cemento expresado en sacos por			
	5	6	7	8	5	6	7	8
<i>agregado fino - Modulo de Fineza de 2.3 a 2.4</i>								
3/8"	60	57	54	51	69	65	61	58
1/2"	49	46	43	40	57	54	51	48
3/4"	41	38	35	33	48	45	43	41
1"	40	37	34	32	47	44	42	40
1 1/2"	37	34	32	30	44	41	39	37
2"	36	33	31	29	43	40	38	36
<i>agregado fino - Modulo de Fineza de 2.6 a 2.7</i>								
3/8"	66	62	59	56	75	71	67	64
1/2"	53	50	47	44	61	58	55	53
3/4"	44	41	38	36	51	48	46	44
1"	42	39	37	35	49	46	44	42
1 1/2"	40	37	35	33	47	44	42	40
2"	37	35	33	32	45	42	40	38
<i>agregado fino - Modulo de Fineza de 3.0 a 3.1</i>								
3/8"	74	70	66	62	84	80	76	73
1/2"	59	56	53	50	70	66	62	59
3/4"	49	46	43	40	57	54	51	48
1"	47	44	41	38	55	52	49	46
1 1/2"	44	41	38	36	52	49	46	44
2"	42	38	36	34	49	46	44	42

tipo de agregado = angular
 Tamaño Maximo nominal del agregado grueso = 0.75 Pulg
 Modulo de Fineza = 3.09
 Seleccionar el valor del recuadro = 48%

Calculo del Volumen Absoluto:

Agregado fino = volumen agregado global x % = 0.32 m3

agregado grueso = volumen agregado global x (100 - %) = 0.45 m3

Calculo de los pesos secos de los agregados

Peso seco del agregado fino = 849.19 kg

Peso seco del agregado grueso = 1199.43 kg

Determinacion de los Valores de Diseño en laboratorio

Cemento:	8.66 bolsas
Agregado fino:	849.19 kg
Agregado grueso:	1199.43 kg
Agua de mezcla:	205.00 lts
contenido de aire atrapado:	2.0%

Correccion por Humedad de los Agregados

Calculo de los pesos Humedos

Peso humedo agregado fino= 849.21 kg

Peso humedo agregado Grueso= 1199.44 kg

calculo de la humedad superficial

Agregado Fino= -1.95%

Agregado Grueso= -0.73%

Aporte de agua por humedad superficial del Agregado

Agregado Fino= -16.55 lts

Agregado Grueso= -8.79 lts

Aporte por Humedad = -25.34 lts

Volumen de agua efectiva= 230.34 lts

Determinacion de los valores de Diseño

Cemento:	368.04 Kg
Agregdao fino:	849.21 kg
Agregdao grueso:	1199.44 kg
Agua de mezcla:	230.34 lts
contenido de aire atrapado:	2.0%

Proporcionamiento del diseño de mezclas

Cemento:	1.00
Agregado fino:	2.31
Agregado grueso:	3.26
Agua de mezcla:	26.60 lts

Elaboracion de Probetas de Ensayo

I. probeta

diámetro= 15.00 cm

Altura= 30.00 cm

Area= 0.0053 m³

II. Concreto

de probetas= 10

Cemento:	19.51 Kg
Agregdao fino:	45.02 Kg
Agregdao grueso:	63.59 Kg
Agua de mezcla:	12.21 lts

Diseño de mezclas: PUZOLANICO TIPO IP

A. CARACTERISTICAS DE LOS MATERIALES:

cantera: AYMITUMA

AGREGADO FINO	
peso especifico aparente	2.69 gr/cm3
Peso unitario suelto	1617.31 Kg/m3
Peso unitario compactado	1913.00 Kg/m3
Humedad Natural	0.30%
% Absorcion	2.25%
Modulo de fineza	3.09

cantera: GAMARRA

AGREGADO GRUESO	
Perfil	angular
Tamano maximo nominal	0.75 Pulg
peso especifico aparente	2.66 gr/cm3
Peso unitario suelto	1281.10 Kg/m3
Peso unitario compactado	1617.00 Kg/m3
Humedad Natural	0.05%
% Absorcion	0.78%
Modulo de fineza	5.78

CEMENTO:

Tipo de cemento

puzolanico tipo IP

Peso especifico

2850.00 Kg/m3

CONCRETO:

Especificaciones del concreto

210.00 kg/cm2

Slump

3" a 4"

Determinacion de la resistencia promedio

$f'c$	$f'cr$
$f'c < 210 \text{ kg/cm}^2$	$f'c + 70$
$210 \leq f'c \leq 350$	$f'c + 84$
$f'c > 350 \text{ kg/cm}^2$	$f'c + 98$

Valor seleccionado para $f'cr$

84

$f'cr =$

295.00 kg/cm2

Volumen Unitario de Agua (lt/m3)

Asentamiento	Tamaño Maximo del Agregado Grueso					
	3/8"	1/2"	3/4"	1"	1 1/2"	2"
<i>sin aire incorporado</i>						
1" a 2"	207	199	190	179	166	154
3" a 4"	228	216	205	193	181	169
6" a 7"	243	228	216	202	190	178
<i>con aire incorporado</i>						
1" a 2"	181	175	168	160	150	142
3" a 4"	202	193	184	175	165	157
6" a 7"	216	205	197	184	174	166

Seleccionar el Volumen de agua en funcion al tamaño nominal maximo del agregado grueso y al slump

205.00 lts/m³

Contenido de Aire atrapado

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

Seleccionar la cantidad de Aire atrapado en funcion al TMN del agregado grueso

2.0%

Determinacion de la Relacion Agua - Cemento

f'c Kg/cm ²	Relacion agua / cemento en peso	
	concreto sin aire incorporado	concreto con aire incorporado
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	

Interpolacion para determinar valores

f'c Kg/cm ²	agua /cemento
250	0.62
300	0.55
295	x

la relacion agua / cemento utilizada=

0.557

Determinacion del factor Cemento

Fc= 368.04 Kg

Fc=	8.66 bolsas
-----	-------------

Calculo del volumen absoluto de la pasta

Cemento 0.13
 Agua 0.205
 Aire 0.02

Volumen de la pasta = 0.35 m3

Calculo del volumen del agregado global

Agregado global= 0.65 m3

Calculo del porcentaje de incidencia del agregado fino sobre el agregado global

porcentaje de agregado fino								
tamaño Maximo Nominal del Agregado Grueso	Agregado redondeado				Agregado Angular			
	Factor cemento expresado en sacos por				Factor cemento expresado en sacos por			
	5	6	7	8	5	6	7	8
agregado fino - Modulo de Fineza de 2.3 a 2.4								
3/8"	60	57	54	51	69	65	61	58
1/2"	49	46	43	40	57	54	51	48
3/4"	41	38	35	33	48	45	43	41
1"	40	37	34	32	47	44	42	40
1 1/2"	37	34	32	30	44	41	39	37
2"	36	33	31	29	43	40	38	36
agregado fino - Modulo de Fineza de 2.6 a 2.7								
3/8"	66	62	59	56	75	71	67	64
1/2"	53	50	47	44	61	58	55	53
3/4"	44	41	38	36	51	48	46	44
1"	42	39	37	35	49	46	44	42
1 1/2"	40	37	35	33	47	44	42	40
2"	37	35	33	32	45	42	40	38
agregado fino - Modulo de Fineza de 3.0 a 3.1								
3/8"	74	70	66	62	84	80	76	73
1/2"	59	56	53	50	70	66	62	59
3/4"	49	46	43	40	57	54	51	48
1"	47	44	41	38	55	52	49	46
1 1/2"	44	41	38	36	52	49	46	44
2"	42	38	36	34	49	46	44	42

tipo de agregado = angular
 Tamaño Maximo nominal del agregado grueso = 0.75 Pulg
 Modulo de Fineza = 3.09
 Seleccionar el valor del recuadro = 48%

Determinación de los valores de Diseño

Cemento:	368.04 Kg
Agregado fino:	833.34 kg
Agregado grueso:	1187.18 kg
Agua de mezcla:	229.94 lts
contenido de aire atrapado:	2.0%

Proporcionamiento del diseño de mezclas

Cemento:	1.00
Agregado fino:	2.26
Agregado grueso:	3.23
Agua de mezcla:	26.55 lts

Elaboración de Probetas de Ensayo

I. probeta

diámetro= 15.00 cm

Altura= 30.00 cm

Area=	0.0053 m ³
-------	-----------------------

II. Concreto

de probetas=

9

Cemento:	17.56 Kg
Agregado fino:	39.76 Kg
Agregado grueso:	56.64 Kg
Agua de mezcla:	10.97 lts

Para la presente investigación los materiales utilizados fueron: Cemento portland tipo I (SOL) y Cemento puzolánico tipo IP (YURA), los agregados provenientes de diferentes canteras como son:

- Agregado fino (Cantera Aymituma)
- Agregado grueso (Cantera Gamarra)

Una vez preparadas las muestras de concreto (briquetas) estas serán llevadas a diferentes climas (Clima Abancay – Clima Pachachaca).

Producción de concreto por briqueta

DISEÑO PARA 1 MOLDE (BRIQUETA) : CEMENTO: 2.17 kg
A. FINO: 5.00 kg
A. GRUESO: 7.07 kg
AGUA: 1.36 lts

6.2. PROCESO DE ELABORACIÓN DEL CONCRETO

Al momento de vaciado del concreto el molde, previamente el molde debe estar limpio y en su parte interior fueron cuidadosamente aceitadas. El moldeo de las probetas se efectuó sobre una superficie horizontal, libre de vibraciones, el llenado de la probeta se efectuó evitando la segregación y vertiendo el concreto con la cuchara; luego de mezclarse el concreto se llenan los moldes en tres capas, cada una de ellas a un tercio de la altura del molde y compactadas enérgicamente con la barra compactadora con 25 golpes en forma vertical y en forma de espiral empezando por los extremos hasta llegar al centro y así sucesivamente con las otras dos capas superiores, en la capa ultima se agregara material hasta rebosar, retirando el material excedente y enrasamos la superficie del molde tratando de lograr un buen acabado, luego de ello con la ayuda de un martillo de goma se propicia golpes para eliminar vacíos.

Las probetas fueron retiradas de los moldes entre las 20 y 24 horas de vaciado el concreto.

Las probetas fueron identificadas en su cara superior con nombre y edad de elaboración, con la ayuda de un corrector, al cabo de ello las probetas fueron enviadas a las diferentes condiciones previamente planteadas (3 condiciones).

En proceso de fabricación del concreto usaremos el diseño de mezcla obtenido en los ítems 4.1.1 y 4.1.2 usando sus dosificaciones, y así estandarizar las propiedades iniciales del concreto fresco.

Para la preparación del concreto se usara una mezcladora de 0.5 pies³ de una capacidad de 1.14 HP, el cual la mezcla se realizó con un mismo proceso para cada descarga de la mezcladora, el tiempo de uso adecuando en la mezcladora fue de 90 segundos una vez colocado todos los insumos para la preparación del concreto.

En este trabajo se realiza la comparación de dos tipos de cementos en dos tipos de climas, en este caso se realizara la elaboración del concreto en el

laboratorio del Sr. Lucho Farfán Huamani ubicado en la urbanización Los Ingeniero B-13 “GEOLEF” laboratorio de suelos y concreto, para lo cual se usa dos tipos de diseños de mezcla con diferentes dosificaciones pero con los mismos agregados.

El cuadro siguiente presenta la dosificación de cada tipo de cemento y para cada clima.

Tabla 30: Relación del diseño de mezclas

CEMENTO		CEMENTO PORTLAND TIPO 1		CEMENTO PULZOLANICO	
CLIMA	CLIMA 1	CLIMA 2	CLIMA 1	CLIMA 2	CLIMA 2
DOSIFICACION	1: 2.31 : 3.26		1: 2.26 : 3.23		

Fuente: Elaboración propia

En el desarrollo de la elaboración del concreto se realizó en 14 días, teniendo una producción diaria de 9 briquetas por día para la ciudad de Abancay los cuales fueron preparados en 8 días y 6 briquetas por día para el clima de Pachachaca los cuales se prepararon en 6 días, se realiza de esta manera para tener un mejor y adecuado control de las briquetas.

6.2.1 CRONOGRAMA DE ELABORACIÓN DE CONCRETO

Como ya se mencionó anteriormente en la elaboración de concreto se realizaran a través de cronogramas por fechas establecidas previamente, ya anteriormente se mencionó que la elaboración se maneja por tandas de 9 briquetas para someterlos a las diferentes condiciones climáticas así también como a las diferentes condiciones de curado en la ciudad de Abancay siendo un total de setenta y dos (72) briquetas para ambos tipos de cemento (36 briquetas del cemento tipo IP, 36 briquetas del cemento tipo I), por otro lado la preparación realizada para el clima de Pachachaca se realizó en tandas de 6 briquetas llegando a ser un total de treinta y seis (36) briquetas y distribuidas como sigue (18 briquetas del cemento tipo IP, 18 briquetas del cemento tipo I).

Durante la preparación de los moldes de concreto todo el proceso fue estandarizado, estandarizado en el aspecto de usar la misma mezcladora, la misma agua, la misma balanza para todas las preparaciones y manejando un mismo protocolo de preparación.

Tabla 31: Cronograma de preparación de concreto en el clima de Abancay

<i>FECHA DE ELABORACION PARA EL CLIMA DE ABANCAY</i>								
<i>DESCRIPCION</i>	<i>C. TIPO IP</i>	<i>C. TIPO I</i>	<i>C. TIPO IP</i>	<i>C. TIPO I</i>	<i>C. TIPO IP</i>	<i>C. TIPO I</i>	<i>C. TIPO IP</i>	<i>C. TIPO I</i>
<i>C-1</i>	<i>09/05/2017</i>	<i>10/05/2017</i>	<i>11/05/2017</i>	<i>12/05/2017</i>	<i>13/05/2017</i>	<i>15/05/2017</i>	<i>16/05/2017</i>	<i>17/05/2017</i>
<i>C-2</i>	<i>09/05/2017</i>	<i>10/05/2017</i>	<i>11/05/2017</i>	<i>12/05/2017</i>	<i>13/05/2017</i>	<i>15/05/2017</i>	<i>16/05/2017</i>	<i>17/05/2017</i>
<i>C-3</i>	<i>09/05/2017</i>	<i>10/05/2017</i>	<i>11/05/2017</i>	<i>12/05/2017</i>	<i>13/05/2017</i>	<i>15/05/2017</i>	<i>16/05/2017</i>	<i>17/05/2017</i>

Fuente: Elaboración propia

Tabla 32: Cronograma de preparación de concreto en el clima de Pachachaca

<i>DESCRIPCION</i>	<i>C. TIPO IP</i>	<i>C. TIPO I</i>	<i>C. TIPO IP</i>	<i>C. TIPO I</i>	<i>C. TIPO IP</i>	<i>C. TIPO I</i>
<i>C-1</i>	<i>18/05/2017</i>	<i>19/05/2017</i>	<i>20/05/2017</i>	<i>22/05/2017</i>	<i>23/05/2017</i>	<i>24/05/2017</i>
<i>C-2</i>	<i>18/05/2017</i>	<i>19/05/2017</i>	<i>20/05/2017</i>	<i>22/05/2017</i>	<i>23/05/2017</i>	<i>24/05/2017</i>
<i>C-3</i>	<i>18/05/2017</i>	<i>19/05/2017</i>	<i>20/05/2017</i>	<i>22/05/2017</i>	<i>23/05/2017</i>	<i>24/05/2017</i>

Fuente: Elaboración propia

6.2.2 CRONOGRAMA DE PRUEBAS DE COMPRESIÓN DE LOS MOLDES DE CONCRETO

Los moldes de concreto fueron elaborados en cantidades establecidas para poder hacer un control más adecuado debido a que para el clima de Abancay se tuvieron que romper tres (03) por cada condición haciendo un total de nueve(09) briquetas y tres diferentes condiciones (c-1: totalmente sumergido, c-2: curado de acuerdo a las normas, c-3: a la intemperie).

Tabla 33: Cronograma de rotura de probetas en el clima de Abancay

DESCRIPCION	7 DIAS		14 DIAS		21 DIAS		28 DIAS	
	C. TIPO IP	C. TIPO I	C. TIPO IP	C. TIPO I	C. TIPO IP	C. TIPO I	C. TIPO IP	C. TIPO I
C-1	16/05/2017	17/05/2017	25/05/2017	26/05/2017	03/06/2017	05/06/2017	13/06/2017	14/06/2017
C-2	16/05/2017	17/05/2017	25/05/2017	26/05/2017	03/06/2017	05/06/2017	13/06/2017	14/06/2017
C-3	16/05/2017	17/05/2017	25/05/2017	26/05/2017	03/06/2017	05/06/2017	13/06/2017	14/06/2017

Fuente: Elaboración propia

Para realizar las comparaciones con respecto al clima de Abancay se llevaron muestras al clima de Pachachaca con el fin de ver la diferencia y la influencia del clima en las briquetas sometidas a las mismas tres condiciones de curado, para este clima se realizaron los ensayos de compresión a 2 briquetas por condición de curado, rompiéndose un total de 6 briquetas por fecha.

Tabla 34: Cronograma de rotura de probetas en el clima de Pachachaca

DESCRIPCION	7 DIAS		21 DIAS		28 DIAS	
	C. TIPO IP	C. TIPO I	C. TIPO IP	C. TIPO I	C. TIPO IP	C. TIPO I
C-1	25/05/2017	26/05/2017	03/06/2017	05/06/2017	20/06/2017	21/06/2017
C-2	25/05/2017	26/05/2017	03/06/2017	05/06/2017	20/06/2017	21/06/2017
C-3	25/05/2017	26/05/2017	03/06/2017	05/06/2017	20/06/2017	21/06/2017

Fuente: Elaboración propia

6.2.3 ASENTAMIENTO DEL CONCRETO (SLUMP)

El denominado ensayo de asentamiento o slump, llamado también de revenimiento o “slump test”, se encuentra ampliamente difundido y su empleo es aceptado para caracterizar el comportamiento del concreto fresco.

El ensayo consistió en consolidar una muestra de concreto fresco en un molde troncocónico, midiendo el asiento del concreto luego de desmoldarlo. El comportamiento del concreto en la prueba, indica su consistencia o sea la

capacidad para adaptarse al encofrado o molde con facilidad, manteniéndose homogéneo con un mínimo de vacíos.

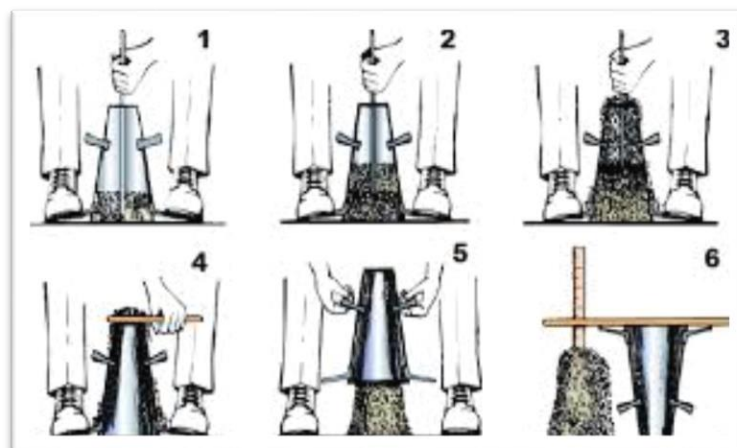
La consistencia se modifica fundamentalmente por variaciones del contenido de agua en la mezcla.

En los concretos bien proporcionados, el contenido de agua necesario para producir un asentamiento determinado depende de varios factores: se requiere de más agua con agregados de forma angular y textura rugosa; reduciéndose su contenido al incrementarse el tamaño máximo del agregado.

Para realizar el ensayo de consistencia utilizamos un molde troncocónico y una varilla de 5/8" con punta de bala, el molde descansa sobre una superficie plana no absorbente, dicho molde se llenó en tres capas, luego se compacto cada capa mediante 25 golpes con la varilla de acero, estos golpes se realiza en forma distribuida y en forma de espiral, se tuvo cuidado que la barra solo compacte la capa ensayada.

La última capa se enrasa con ayuda de una espátula para luego levantar el molde verticalmente y con mucho cuidado; el ensayo culmina al medir el asiento del concreto que es la diferencia entre la altura del molde y la cara superior central de la mezcla.

Imagen 20: Procedimiento del ensayo de revenimiento (slump)



El diseño de mezcla se realizó con un asentamiento de 3” – 4” el cual se controlara en cada preparación para asegurar la estandarización de la preparación del concreto con lo que se asegura también la resistencia a las que están diseñadas.

Tabla 35: Control de Slump elaborado en campo

<u>DESCRIPCION</u>	<u>FECHA DE ELABORACION</u>	<u>TIPO DE CEMENTO</u>	<u># DE MOLDES</u>	<u>CLIMA</u>	<u>SLUMP</u>
TANDA 1	09/05/2017	YURA - PUZOLANICO IP	9	ABANCAY	2.50 Pulg
TANDA 2	10/05/2017	SOL - PORTLAND TIPO I	9	ABANCAY	4.00 Pulg
TANDA 3	11/05/2017	YURA - PUZOLANICO IP	9	ABANCAY	4.00 Pulg
TANDA 4	12/05/2017	SOL - PORTLAND TIPO I	9	ABANCAY	3.00 Pulg
TANDA 5	13/05/2017	YURA - PUZOLANICO IP	9	ABANCAY	2.50 Pulg
TANDA 6	15/05/2017	SOL - PORTLAND TIPO I	9	ABANCAY	4.00 Pulg
TANDA 7	16/05/2017	YURA - PUZOLANICO IP	9	ABANCAY	3.50 Pulg
TANDA 8	17/05/2017	SOL - PORTLAND TIPO I	9	ABANCAY	3.00 Pulg
TANDA 9	18/05/2017	YURA - PUZOLANICO IP	6	PACHACHACA	3.00 Pulg
TANDA 10	19/05/2017	SOL - PORTLAND TIPO I	6	PACHACHACA	3.50 Pulg
TANDA 11	20/05/2017	YURA - PUZOLANICO IP	6	PACHACHACA	3.00 Pulg
TANDA 12	22/05/2017	SOL - PORTLAND TIPO I	6	PACHACHACA	4.00 Pulg
TANDA 13	23/05/2017	YURA - PUZOLANICO IP	6	PACHACHACA	3.00 Pulg
TANDA 14	24/05/2017	SOL - PORTLAND TIPO I	6	PACHACHACA	2.50 Pulg

Fuente: Elaboración propia

6.2.4 CONDICIONES CLIMÁTICAS EN EL PROCESO DE ELABORACIÓN DEL CONCRETO

En el estudio obtuvimos información de cómo los factores climáticos influyen en el desarrollo de la resistencia del concreto durante los 28 días en cual según el diseño debe alcanzar al 99% de la resistencia del diseño del concreto.

Siendo un dato importante para esta investigación, se realiza la toma de datos de estos factores, el cual en este ítem tendremos los datos de las condiciones iniciales del concreto fresco, siendo una información que ayudara a respaldar que el concreto que se usa para el desarrollo del control de las muestras este estandarizado en sus propiedades iniciales.

La temperatura del ambiente y la humedad relativa del ambiente serán condiciones secundarias pero que repercutirán en la estandarización de las condiciones iniciales del concreto fresco.

Tabla 36: Cuadros de control de la temperatura del ambiente en la preparación de concreto

<u>DESCRIPCION</u>	<u>FECHA DE ELABORACION</u>	<u>TEMPERATURA ABANCAY</u>
TANDA 1	09/05/2017	18 °C
TANDA 2	10/05/2017	18 °C
TANDA 3	11/05/2017	21 °C
TANDA 4	12/05/2017	23 °C
TANDA 5	13/05/2017	23 °C
TANDA 6	15/05/2017	22 °C
TANDA 7	16/05/2017	19 °C
TANDA 8	17/05/2017	20 °C
TANDA 9	18/05/2017	21 °C
TANDA 10	19/05/2017	23 °C
TANDA 11	20/05/2017	21 °C
TANDA 12	22/05/2017	15 °C
TANDA 13	23/05/2017	14 °C
TANDA 14	24/05/2017	16 °C

Fuente: www.senamhi.gob.pe

6.3. ELABORACIÓN Y CURADO DE TESTIGOS CILÍNDRICOS

Para la elaboración de los testigos cilíndricos de concreto tendremos en cuenta las Normas NTP 339.033, ASTM C 31 las cuales son cumplidas en todo momento.

Para un control adecuado en la resistencia a la compresión la preparación se tuvo que realizar por cada tanda y por cada tipo de cemento (portland tipo I – puzolánico tipo IP) siendo sometidos luego a diferentes métodos de curado (totalmente sumergido, curado 7 días, muestra a la intemperie) siendo 9 briquetas las elaboradas por cada tanda y siendo repartidas a 3 (tres) por cada condición.

Para desarrollar un mejor control durante la preparación y tener un control adecuado de cada preparación por cada tanda se realizaron protocolos que son de mucha utilidad para realizar los controles.

6.3.1 TESTIGOS CILÍNDRICOS SUMERGIDOS

Para obtener un buen concreto es necesario, que en su primera edad se encuentre en un entorno que reúna adecuadas condiciones de temperatura, humedad y que agreguen la hidratación del cemento.

Al ser desmoldadas las probetas, se llevaran a la poza 3 moldes para su curado por cada tanda de preparación en el clima de Abancay, el cual estará allí hasta la fecha de su rotura.

6.3.2 TESTIGOS CILÍNDRICOS CURADOS

Los cilindros de concreto desmoldados fueron curados como normalmente se realizan en las obras (regadas cada cierto tiempo) después de vaciar algún tipo de estructura a los cuales se les regaba con agua potable como se realiza en cualquier tipo de edificación y también basándonos en la norma ASTM C150 para el concreto preparado con cemento portland tipo I y la norma ASTM C525 para concretos preparado con cemento puzolánico tipo IP.

El curado se realiza los días establecidos en las normas citadas debido a que en ese tiempo es en donde el concreto debe de desarrollar en un 70% aproximadamente su resistencia de diseño.

6.3.3 TESTIGOS CILÍNDRICOS EN LA INTEMPERIE

Los moldes de concreto dejados a la intemperie estarán sometidos a las condiciones climáticas del ambiente en el cual se está haciendo los respectivos estudios (Abancay – Pachachaca) y de esa manera poder ver cuál es la influencia del clima en un concreto que no se cura.

CAPÍTULO VII: PROCESAMIENTO E INTERPRETACION DE DATOS

7.1 ANALISIS COMPARATIVO DEL CONCRETO EN ESTADO FRESCO

7.1.1 INTRODUCCIÓN.

El estudio de las propiedades que tiene el concreto en el estado endurecido son de gran importancia ya que permiten evaluar y controlar la resistencia y en muchos casos la cuantificación de esta, su principal característica, en comparación con la tracción, debido a las propiedades adherentes de la pasta de cemento.

En la etapa del material ya endurecido, las propiedades del concreto desarrollan resistencia con el tiempo, dependiendo de las características y proporciones de los materiales que lo componen y de las condiciones ambientales a que está expuesto.

En el presente subcapítulo se estudiará las propiedades del concreto endurecido, mediante la realización de los ensayos respectivos siguiendo procedimientos estandarizados.

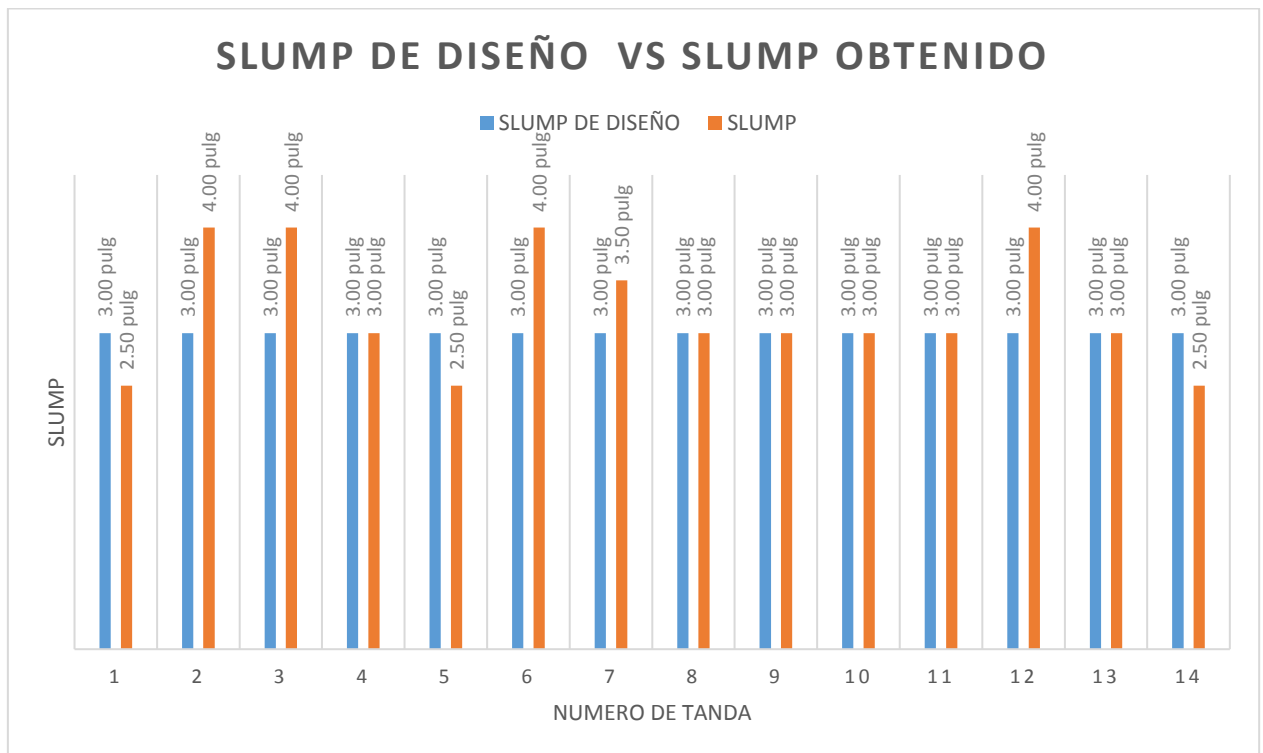
7.1.2 ANÁLISIS DE LA RELACIÓN ENTRE SLUMP DE DISEÑO VS SLUMP OBTENIDO.

El slump o “slump test” es el grado de fluidez y/o plasticidad que presenta una masa de concreto, esta variable está íntimamente relacionada con la capacidad de agua presente y también con las dosis.

Un adecuado asentamiento o slump supondrá en el concreto el grado de trabajabilidad que este presenta, a nivel de laboratorio, la medición de la consistencia se efectúa mediante el equipo denominado como el Cono de Abrams, de altura conocida, que luego se vierte la masa de concreto y retirado el molde metálico (cono), se procederá a comparar la pérdida de la altura de la masa.

Después de la elaboración del concreto se procede a la realización del ensayo de revenimiento o también llamado “slump test”, durante este ensayo se presentó variaciones con respecto al slump de diseño debido a que el agregado almacenado no mantiene el mismo porcentaje de humedad a medida que pasan los días, es por ello que hay veces en las cuales se tiene que añadir cierta cantidad adicional de agua para poder cumplir con el slump de diseño.

Imagen 21: Variación del slump obtenido vs slump de diseño



Fuente: Elaboración propia

7.1.3 ANÁLISIS DE LA RELACIÓN ENTRE TEMPERATURA DEL CONCRETO VS TEMPERATURA AMBIENTE.

El concreto ya que es un material muy sensible a temperaturas elevadas que afectan sensiblemente su comportamiento en esta fresco, por lo que se debe ser más preciso en relación al clima cálido.

Las siguientes condiciones que tienden a perjudicar la calidad del concreto fresco o endurecido acelerando la tasa de pérdida de humedad y la tasa de hidratación del cemento, o por otro lado causando resultados perjudiciales: Alta temperatura ambiente, alta temperatura del concreto, baja humedad relativa y alta velocidad del viento. Esto nos permite concluir pues que la combinación de temperatura ambiente y temperatura del concreto elevadas son características del clima cálido que lo perjudican. **(1)**

La fabricación de concreto, en condiciones climáticas extremas, ya sean de altas temperaturas o de bajas temperaturas, influye de manera directa en sus características en cualquier etapa del mismo: mezclado, transporte, colocación, curado, así como en las propiedades físicas y

mecánicas. Ello constituye una preocupación para los constructores, por las evidentes consecuencias negativas que puede tener. A pesar de que el problema de pérdidas de resistencia en el concreto debidas al incremento de la temperatura ambiental en verano ha sido ampliamente estudiado y que es innegable su importancia, no son muchas las investigaciones conocidas que hayan obtenido una posible solución. **(2)**

Cuando se habla del control de las temperaturas del concreto se refiere a poder manejar las propiedades que la mezcla tiene en estado fresco.

La variación de la temperatura del concreto es casi constante aun cuando la temperatura ambiental varié entre 15°C y 23°C.

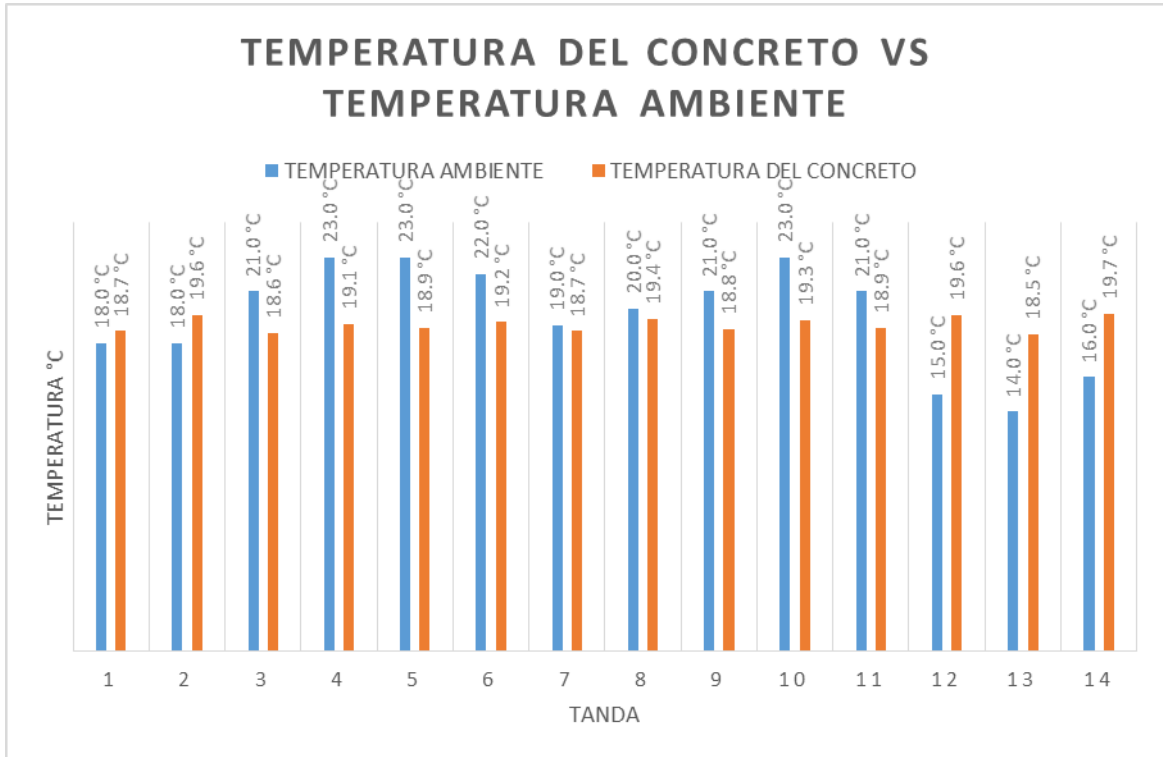
- El concreto preparado con cemento puzolánico tipo IP tiene una variación de la temperatura entre 18.50°C y 18.90°C.
- El concreto preparado con cemento puzolánico tipo I tiene una variación de la temperatura entre 19.10°C y 19.70°C.

Los factores que pueden influir en la determinación del control de la temperatura del concreto pueden ser varios pero entre los más importantes están los climas extremos. Por ejemplo, en climas cálidos se ven afectados los límites de la velocidad de la evaporación, y en el clima frío se reducen los procesos de hidratación. Como resultado a estas variables y factores se pueden tener resultados que van ligados íntimamente a fenómenos físico mecánicos como lo son la fisuración, el desgaste y la resistencia en el concreto.

(1). *ARTICULO Nro.3 temperatura máxima de colocación del concreto en obra y los problemas que puede ocasionar, Autor: Ing. Enrique Pasquel Carbajal.*

(2) *ARTÍCULO DE INVESTIGACIÓN: influencia de la temperatura ambiental en la propiedades del concreto hidráulico, Autor: Ortiz Lozano, J.A marzo del 2007*

Imagen 22: Temperatura del concreto vs temperatura ambiente



Fuente: Elaboración propia

7.1.4 ANÁLISIS COMPARATIVO CON CEMENTO PORTLAND TIPO I Y CEMENTO PUZOLÁNICO TIPO IP EN CONDICIONES DE CURADO.

El análisis de curado en condiciones óptimas (curado completamente sumergido) presentan variaciones debido al clima donde se encuentra, cabe mencionar que durante el preparado de concreto se estandarizo en la preparación, lo cual significa que el concreto elaborado con cemento portland tipo I tiene las mismas condiciones de preparado tanto en la ciudad de Abancay como en la localidad de Pachachaca ,lugares donde existe una variación del clima, es por ello que presentan variaciones con respecto al desarrollo normal de la resistencia a la compresión tanto a los 7, 14, 21 y 28 días.

Del mismo modo, el cemento puzolánico tipo IP, debido a que este es un cemento incorporado a diferencia del cemento tipo I, este presenta un menor calor de hidratación es por ello que tiene un desarrollo más lento con respecto a la resistencia a la compresión a los 7, 14, 21, 28 días;

también el concreto preparado con cemento puzolánico tipo IP tuvo las mismas condiciones de preparado en la ciudad de Abancay y la localidad de Pachachaca, también presentan variaciones con respecto a su resistencia a la compresión.

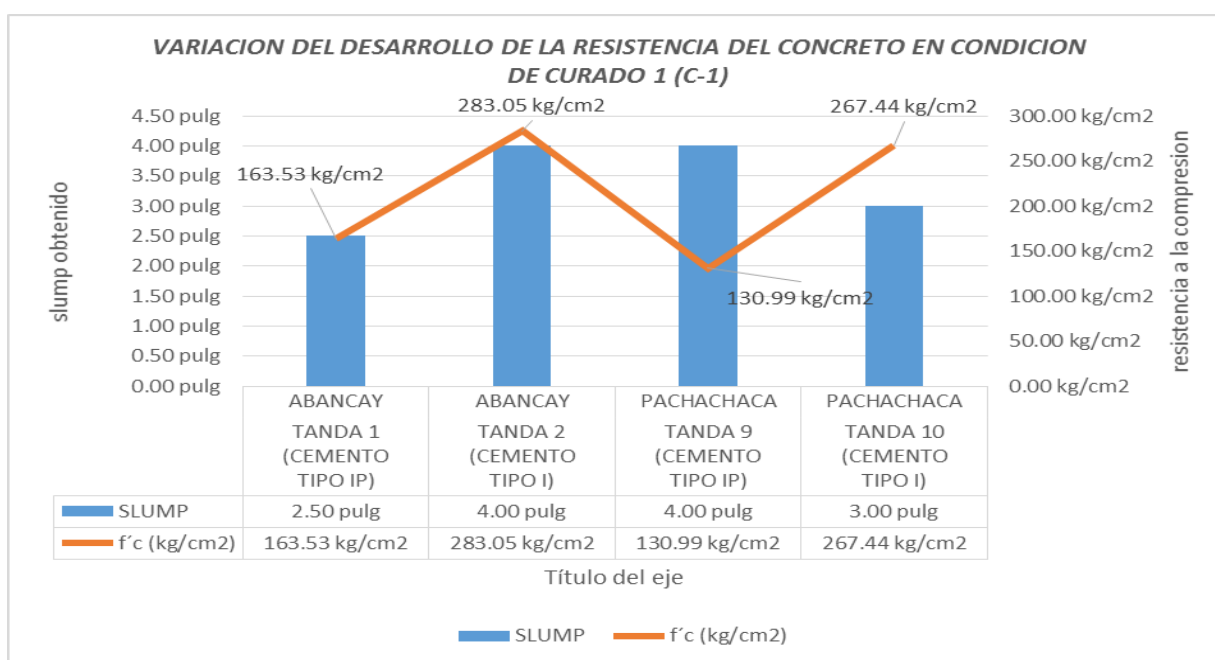
El desarrollo de la resistencia del concreto depende del tipo de clima, el método de curado pero también del traslado de las briquetas, por más que se cumpla con los protocolos de traslado este está en constante movimiento en las cajas, debido a los movimientos que hace el carro lo cual también afecta en la resistencia a la compresión del concreto.

Tabla 37: Variación del desarrollo del concreto en la condición de curado 1 (C-1) a los 7 días en la ciudad de Abancay y la localidad de Pachachaca

CEMENTO PUZOLANICO TIPO IP - CONDICION 1 A LOS 7 DIAS (C-1)				
DESCRIPCION	TANDA 1 (CEMENTO TIPO IP)	TANDA 2 (CEMENTO TIPO I)	TANDA 9 (CEMENTO TIPO IP)	TANDA 10 (CEMENTO TIPO I)
LOCALIDAD	ABANCAY	ABANCAY	PACHACHACA	PACHACHACA
SLUMP	2.50 pulg	4.00 pulg	4.00 pulg	3.00 pulg
f'c (kg/cm2)	163.53 kg/cm2	283.05 kg/cm2	130.99 kg/cm2	267.44 kg/cm2

Fuente: Elaboración propia

Imagen 23: Análisis comparativo del desarrollo de la resistencia a la compresión en la condición 1 de curado a los 7 días de edad.



Fuente: Elaboración propia

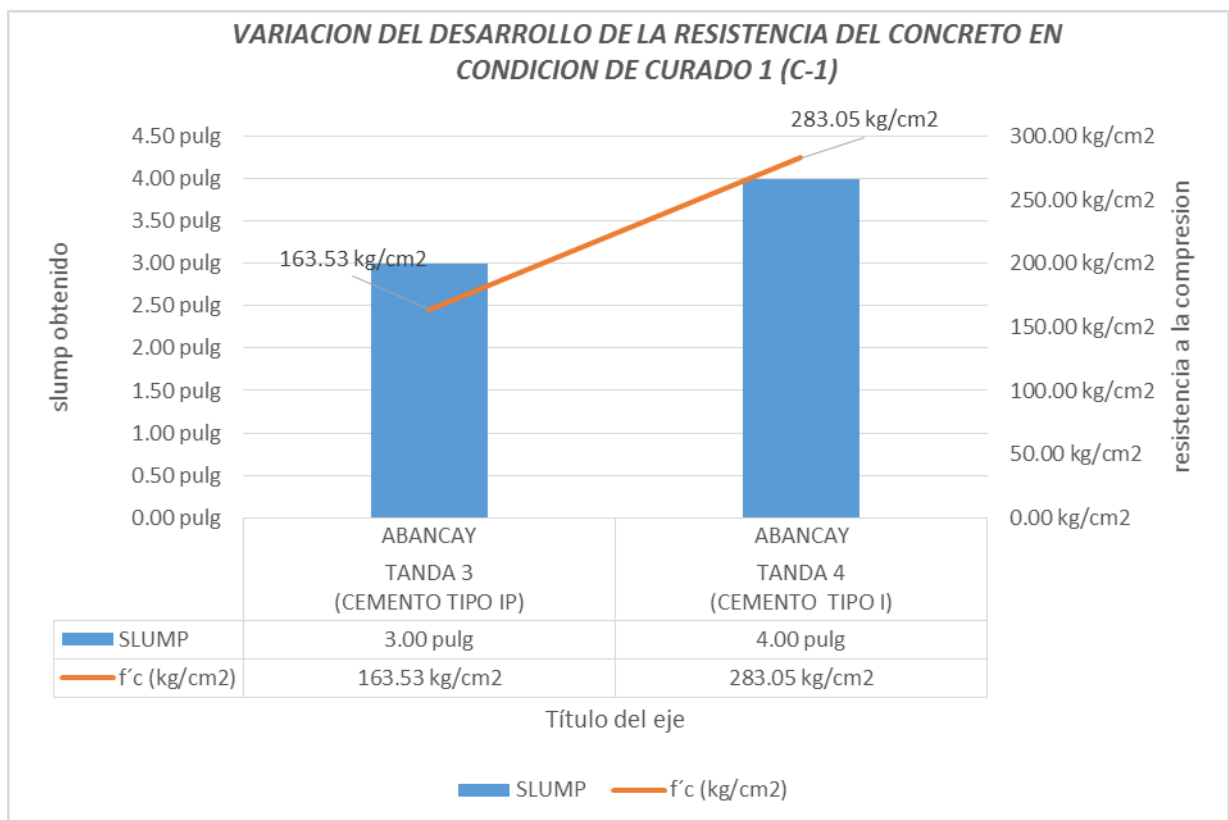
Las diferencias de resistencia a la compresión en la localidad de Pachachaca se realizaron roturas a los 7, 21 y 28 días, debido a que la diferencia entre los días 14 y 21 no presenta mucha variación, pero haciendo comparaciones entre los días 7 y 21 se puede ver de una mejor manera el desarrollo de la resistencia a la compresión

Tabla 38: Variación del desarrollo del concreto en la condición de curado 1 (C-1) a los 14 días en la ciudad de Abancay y la localidad de Pachachaca

CEMENTO PUZOLANICO TIPO IP - CONDICION 1 A LOS 14 DIAS (C-1)		
DESCRIPCION	TANDA 3 (CEMENTO TIPO IP)	TANDA 4 (CEMENTO TIPO I)
LOCALIDAD	ABANCAY	ABANCAY
SLUMP	3.00 pulg	4.00 pulg
f'c (kg/cm2)	163.53 kg/cm2	283.05 kg/cm2

Fuente: Elaboración propia

Imagen 24: Análisis comparativo del desarrollo de la resistencia a la compresión en la condición 1 de curado a los 14 días de edad.



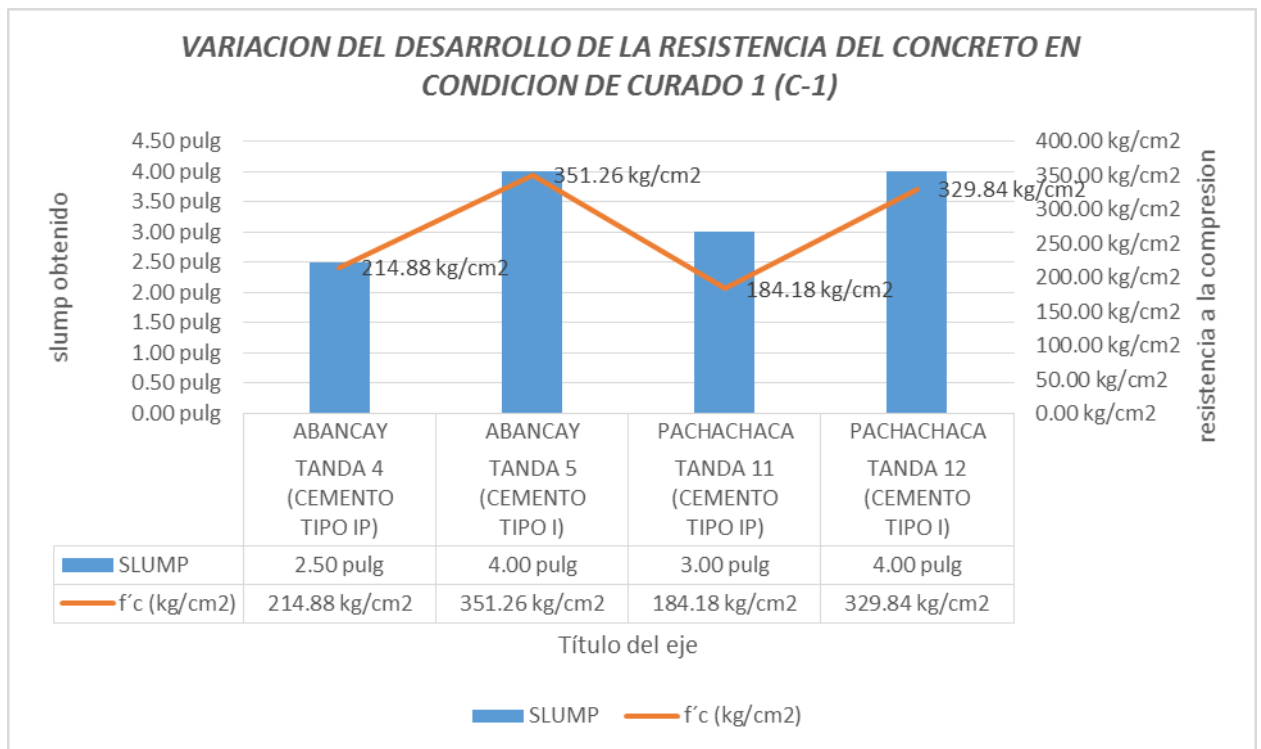
Fuente: Elaboración propia

Tabla 39: Variación del desarrollo del concreto en la condición de curado 1 (C-1) a los 21 días en la ciudad de Abancay y la localidad de Pachachaca

CEMENTO PUZOLANICO TIPO IP - CONDICION 1 A LOS 21 DIAS (C-1)				
DESCRIPCION	TANDA 4 (CEMENTO TIPO IP)	TANDA 5 (CEMENTO TIPO I)	TANDA 11 (CEMENTO TIPO IP)	TANDA 12 (CEMENTO TIPO I)
LOCALIDAD	ABANCAY	ABANCAY	PACHACHACA	PACHACHACA
SLUMP	2.50 pulg	4.00 pulg	3.00 pulg	4.00 pulg
f'c (kg/cm2)	214.88 kg/cm2	351.26 kg/cm2	184.18 kg/cm2	329.84 kg/cm2

Fuente: Elaboración propia

Imagen 25: Análisis comparativo del desarrollo de la resistencia a la compresión en la condición 1 de curado a los 21 días de edad.



Fuente: Elaboración propia

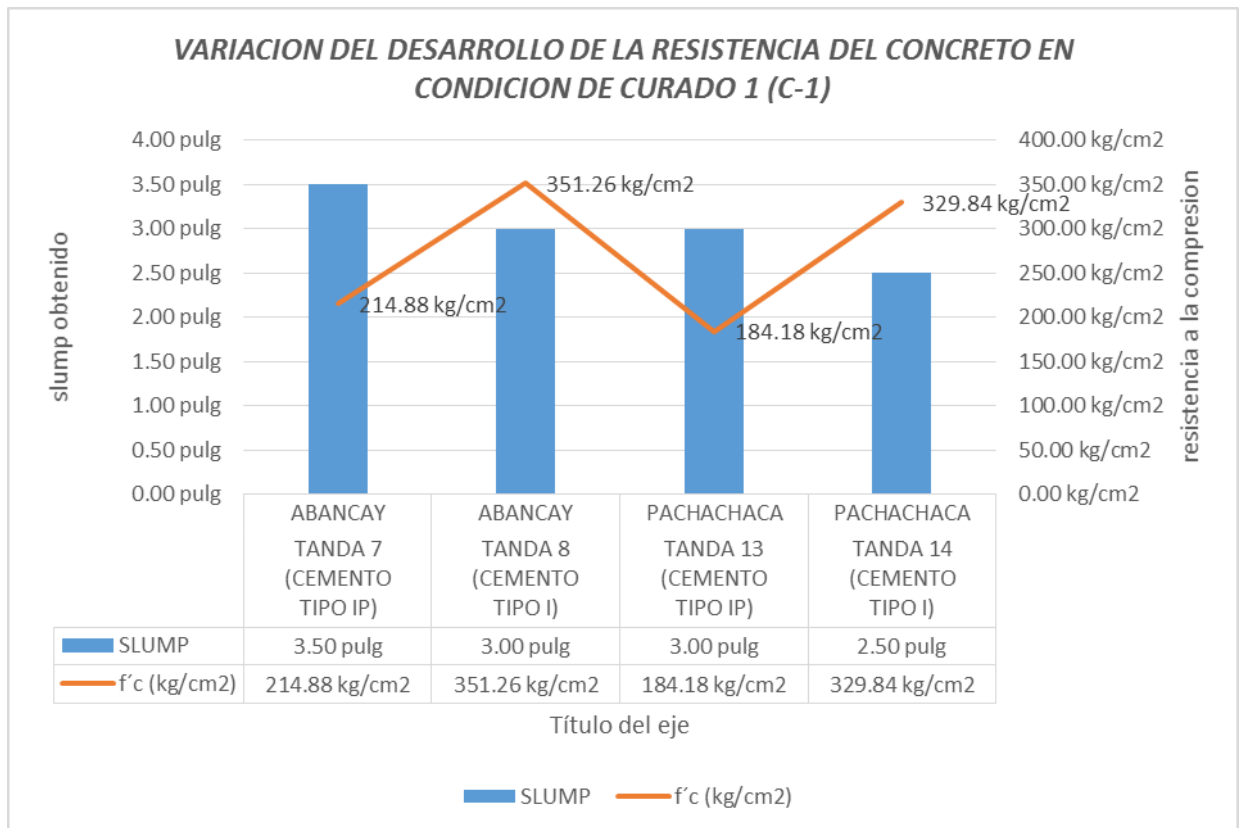
El concreto a una edad de 28 días alcanza la máxima resistencia a la compresión, ello no indica que el concreto deje de desarrollarse contantemente a medida que pasan los días.

Tabla 40: Variación del desarrollo del concreto en la condición de curado 1 (C-1) a los 28 días en la ciudad de Abancay y la localidad de Pachachaca

CEMENTO PUZOLANICO TIPO IP - CONDICION 1 A LOS 28 DIAS (C-1)				
DESCRIPCION	TANDA 7 (CEMENTO TIPO IP)	TANDA 8 (CEMENTO TIPO I)	TANDA 13 (CEMENTO TIPO IP)	TANDA 14 (CEMENTO TIPO I)
LOCALIDAD	ABANCAY	ABANCAY	PACHACHACA	PACHACHACA
SLUMP	3.50 pulg	3.00 pulg	3.00 pulg	2.50 pulg
f'c (kg/cm2)	214.88 kg/cm2	351.26 kg/cm2	184.18 kg/cm2	329.84 kg/cm2

Fuente: Elaboración propia

Imagen 26: Análisis comparativo del desarrollo de la resistencia a la compresión en la condición 1 de curado a los 28 días de edad.



Fuente: Elaboración propia

El concreto desarrolla de mejor manera todas sus propiedades en ambientes adecuados, el más importante de ellos es la humedad con la que se mantiene, la condición 2 (C-2) es el curado que normalmente se realiza en obra, echando agua cada cierto tiempo para mantener húmedo y este se desarrolle adecuadamente, pero también se presentan variaciones por el

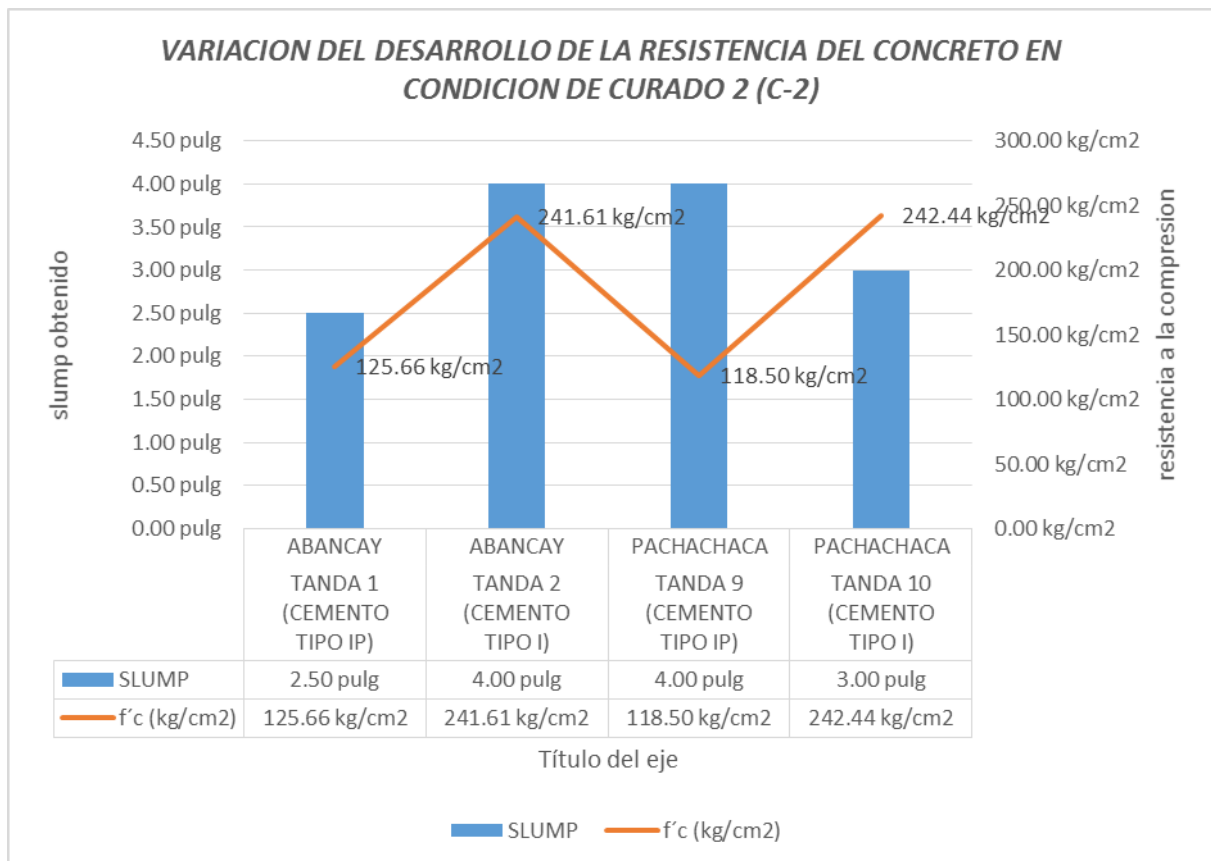
clima de los dos lugares, lo cual sugiere que en la localidad de pachachaca se haga un curado más seguido debido al clima que tiene.

Tabla 41: Variación del desarrollo del concreto en la condición de curado 2 (C-2) a los 7 días en la ciudad de Abancay y la localidad de Pachachaca

CEMENTO PUZOLANICO TIPO IP - CONDICION 2 A LOS 7 DIAS (C-2)				
DESCRIPCION	TANDA 1 (CEMENTO TIPO IP)	TANDA 2 (CEMENTO TIPO I)	TANDA 9 (CEMENTO TIPO IP)	TANDA 10 (CEMENTO TIPO I)
LOCALIDAD	ABANCAY	ABANCAY	PACHACHACA	PACHACHACA
SLUMP	2.50 pulg	4.00 pulg	4.00 pulg	3.00 pulg
f'c (kg/cm2)	125.66 kg/cm2	241.61 kg/cm2	118.50 kg/cm2	242.44 kg/cm2

Fuente: Elaboración propia

Imagen 27: Análisis comparativo del desarrollo de la resistencia a la compresión en la condición 2 de curado a los 7 días de edad.



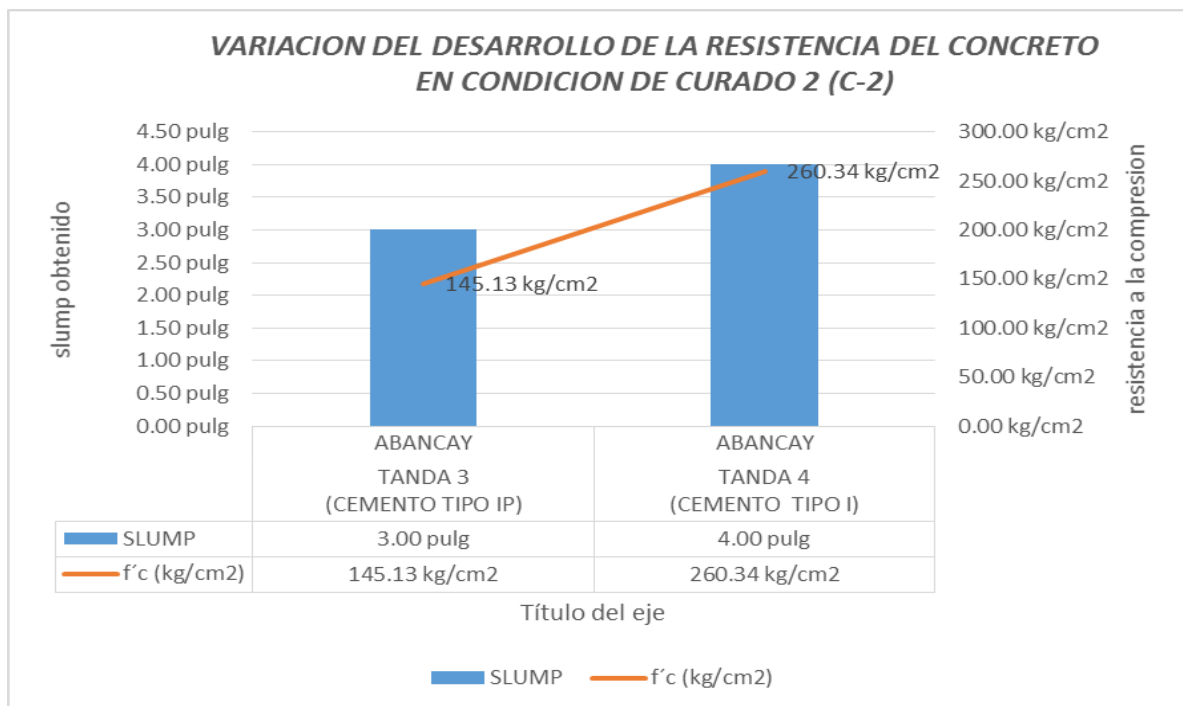
Fuente: Elaboración propia

Tabla 42: Variación del desarrollo del concreto en la condición de curado 2 (C-2) a los 14 días en la ciudad de Abancay y la localidad de Pachachaca

CEMENTO PUZOLANICO TIPO IP - CONDICION 1 A LOS 14 DIAS (C-2)		
DESCRIPCION	TANDA 3 (CEMENTO TIPO IP)	TANDA 4 (CEMENTO TIPO I)
LOCALIDAD	ABANCAY	ABANCAY
SLUMP	3.00 pulg	4.00 pulg
f'c (kg/cm2)	145.13 kg/cm2	260.34 kg/cm2

Fuente: Elaboración propia

Imagen 28: Análisis comparativo del desarrollo de la resistencia a la compresión en la condición 2 de curado a los 14 días de edad.



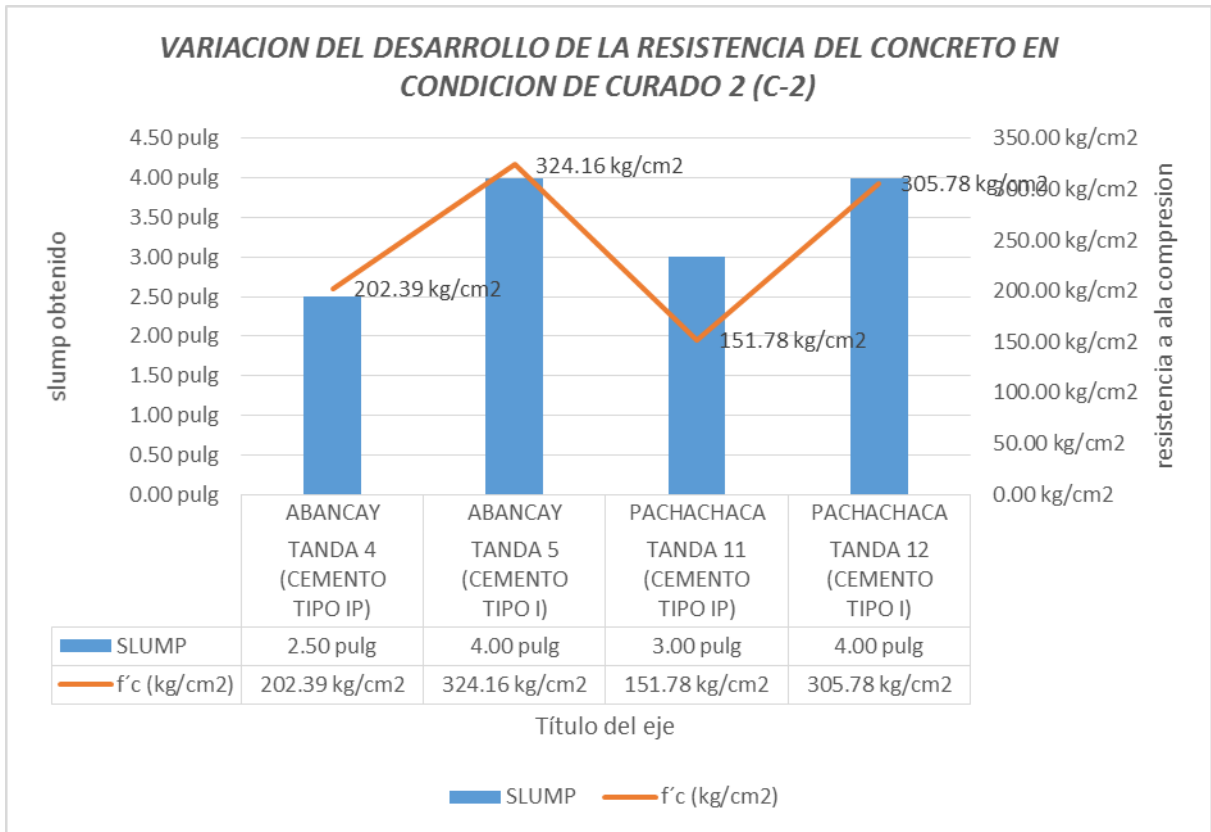
Fuente: Elaboración propia

Tabla 43: Variación del desarrollo del concreto en la condición de curado 2 (C-2) a los 21 días en la ciudad de Abancay y la localidad de Pachachaca

CEMENTO PUZOLANICO TIPO IP - CONDICION 2 A LOS 21 DIAS (C-2)				
DESCRIPCION	TANDA 4 (CEMENTO TIPO IP)	TANDA 5 (CEMENTO TIPO I)	TANDA 11 (CEMENTO TIPO IP)	TANDA 12 (CEMENTO TIPO I)
LOCALIDAD	ABANCAY	ABANCAY	PACHACHACA	PACHACHACA
SLUMP	2.50 pulg	4.00 pulg	3.00 pulg	4.00 pulg
f'c (kg/cm2)	202.39 kg/cm2	324.16 kg/cm2	151.78 kg/cm2	305.78 kg/cm2

Fuente: Elaboración propia

Imagen 29: Análisis comparativo del desarrollo de la resistencia a la compresión en la condición 2 de curado a los 21 días de edad.



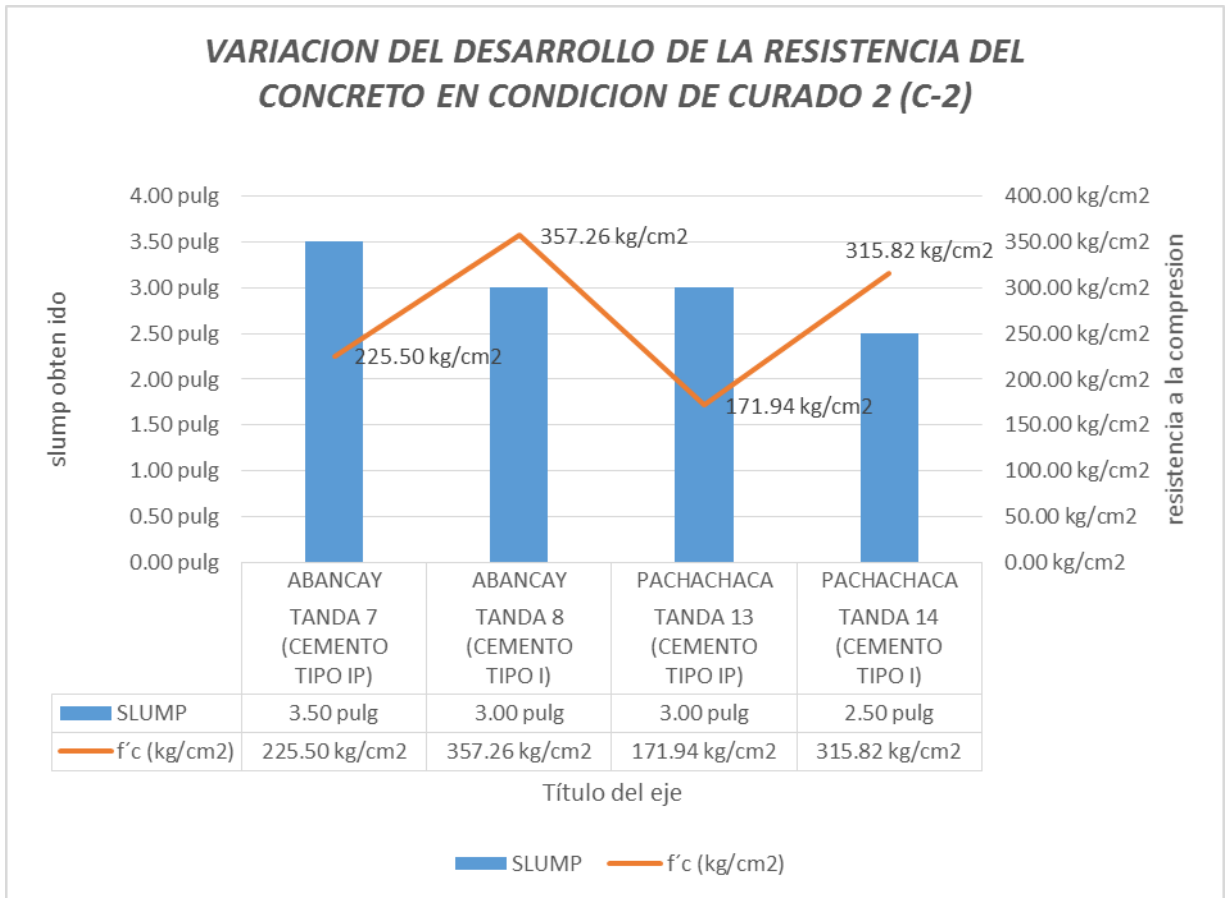
Fuente: Elaboración propia

Tabla 44: Variación del desarrollo del concreto en la condición de curado 2 (C-2) a los 28 días en la ciudad de Abancay y la localidad de Pachachaca

CEMENTO PUZOLANICO TIPO IP - CONDICION 2 A LOS 28 DIAS (C-2)				
DESCRIPCION	TANDA 7 (CEMENTO TIPO IP)	TANDA 8 (CEMENTO TIPO I)	TANDA 13 (CEMENTO TIPO IP)	TANDA 14 (CEMENTO TIPO I)
LOCALIDAD	ABANCAY	ABANCAY	PACHACHACA	PACHACHACA
SLUMP	3.50 pulg	3.00 pulg	3.00 pulg	2.50 pulg
f'c (kg/cm2)	225.50 kg/cm2	357.26 kg/cm2	171.94 kg/cm2	315.82 kg/cm2

Fuente: Elaboración propia

Imagen 30: Análisis comparativo del desarrollo de la resistencia a la compresión en la condición 2 de curado a los 28 días de edad



Fuente: Elaboración propia

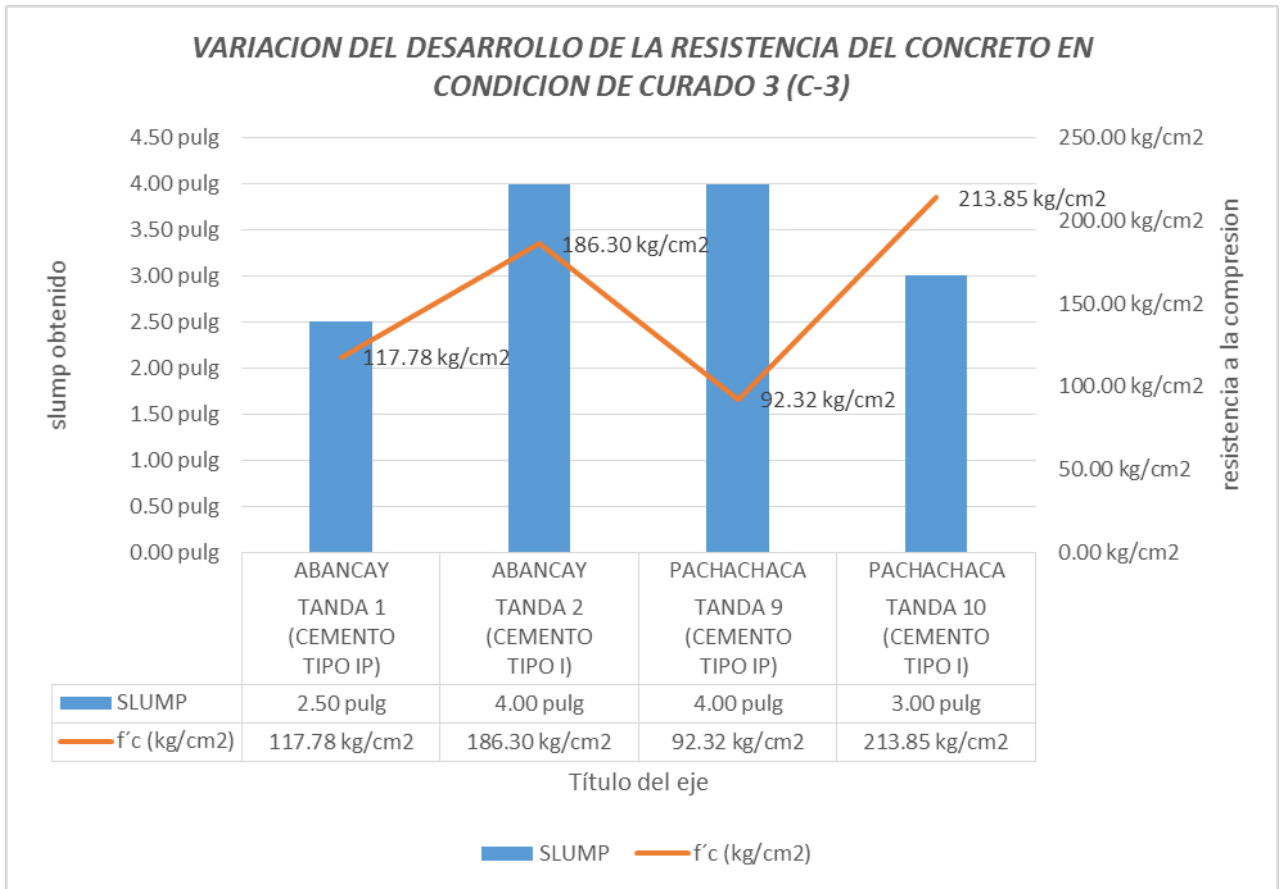
Tabla 45: Variación del desarrollo del concreto en la condición de curado 3 (C-3) a los 7 días en la ciudad de Abancay y la localidad de Pachachaca

CEMENTO PUZOLANICO TIPO IP - CONDICION 3 A LOS 7 DIAS (C-3)				
DESCRIPCION	TANDA 1 (CEMENTO TIPO IP)	TANDA 2 (CEMENTO TIPO I)	TANDA 9 (CEMENTO TIPO IP)	TANDA 10 (CEMENTO TIPO I)
LOCALIDAD	ABANCAY	ABANCAY	PACHACHACA	PACHACHACA
SLUMP	2.50 pulg	4.00 pulg	4.00 pulg	3.00 pulg
f'c (kg/cm2)	117.78 kg/cm2	186.30 kg/cm2	92.32 kg/cm2	213.85 kg/cm2

Fuente: Elaboración propia

La condición de curado 3 (C-3) se mantiene a la intemperie donde está expuesto a las condiciones climáticas tanto en la ciudad de Abancay y la localidad de Pachachaca el cual no se realizó ningún tipo de curado, para después poder apreciar la variación de esta condición con la condición 1 y la condición 2

Imagen 31: Análisis comparativo del desarrollo de la resistencia a la compresión en la condición 3 de curado a los 7 días de edad.



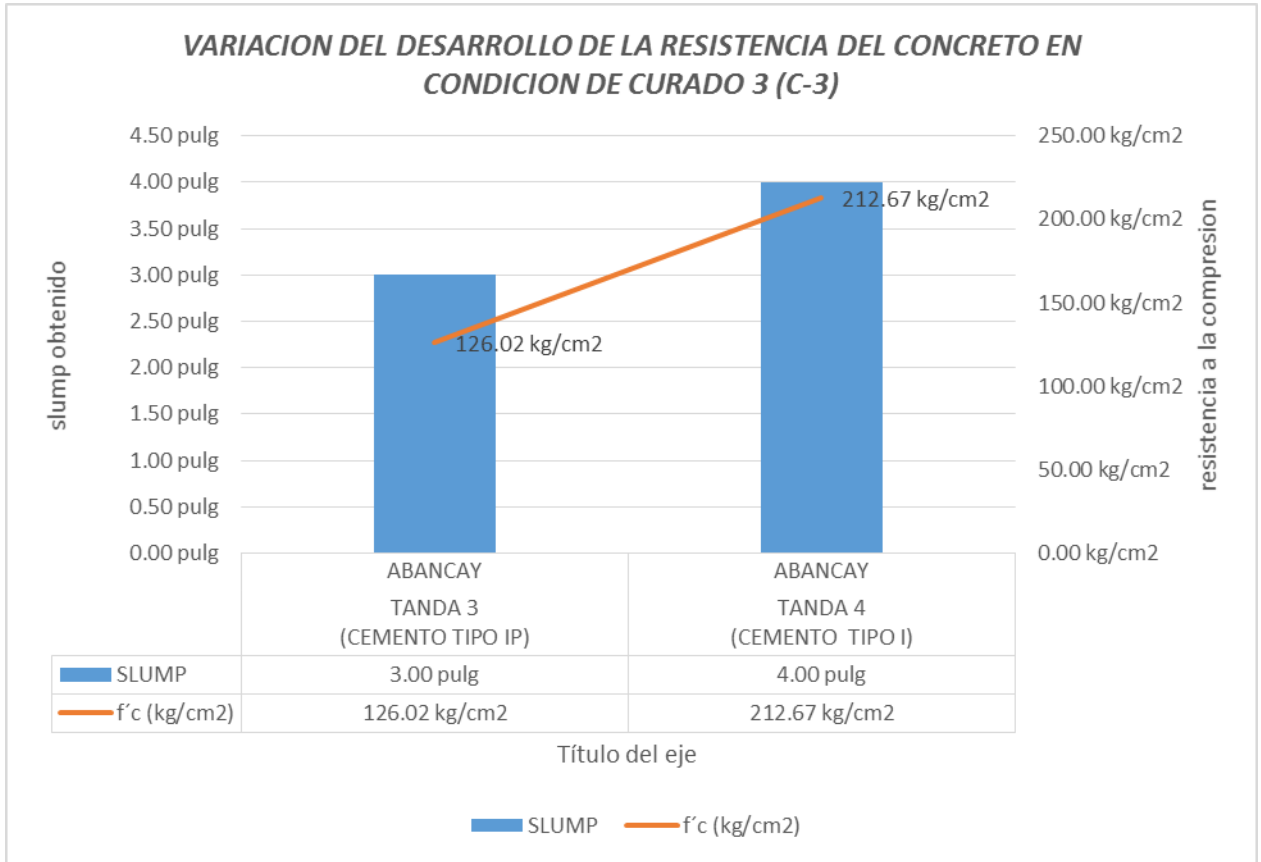
Fuente: Elaboración propia

Tabla 46: Variación del desarrollo del concreto en la condición de curado 3 (C-3) a los 14 días en la ciudad de Abancay y la localidad de Pachachaca

CEMENTO PUZOLANICO TIPO IP - CONDICION 3 A LOS 14 DIAS (C-3)		
DESCRIPCION	TANDA 3 (CEMENTO TIPO IP)	TANDA 4 (CEMENTO TIPO I)
LOCALIDAD	ABANCAY	ABANCAY
SLUMP	<i>3.00 pulg</i>	<i>4.00 pulg</i>
f'c (kg/cm²)	<i>126.02 kg/cm²</i>	<i>212.67 kg/cm²</i>

Fuente: Elaboración propia

Imagen 32: Análisis comparativo del desarrollo de la resistencia a la compresión en la condición 3 de curado a los 14 días de edad.



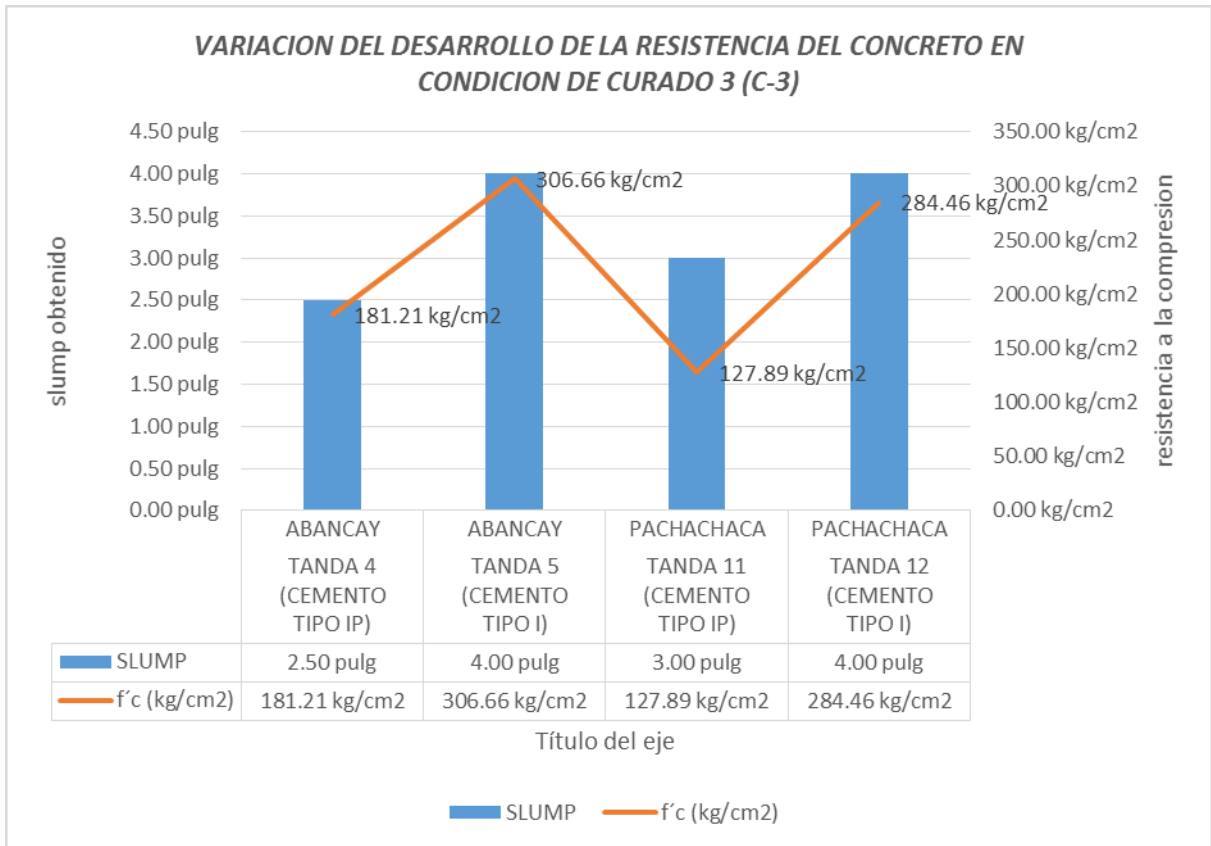
Fuente: Elaboración propia

Tabla 47: Variación del desarrollo del concreto en la condición de curado 3 (C-3) a los 21 días en la ciudad de Abancay y la localidad de Pachachaca

CEMENTO PUZOLANICO TIPO IP - CONDICION 3 A LOS 21 DIAS (C-3)				
DESCRIPCION	TANDA 4 (CEMENTO TIPO IP)	TANDA 5 (CEMENTO TIPO I)	TANDA 11 (CEMENTO TIPO IP)	TANDA 12 (CEMENTO TIPO I)
LOCALIDAD	ABANCAY	ABANCAY	PACHACHACA	PACHACHACA
SLUMP	<i>2.50 pulg</i>	<i>4.00 pulg</i>	<i>3.00 pulg</i>	<i>4.00 pulg</i>
f'c (kg/cm2)	<i>181.21 kg/cm2</i>	<i>306.66 kg/cm2</i>	<i>127.89 kg/cm2</i>	<i>284.46 kg/cm2</i>

Fuente: Elaboración propia

Imagen 33: Análisis comparativo del desarrollo de la resistencia a la compresión en la condición 3 de curado a los 21 días de edad.



Fuente: Elaboración propia

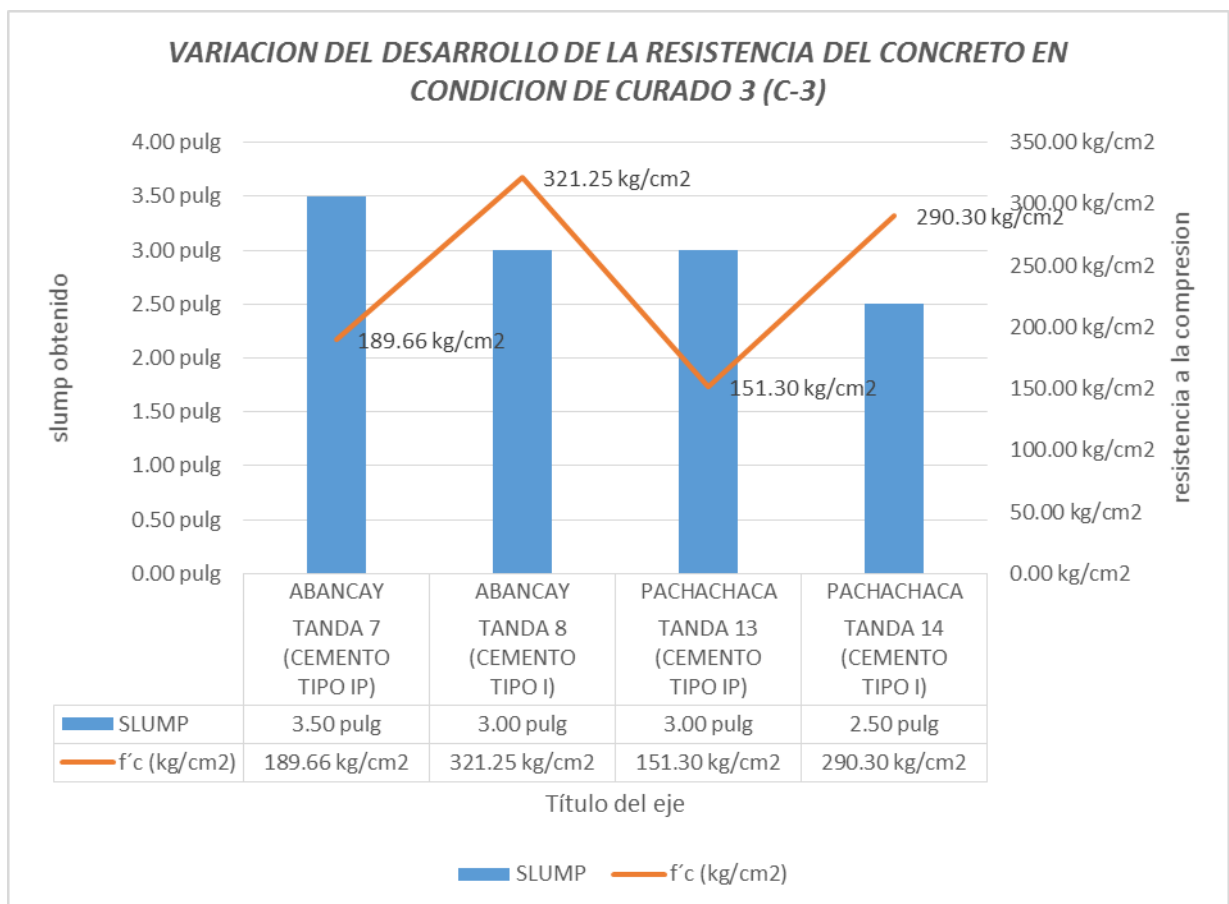
El concreto a los 28 días de edad preparado con cemento puzolánico tipo IP dejado a la intemperie no llega a la resistencia de diseño debido a que este no ha sido hidratado durante todo el tiempo que estuvo expuesto a la intemperie, además de ello cabe mencionar que la temperatura de la localidad de Pachachaca es superior a la ciudad de Abancay es por ello que presenta variaciones pese a que durante la elaboración de los moldes de concreto se hizo de forma estándar (mismas condiciones de preparado)

Tabla 48: Variación del desarrollo del concreto en la condición de curado 3 (C-3) a los 28 días en la ciudad de Abancay y la localidad de Pachachaca.

CEMENTO PUZOLANICO TIPO IP - CONDICION 3 A LOS 28 DIAS (C-3)				
DESCRIPCION	TANDA 7 (CEMENTO TIPO IP)	TANDA 8 (CEMENTO TIPO I)	TANDA 13 (CEMENTO TIPO IP)	TANDA 14 (CEMENTO TIPO I)
LOCALIDAD	ABANCAY	ABANCAY	PACHACHACA	PACHACHACA
SLUMP	3.50 pulg	3.00 pulg	3.00 pulg	2.50 pulg
f'c (kg/cm²)	189.66 kg/cm ²	321.25 kg/cm ²	151.30 kg/cm ²	290.30 kg/cm ²

Fuente: Elaboración propia

Imagen 34: Análisis comparativo del desarrollo de la resistencia a la compresión en la condición 3 de curado a los 28 días de edad.



Fuente: Elaboración propia

7.1.5 ENVIÓ DE TESTIGOS AL LABORATORIO.

- Si se envía probetas a un laboratorio, estas no pueden ser transportadas por más de 4 horas.
- Los cilindros deben ser amortiguados duramente en el transporte y manipulados con cuidado en todo momento.

- Los rodamientos y choques en la parte trasera de una camioneta puede ocasionar más de un 7% de pérdida de la resistencia.

7.2 EVALUACIÓN DE RESULTADOS DE LAS PRUEBAS A COMPRESIÓN

7.2.1 ENSAYOS EN CONCRETO ENDURECIDO

El concreto endurecido ya está en etapa donde la hidratación ha alcanzado un grado tal que la pasta de cemento y agregado es capaz de mantener unidos entre si permanentemente, esto se pone en evidencia al presenciar el cambio físico del estado fresco a un estado endurecido, siendo el estado donde se puede ensayar a la compresión axial de las cilindros de concreto.

El concreto durante su periodo de fraguado alcanza a una resistencia de diseño a los 28 días de su elaboración, tomándose el control de la evolución de la resistencia de los cilindros de concreto en diferentes edades para tener un control adecuado y las variaciones respectivas según las condiciones presentadas en la investigación presentada.

7.2.2 RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

Norma utilizada: NTP 339.034

La calidad del concreto generalmente se establece por su resistencia a la compresión, debido a las funciones estructurales estáticas y dinámicas que cumple este material al soportar cargas y esfuerzos.

La resistencia se ve influenciada mediante el tiempo de curado inicial, el tamaño de la probeta, la velocidad de carga , la esbeltez de la probeta, el estado de humedad y el correcto uso del capi, para nivelar las superficies que estarán en contacto con la prensa hidráulica.

Los resultados de los ensayos de las probetas a compresión son utilizadas entre otros casos para:

- El control de calidad para la aceptación del concreto en las estructuras vaciadas.

- Estimar la resistencia del concreto en edades tempranas para la programación de las operaciones de construcción, tales como el desencofrado o la puesta en servicio de la estructura.
- Evaluar la protección suministrada a la estructura.

Cuando se estudian los procedimientos para dosificar mezclas de concreto, se recomienda hacer mezclas de prueba, con el fin de determinar las proporciones del concreto que cumplan con las características deseadas, para ser empleado en la construcción. Sin embargo, esto no significa, que el concreto hecho en la obra o en la planta vaya a tener una resistencia uniforme e igual a la determinada con base en las mezclas de prueba.

Lo anterior se debe a que el concreto es un material esencialmente heterogéneo, porque sus componentes tienen características que no son constantes. No sólo son los materiales los causantes de las variaciones en la calidad del concreto; también influye la forma de mezclarlo, su transporte y colocación, la compactación a que se someta y el curado que se le proporcione.

Por las razones anteriores, es necesario tomar las precauciones adecuadas para que la calidad del material producido, sea aceptable. La medida final que informa sobre la calidad obtenida, es la que resulta de los ensayos de resistencia. Aquí surge otra variable, pues la forma de hacer los ensayos y la precisión de la máquina que se use, van a influir en los resultados.

La resistencia de un concreto, normalmente aumenta con la edad. Dicho aumento se produce muy rápidamente durante los primeros días posteriores a su preparación, resultando más gradual al transcurrir el tiempo, aún continuará incrementándose en una proporción más reducida durante un período de tiempo indefinido. La resistencia a compresión de un concreto a los 28 días, determinada de acuerdo con los ensayos normalizados y suponiendo que haya sido curado en forma correcta, se emplea generalmente como índice de calidad del mismo. El mejor método para obtener un criterio sobre calidad, debido a la dispersión de los resultados, es el derivado de consideraciones estadísticas.

Generalmente el diseñador de estructuras, especifica en la memoria de cálculos y en los planos una resistencia a la compresión del concreto ($F'c$), la cual utilizó como base para calcular el dimensionamiento y el refuerzo de los diferentes elementos de una obra, esto aplicamos de una forma para la investigación realizando un diseño de un concreto para $F'c=210\text{kg/cm}^2$ para ambos tipos de cementos empleados y en ambos climas para su evaluación

En el desarrollo de ejecución de obras donde impliquen la utilización de concreto en el fin de cumplir la problemática del proyecto ejecutado, en la elaboración de del concreto el diseño de concreto es importante para garantizar el desempeño y propiedades de esta en su participación del proyecto en ejecución, dando el principal requisito es el diseño de mezcla donde el proyectista elabora una propuesta de la canteras cercanas o sugeridas, pero sin embargo se tiene un factor de seguridad $F'cr$ que nos garantice que el diseño llegue a la resistencia especificada, porque durante la ejecución tenemos variables que afectan al diseño propuesto, el control de la dosificación, la mezcla, el transporte, colocación, compactación y curado del concreto pueden alterar a ese diseño, siendo las variables que difícilmente podemos predecir en la propuesta de diseño de mezcla, siendo el caso de la investigación se usó el mismo criterio para los diseños de mezcla usando ese $F'cr$ para los diseños.

En la práctica resulta antieconómico indicar una resistencia mínima $F'c$ en el diseño; puesta que de acuerdo al análisis estadístico, siempre existe la posibilidad de obtener algunos valores más bajos

Para el estudio se realizó las pruebas de compresión según la norma Ensayo de resistencia a la compresión (NTP 339.034 - ASTM C 39), las roturas se realizan según las condiciones y edades respectivas de su control.

El ensayo de compresión determina el esfuerzo del espécimen cilíndrico, se calcula dividiendo la máxima carga obtenida durante el ensayo por el área de la cara axial del espécimen.

La máquina de ensayo en la cual se realizó las pruebas del espécimen fue en el laboratorio de suelos y concreto GEOLEF, que para

garantizarnos el resultado de la resistencia alcanzada de los especímenes cilíndricos de concreto tuvo una calibración según la norma ASTM E4.

Los especímenes cilíndricos se elaboraron en moldes metálicos para garantizar su uniformidad entre las condiciones y el tipo de cemento preparado, posteriormente el desmolde de los especímenes de cilíndricos de concreto se realizó después de 24 horas de su elaboración, para no romper la continuidad del fraguado inicial que tiene cada concreto.

Cada espécimen de concreto fue verificado en cuanto a su acabado, textura, diámetro de las bases, también se verificó el eje axial perpendicular y los extremos de los planos del espécimen cilíndrico de concreto, que según la norma ASTM C39 no deben dispersar más de 0.5° (1 mm en 100mm).

Para los diámetros se dimensiona en ángulo recto, según norma si algún espécimen cilíndrico de concreto difieren en más de 2% se tienen que descartar, para esto en el proceso de elaboración se tuvo cuidado en dejar un acabado nivelado en la base para evitar este problema, pero sin embargo para una mayor uniformidad de la carga axial aplicada en los espécimen cilíndricos se realiza un pulido, esmerilado o capeado en los espécimen cilíndricos de concreto en los extremos o base planos de unos 0.05 mm según la norma ASTM C617 o ASTM C1231

La medición de la longitud del espécimen de concreto cilíndrico se realiza con una precisión de 1 mm en tres lugares espaciados alrededor de la circunferencia, la determinación de la densidad es requerida si la relación de $L/R < 1.8$ o $L/R > 2.2$.

Para realizar el ensayo de compresión se debe realizar tan pronto haya sido retirado el espécimen cilíndrico de concreto del pozo de curado conservando sus condiciones de humedad.

Tabla 49: Tolerancia permisible del ensayo “resistencia a la compresión”

EDAD	TOLERANCIA PERSIBLE DE TIEMPO DE ENSAYO
24 HORAS	+/- 0.5 h o 2.1 %
3 Días	2h o 2.8 %
7 Días	6h o 3.6 %
28 Días	20h o 3.0 %
90 Días	2 días o 2.2%

Fuente: ASTM 1231

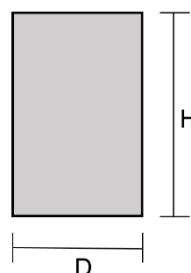
En la investigación como se tiene tres diferentes condiciones de curados para los especímenes cilíndricos de concreto, especímenes curado sumergido completamente durante su fraguado, curado durante 7 días iniciales de fraguado (según la norma E-060) y los especímenes que se encontraran a condiciones de intemperie; para cumplir los parámetros de la norma ASTM C-39 los espécimen sumergidos se retiraron del pozo de curado en horas de la mañana para mejorar la adherencia del capeado de los especímenes, así solo estarían dentro de la tolerancia que nos da la norma ASTM C-39.

Para el realizado de capeado de los especímenes cilíndricos de concreto se aplicó la norma ASTM C617, INTE-06-01-03.

Las pruebas a los 7, 14, 21 y 28 días pueden ayudar a detectar problemas potenciales relacionados con la calidad del concreto o con los procedimientos de las pruebas en el laboratorio pero no constituye el criterio para rechazar el concreto.

$$f'c \left(\frac{kg}{cm^2} \right) = \frac{F (kg)}{A (cm^2)}$$

$$A (cm^2) = \frac{\pi \cdot D^2}{4}$$



La resistencia a la compresión es conforme si:

- Cada promedio aritmético de tres ensayos de resistencia consecutivos a 28 días será mayor o igual a $f'c$
- Ningún ensayo individual de resistencia será menor que $f'c$ en más de 35kg/cm^2 cuando $f'c$ es 350kg/cm^2 o menor
- Ningún ensayo individual de resistencia será menor que $f'c$ en más de $0.10f'c$ cuando $f'c$ es mayor que 350kg/cm^2

7.2.3 NORMA DE PROCEDIMIENTOS DE CORONAMIENTO CAPPING REFERENCIA: ASTM C617, INTE-06-01-03

a. Alcance

Este ensayo cubre los aparatos, materiales y procedimientos de coronamiento con cemento puro para cilindros recién moldeados y con yeso-cemento de alta resistencia o mortero de azufre para cilindros de concreto endurecido.

b. Importancia y aplicación

Este procedimiento permite brindar superficies planas en los extremos de cilindros moldeados de concreto fresco, cilindros endurecidos o extraídos, cuando no cumplan con los requerimientos de planicidad y perpendicularidad.

c. Espécimen de ensayo

El espécimen de ensayo es un cilindro de concreto recién moldeado o endurecido. Los tamaños del cilindro estándar son de 150×300 mm o 100×200 mm. Para núcleos extraídos, el tamaño del cilindro puede ser variable.

d. Resumen procedimiento

El procedimiento se puede realizar sobre especímenes recién moldeados con cemento Portland puro. Se coloca una capa de pasta en la parte superior y se presiona con una placa que garantice la planicidad de la capa colocada. Para especímenes endurecidos, se colocan en una placa que garantice la planicidad y que permita alinear el espécimen, se coloca una capa de mortero de azufre o cemento con yeso de alta

resistencia y se alinea el espécimen. Se debe revisar la planicidad y perpendicularidad del espécimen.

e. Requerimientos para solicitudes

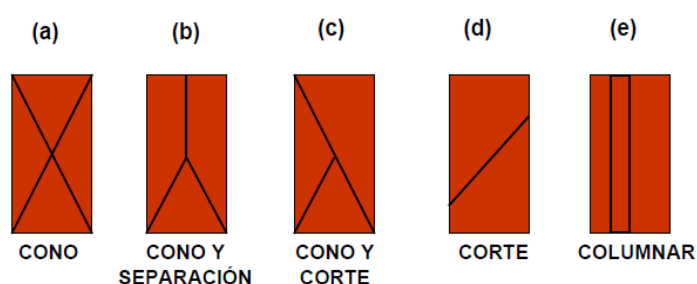
Este ensayo se realiza cuando se solicita el ensayo de la resistencia a la compresión con coronamiento.

Se emplean moldes cilíndricos de 15 cm de diámetro por 30 cm de longitud. Para cada edad se deben ensayar como mínimo 2 cilindros y trabajar con el valor promedio. Se deben aceitar las paredes del molde; al llenar éste se debe lograr una buena compactación, la cual puede realizarse con varilla (método apisonado) si el asentamiento es mayor a 7,5 cm o con vibrador (método vibrado) si el asentamiento es menor a 2,5 cm, para asentamientos entre 2,5 y 7,5 cm puede usarse varilla.

f. Los tipos de fallas

Se tiene las siguientes fallas que presentan los especímenes cilíndricos de concreto sometidos a una carga axial en la máquina de compresión, para la evaluación se presenta el cuadro donde se aprecia 5 tipos de fallas y descritas cada una.

Imagen 35: Diagrama esquemático de los patrones típicos de fractura



Fuente: ASTM C 39

7.2.4 RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE COMPRESIÓN DE LOS ESPECÍMENES CILÍNDRICOS DE CONCRETO.

Los espécimen cilíndricos de concreto de este tipo de cemento se colocaron en tres condiciones que se describieron en capítulos anteriores, que son C-1, C-2 y C-3, los espécimen ensayados se elaboran en una sola tanda y por lo tanto para este ensayo también se

realizara en una sola tanda, esto quiere decir que el ensayo se llevó a cabo el mismo día para las tres condiciones así podemos comparar y apreciar las variaciones que presentan durante el desarrollo de la resistencia

Para las roturas se realizó 3 especímenes cilíndricos de concreto de 15 cm diámetro x 30 cm de altura, que están presente en las normas mencionadas, esto para cada condición y así obtener un promedio y evaluar cada condición, siendo tres las condiciones presentadas para el estudio se elaboró los especímenes en una tanda de 9 especímenes por día así obteniendo 3 especímenes para colocar en cada condición.

Los ensayos a compresión de los especímenes cilíndricos de concreto se obtiene datos sobre la resistencia en Kg que llegan a resistir en sus respectivas edades, también poder apreciar el tipo de falla que presentan cada una de ellas.

El concreto es un material heterogéneo y lo podemos apreciar por la variedad e fallas que presentan en las siguientes tablas donde podemos apreciar el rotulado de cada uno de ellos el cemento el cual se usó, la edad, la resistencia que alcanza y el tipo de falla, cada tabla muestra los resultados de las pruebas a compresión de cada edad siendo estas elaboradas en una sola tanda y colocados bajo las tres condiciones que en la investigación se propuso.

Tabla 50: Resultados de resistencia alcanzada por tanda condición y edad – cemento puzolánico tipo IP-clima Abancay

CONDICION	CEMENTO	FECHA DE ELABORACION	EDAD	RESISTENCIA (Kg)	FALLA
C-1	YURA - PUZOLANICO IP	09/05/2017	7	28650.00 Kg	CORTE
C-1	YURA - PUZOLANICO IP	09/05/2017	7	28030.00 Kg	CONO Y CORTE
C-1	YURA - PUZOLANICO IP	09/05/2017	7	29765.00 Kg	CORTE
C-2	YURA - PUZOLANICO IP	09/05/2017	7	21770.00 Kg	CORTE
C-2	YURA - PUZOLANICO IP	09/05/2017	7	22795.00 Kg	CONO Y CORTE
C-2	YURA - PUZOLANICO IP	09/05/2017	7	22055.00 Kg	CORTE
C-3	YURA - PUZOLANICO IP	09/05/2017	7	19950.00 Kg	CONO Y CORTE
C-3	YURA - PUZOLANICO IP	09/05/2017	7	21660.00 Kg	CONO Y SEPARACION
C-3	YURA - PUZOLANICO IP	09/05/2017	7	20830.00 Kg	CONO Y CORTE

Fuente: Elaboración propia

Tabla 51: Resultados de resistencia alcanzada por tanda condición y edad – cemento puzolánico tipo IP-clima Abancay

CONDICION	CEMENTO	FECHA DE ELABORACION	EDAD	RESISTENCIA (Kg)	FALLA
C-1	YURA - PUZOLANICO IP	11/05/2017	14	29165.00 Kg	CONO
C-1	YURA - PUZOLANICO IP	11/05/2017	14	30125.00 Kg	CONO Y CORTE
C-1	YURA - PUZOLANICO IP	11/05/2017	14	27830.00 Kg	CORTE
C-2	YURA - PUZOLANICO IP	11/05/2017	14	24560.00 Kg	CORTE
C-2	YURA - PUZOLANICO IP	11/05/2017	14	25975.00 Kg	CONO Y CORTE
C-2	YURA - PUZOLANICO IP	11/05/2017	14	26405.00 Kg	CORTE
C-3	YURA - PUZOLANICO IP	11/05/2017	14	22530.00 Kg	CORTE
C-3	YURA - PUZOLANICO IP	11/05/2017	14	21955.00 Kg	CONO Y SEPARACION
C-3	YURA - PUZOLANICO IP	11/05/2017	14	22325.00 Kg	CONO Y CORTE

Fuente: Elaboración propia

Tabla 52: Resultados de resistencia alcanzada por tanda condición y edad – cemento puzolánico tipo IP-clima Abancay

CONDICION	CEMENTO	FECHA DE ELABORACION	EDAD	RESISTENCIA (Kg)	FALLA
C-1	YURA - PUZOLANICO IP	13/05/2017	21	37550.00 Kg	COLUMNAR
C-1	YURA - PUZOLANICO IP	13/05/2017	21	38145.00 Kg	CORTE
C-1	YURA - PUZOLANICO IP	13/05/2017	21	38220.00 Kg	CORTE
C-2	YURA - PUZOLANICO IP	13/05/2017	21	33520.00 Kg	CONOY CORTE
C-2	YURA - PUZOLANICO IP	13/05/2017	21	37325.00 Kg	COLUMNAR
C-2	YURA - PUZOLANICO IP	13/05/2017	21	36450.00 Kg	CORTE
C-3	YURA - PUZOLANICO IP	13/05/2017	21	31265.00 Kg	CONO Y SEPARACION
C-3	YURA - PUZOLANICO IP	13/05/2017	21	32850.00 Kg	COLUMNAR
C-3	YURA - PUZOLANICO IP	13/05/2017	21	31950.00 Kg	CORTE

Fuente: Elaboración propia

Tabla 53: Resultados de resistencia alcanzada por tanda condición y edad – cemento puzolánico tipo IP-clima Abancay

CONDICION	CEMENTO	FECHA DE ELABORACION	EDAD	RESISTENCIA (Kg)	FALLA
C-1	YURA - PUZOLANICO IP	16/05/2017	28	42515.00 Kg	CORTE
C-1	YURA - PUZOLANICO IP	16/05/2017	28	39770.00 Kg	COLUMNAR
C-1	YURA - PUZOLANICO IP	16/05/2017	28	40055.00 Kg	CORTE
C-2	YURA - PUZOLANICO IP	16/05/2017	28	40055.00 Kg	CONO Y SEPARACION
C-2	YURA - PUZOLANICO IP	16/05/2017	28	38475.00 Kg	CORTE
C-2	YURA - PUZOLANICO IP	16/05/2017	28	39425.00 Kg	CORTE
C-3	YURA - PUZOLANICO IP	16/05/2017	28	33900.00 Kg	CONO Y SEPARACION
C-3	YURA - PUZOLANICO IP	16/05/2017	28	33820.00 Kg	CORTE
C-3	YURA - PUZOLANICO IP	16/05/2017	28	32825.00 Kg	CORTE

Fuente: Elaboración propia

Tabla 54: Resultados de resistencia alcanzada por tanda condición y edad – cemento portland tipo I – clima Abancay

CONDICION	CEMENTO	FECHA DE ELABORACION	EDAD	RESISTENCIA (Kg)	FALLA
C-1	SOL - PORTLAND TIPO I	10/05/2017	7	50390.00 Kg	CORTE
C-1	SOL - PORTLAND TIPO I	10/05/2017	7	50240.00 Kg	CORTE
C-1	SOL - PORTLAND TIPO I	10/05/2017	7	49425.00 Kg	CORTE
C-2	SOL - PORTLAND TIPO I	10/05/2017	7	42305.00 Kg	CONO Y CORTE
C-2	SOL - PORTLAND TIPO I	10/05/2017	7	42560.00 Kg	CORTE
C-2	SOL - PORTLAND TIPO I	10/05/2017	7	43225.00 Kg	CONO Y CORTE
C-3	SOL - PORTLAND TIPO I	10/05/2017	7	32595.00 Kg	CORTE
C-3	SOL - PORTLAND TIPO I	10/05/2017	7	31520.00 Kg	CORTE
C-3	SOL - PORTLAND TIPO I	10/05/2017	7	34650.00 Kg	CONO

Fuente: Elaboración propia

Tabla 55: Resultados de resistencia alcanzada por tanda condición y edad – cemento portland tipo I – clima Abancay

CONDICION	CEMENTO	FECHA DE ELABORACION	EDAD	RESISTENCIA (Kg)	FALLA
C-1	SOL - PORTLAND TIPO I	12/05/2017	14	52990.00 Kg	CORTE
C-1	SOL - PORTLAND TIPO I	12/05/2017	14	52750.00 Kg	CONO Y CORTE
C-1	SOL - PORTLAND TIPO I	12/05/2017	14	52950.00 Kg	CONO Y CORTE
C-2	SOL - PORTLAND TIPO I	12/05/2017	14	45750.00 Kg	CONO Y CORTE
C-2	SOL - PORTLAND TIPO I	12/05/2017	14	46240.00 Kg	COLUMNAR
C-2	SOL - PORTLAND TIPO I	12/05/2017	14	46030.00 Kg	CORTE
C-3	SOL - PORTLAND TIPO I	12/05/2017	14	37650.00 Kg	CONO Y CORTE
C-3	SOL - PORTLAND TIPO I	12/05/2017	14	36630.00 Kg	CORTE
C-3	SOL - PORTLAND TIPO I	12/05/2017	14	38465.00 Kg	CORTE

Fuente: Elaboración propia

Tabla 56: Resultados de resistencia alcanzada por tanda condición y edad – cemento portland tipo I – clima Abancay

CONDICION	CEMENTO	FECHA DE ELABORACION	EDAD	RESISTENCIA (Kg)	FALLA
C-1	SOL - PORTLAND TIPO I	15/05/2017	21	60570.00 Kg	CORTE
C-1	SOL - PORTLAND TIPO I	15/05/2017	21	64120.00 Kg	CONO Y CORTE
C-1	SOL - PORTLAND TIPO I	15/05/2017	21	61530.00 Kg	CORTE
C-2	SOL - PORTLAND TIPO I	15/05/2017	21	58120.00 Kg	CORTE
C-2	SOL - PORTLAND TIPO I	15/05/2017	21	55780.00 Kg	CONO Y CORTE
C-2	SOL - PORTLAND TIPO I	15/05/2017	21	57950.00 Kg	CONO Y SEPARACION
C-3	SOL - PORTLAND TIPO I	15/05/2017	21	51520.00 Kg	CONO
C-3	SOL - PORTLAND TIPO I	15/05/2017	21	55625.00 Kg	CORTE
C-3	SOL - PORTLAND TIPO I	15/05/2017	21	55430.00 Kg	CORTE

Fuente: Elaboración propia

Tabla 57: Resultados de resistencia alcanzada por tanda condición y edad – cemento portland tipo I – clima Abancay

CONDICION	CEMENTO	FECHA DE ELABORACION	EDAD	RESISTENCIA (Kg)	FALLA
C-1	SOL - PORTLAND TIPO I	17/05/2017	28	68750.00 Kg	CORTE
C-1	SOL - PORTLAND TIPO I	17/05/2017	28	69930.00 Kg	CORTE
C-1	SOL - PORTLAND TIPO I	17/05/2017	28	66975.00 Kg	CONO Y CORTE
C-2	SOL - PORTLAND TIPO I	17/05/2017	28	63125.00 Kg	CONO
C-2	SOL - PORTLAND TIPO I	17/05/2017	28	62745.00 Kg	CORTE
C-2	SOL - PORTLAND TIPO I	17/05/2017	28	63530.00 Kg	COLUMNAR
C-3	SOL - PORTLAND TIPO I	17/05/2017	28	59985.00 Kg	CORTE
C-3	SOL - PORTLAND TIPO I	17/05/2017	28	53475.00 Kg	CONO Y CORTE
C-3	SOL - PORTLAND TIPO I	17/05/2017	28	56850.00 Kg	CONO Y SEPARACION

Fuente: Elaboración propia

Tabla 58: Resultados de resistencia alcanzada por tanda condición y edad – cemento puzolanico tipo IP – clima Pachachaca

CONDICION	CEMENTO	FECHA DE ELABORACION	EDAD	RESISTENCIA (Kg)	FALLA
C-1	YURA - PUZOLANICO IP	18/05/2017	7	23540.00 Kg	CORTE
C-1	YURA - PUZOLANICO IP	18/05/2017	7	22755.00 Kg	CONO Y CORTE
C-2	YURA - PUZOLANICO IP	18/05/2017	7	20865.00 Kg	CORTE
C-2	YURA - PUZOLANICO IP	18/05/2017	7	21015.00 Kg	CORTE
C-3	YURA - PUZOLANICO IP	18/05/2017	7	16925.00 Kg	COLUMNAR
C-3	YURA - PUZOLANICO IP	18/05/2017	7	15705.00 Kg	CORTE

Fuente: Elaboración propia

Tabla 59: Resultados de resistencia alcanzada por tanda condición y edad – cemento puzolanico tipo IP – clima Pachachaca

CONDICION	CEMENTO	FECHA DE ELABORACION	EDAD	RESISTENCIA (Kg)	FALLA
C-1	YURA - PUZOLANICO IP	20/05/2017	21	32345.00 Kg	CORTE
C-1	YURA - PUZOLANICO IP	20/05/2017	21	32750.00 Kg	CONO Y CORTE
C-2	YURA - PUZOLANICO IP	20/05/2017	21	26525.00 Kg	COLUMNAR
C-2	YURA - PUZOLANICO IP	20/05/2017	21	27120.00 Kg	CORTE
C-3	YURA - PUZOLANICO IP	20/05/2017	21	22450.00 Kg	CORTE
C-3	YURA - PUZOLANICO IP	20/05/2017	21	22750.00 Kg	COLUMNAR

Fuente: Elaboración propia

Tabla 60: Resultados de resistencia alcanzada por tanda condición y edad – cemento puzolanico tipo IP – clima Pachachaca

CONDICION	CEMENTO	FECHA DE ELABORACION	EDAD	RESISTENCIA (Kg)	FALLA
C-1	YURA - PUZOLANICO IP	23/05/2017	28	36050.00 Kg	CORTE
C-1	YURA - PUZOLANICO IP	23/05/2017	28	36350.00 Kg	CORTE
C-2	YURA - PUZOLANICO IP	23/05/2017	28	30815.00 Kg	CORTE
C-2	YURA - PUZOLANICO IP	23/05/2017	28	29955.00 Kg	CORTE
C-3	YURA - PUZOLANICO IP	23/05/2017	28	26470.00 Kg	CORTE
C-3	YURA - PUZOLANICO IP	23/05/2017	28	27005.00 Kg	CORTE

Fuente: Elaboración propia

Tabla 61: Resultados de resistencia alcanzada por tanda condición y edad – cemento portland tipo I – clima Pachachaca

CONDICION	CEMENTO	FECHA DE ELABORACION	EDAD	RESISTENCIA (Kg)	FALLA
C-1	SOL - PORTLAND TIPO I	19/05/2017	7	47565.00 Kg	CONO Y CORTE
C-1	SOL - PORTLAND TIPO I	19/05/2017	7	46955.00 Kg	CORTE
C-2	SOL - PORTLAND TIPO I	19/05/2017	7	42560.00 Kg	COLUMNAR
C-2	SOL - PORTLAND TIPO I	19/05/2017	7	43125.00 Kg	CORTE
C-3	SOL - PORTLAND TIPO I	19/05/2017	7	37430.00 Kg	COLUMNAR
C-3	SOL - PORTLAND TIPO I	19/05/2017	7	38150.00 Kg	CORTE

Fuente: Elaboración propia

Tabla 62: Resultados de resistencia alcanzada por tanda condición y edad – cemento portland tipo I – clima Pachachaca

CONDICION	CEMENTO	FECHA DE ELABORACION	EDAD	RESISTENCIA (Kg)	FALLA
C-1	SOL - PORTLAND TIPO I	22/05/2017	21	58620.00 Kg	CORTE
C-1	SOL - PORTLAND TIPO I	22/05/2017	21	57955.00 Kg	CORTE
C-2	SOL - PORTLAND TIPO I	22/05/2017	21	53950.00 Kg	CONO Y CORTE
C-2	SOL - PORTLAND TIPO I	22/05/2017	21	54120.00 Kg	CORTE
C-3	SOL - PORTLAND TIPO I	22/05/2017	21	50550.00 Kg	CONO Y CORTE
C-3	SOL - PORTLAND TIPO I	22/05/2017	21	49985.00 Kg	CONO Y CORTE

Fuente: Elaboración propia

Tabla 63: Resultados de resistencia alcanzada por tanda condición y edad – cemento portland tipo I – clima Pachachaca

CONDICION	CEMENTO	FECHA DE ELABORACION	EDAD	RESISTENCIA (Kg)	FALLA
C-1	SOL - PORTLAND TIPO I	24/05/2017	28	63120.00 Kg	CORTE
C-1	SOL - PORTLAND TIPO I	24/05/2017	28	63350.00 Kg	CORTE
C-2	SOL - PORTLAND TIPO I	24/05/2017	28	56155.00 Kg	CORTE
C-2	SOL - PORTLAND TIPO I	24/05/2017	28	55465.00 Kg	CORTE
C-3	SOL - PORTLAND TIPO I	24/05/2017	28	50350.00 Kg	CONO Y CORTE
C-3	SOL - PORTLAND TIPO I	24/05/2017	28	52250.00 Kg	CONO Y CORTE

Fuente: Elaboración propia

Las tablas anteriores nos muestran los resultados obtenidos en el ensayo de compresión axial y el tipo de falla que presentaron y lo más importante la resistencia que alcanzaron cada una de ellas.

Como el diseño de concreto se realiza $F'c$ kg/cm² tenemos que calcular esos datos obtenidos que muestran en la tabla anterior dividiendo el resultado entre el área de contacto del espécimen de concreto, a continuación podemos apreciar en la siguiente tabla las resistencias en Kg/cm que llegaron cada espécimen en sus diferentes edades y condiciones para el este tipo de cemento

Sabemos que el concreto no es totalmente heterogéneo por diversos factores que influyen en su elaboración, por lo tanto como se realiza un estudio de investigación cuantitativo, se requiere saber cuál es el valor promedio de los resultados que se obtuvieron, para esto se hace un cálculo del promedio.

Tabla 64: Resistencia por edades y con sus respectivos promedios según condición clima Abancay.

CEMENTO: YURA		AREA DE BRIQUETA		176.71 cm ²				
	7 DIAS		14 DIAS		21 DIAS		28 DIAS	
CONDICION	PRESION	PROMEDIO	PRESION	PROMEDIO	PRESION	PROMEDIO	PRESION	PROMEDIO
C-1	162.13 Kg/cm ²	163.53	165.04 Kg/cm ²	164.33 Kg/cm ²	212.49 Kg/cm ²	214.88 Kg/cm ²	240.59 Kg/cm ²	230.77 Kg/cm ²
C-1	158.62 Kg/cm ²		170.47 Kg/cm ²		215.86 Kg/cm ²		225.05 Kg/cm ²	
C-1	168.44 Kg/cm ²		157.49 Kg/cm ²		216.28 Kg/cm ²		226.67 Kg/cm ²	
C-2	123.19 Kg/cm ²	125.66	138.98 Kg/cm ²	145.13 Kg/cm ²	189.68 Kg/cm ²	202.39 Kg/cm ²	226.67 Kg/cm ²	222.50 Kg/cm ²
C-2	128.99 Kg/cm ²		146.99 Kg/cm ²		211.22 Kg/cm ²		217.72 Kg/cm ²	
C-2	124.81 Kg/cm ²		149.42 Kg/cm ²		206.26 Kg/cm ²		223.10 Kg/cm ²	
C-3	112.89 Kg/cm ²	117.78	127.49 Kg/cm ²	126.02 Kg/cm ²	176.92 Kg/cm ²	181.21 Kg/cm ²	191.83 Kg/cm ²	189.66 Kg/cm ²
C-3	122.57 Kg/cm ²		124.24 Kg/cm ²		185.89 Kg/cm ²		191.38 Kg/cm ²	
C-3	117.87 Kg/cm ²		126.33 Kg/cm ²		180.80 Kg/cm ²		185.75 Kg/cm ²	

CEMENTO: SOL		7 DIAS		14 DIAS		21 DIAS		28 DIAS	
CONDICION	PRESION	PROMEDIO	PRESION	PROMEDIO	PRESION	PROMEDIO	PRESION	PROMEDIO	
C-1	285.15 Kg/cm ²	283.05	299.86 Kg/cm ²	299.33 Kg/cm ²	342.76 Kg/cm ²	351.26 Kg/cm ²	389.05 Kg/cm ²	387.92 Kg/cm ²	
C-1	284.30 Kg/cm ²		298.50 Kg/cm ²		362.85 Kg/cm ²		395.72 Kg/cm ²		
C-1	279.69 Kg/cm ²		299.64 Kg/cm ²		348.19 Kg/cm ²		379.00 Kg/cm ²		
C-2	239.40 Kg/cm ²	241.61	258.89 Kg/cm ²	260.34 Kg/cm ²	328.89 Kg/cm ²	324.16 Kg/cm ²	357.21 Kg/cm ²	357.26 Kg/cm ²	
C-2	240.84 Kg/cm ²		261.67 Kg/cm ²		315.65 Kg/cm ²		355.06 Kg/cm ²		
C-2	244.60 Kg/cm ²		260.48 Kg/cm ²		327.93 Kg/cm ²		359.51 Kg/cm ²		
C-3	184.45 Kg/cm ²	186.30	213.06 Kg/cm ²	212.67 Kg/cm ²	291.54 Kg/cm ²	306.66 Kg/cm ²	339.45 Kg/cm ²	321.25 Kg/cm ²	
C-3	178.37 Kg/cm ²		207.28 Kg/cm ²		314.77 Kg/cm ²		302.61 Kg/cm ²		
C-3	196.08 Kg/cm ²		217.67 Kg/cm ²		313.67 Kg/cm ²		321.71 Kg/cm ²		

Fuente: Elaboración propia

Tabla 65: Resistencia por edades y con sus respectivos promedios según condición clima Pachachaca.

CEMENTO: YURA- PUZULANICO TIPO IP

CONDICION	7 DIAS		21 DIAS		28 DIAS	
	PRESION	PROMEDIO	PRESION	PROMEDIO	PRESION	PROMEDIO
C-1	133.21 Kg/cm ²	130.99 Kg/cm ²	183.04 Kg/cm ²	184.18 Kg/cm ²	204.00 Kg/cm ²	204.85 Kg/cm ²
C-1	128.77 Kg/cm ²		185.33 Kg/cm ²		205.70 Kg/cm ²	
C-2	118.07 Kg/cm ²	118.50 Kg/cm ²	150.10 Kg/cm ²	151.78 Kg/cm ²	174.38 Kg/cm ²	171.94 Kg/cm ²
C-2	118.92 Kg/cm ²		153.47 Kg/cm ²		169.51 Kg/cm ²	
C-3	95.78 Kg/cm ²	92.32 Kg/cm ²	127.04 Kg/cm ²	127.89 Kg/cm ²	149.79 Kg/cm ²	151.30 Kg/cm ²
C-3	88.87 Kg/cm ²		128.74 Kg/cm ²		152.82 Kg/cm ²	

CEMENTO: SOL- TIPO I

CONDICION	7 DIAS		21 DIAS		28 DIAS	
	PRESION	PROMEDIO	PRESION	PROMEDIO	PRESION	PROMEDIO
C-1	269.16 Kg/cm ²	267.44 Kg/cm ²	331.72 Kg/cm ²	329.84 Kg/cm ²	357.19 Kg/cm ²	357.84 Kg/cm ²
C-1	265.71 Kg/cm ²		327.96 Kg/cm ²		358.49 Kg/cm ²	
C-2	240.84 Kg/cm ²	242.44 Kg/cm ²	305.29 Kg/cm ²	305.78 Kg/cm ²	317.77 Kg/cm ²	315.82 Kg/cm ²
C-2	244.04 Kg/cm ²		306.26 Kg/cm ²		313.87 Kg/cm ²	
C-3	211.81 Kg/cm ²	213.85 Kg/cm ²	286.05 Kg/cm ²	284.46 Kg/cm ²	284.92 Kg/cm ²	290.30 Kg/cm ²
C-3	215.88 Kg/cm ²		282.86 Kg/cm ²		295.67 Kg/cm ²	

Fuente: Elaboración propia

7.2.5 ANÁLISIS ESTADÍSTICOS DE LOS ENSAYOS OBTENIDOS

Al realizar los ensayos en los especímenes cilíndricos de concreto y tomar datos en los protocolos propuestos para la investigación, tenemos datos con los cuales se trabajan realizando un análisis estadístico, se ha comprobado que los resultados de los ensayos de resistencia de una misma mezcla, se agrupan siguiendo una curva de distribución normal de frecuencias. Lo anterior nos conduce a la presentación de procedimientos estadísticos sencillos, con base en los cuales se han fijado normas para la producción y aceptación de la mezcla de concreto.

Un concepto muy importante que hay que tener en cuenta actualmente es que los métodos de diseño estructural en concreto son probabilísticas.

Al ser el concreto un material heterogéneo, está sujeto a la variabilidad de sus componentes así como a las dispersiones adicionales debido a las técnicas de elaboración, transporte, colocación y curado en obra

La resistencia del concreto bajo condiciones controladas sigue con gran aproximación la distribución probabilística Normal

En la siguiente tabla se muestran las principales fuentes de variación de la resistencia en compresión del concreto

Tabla 66: Principales fuentes de variación de la resistencia en compresión del concreto

DEBIDO A LAS VARIACIONES EN LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO	DEBIDO A LAS DEFICIENCIAS EN LOS METODOS DE PRUEBA
1. Cambios en la relación a/c	1. Procedimientos de muestreo inadecuados
a. Control deficiente del agua	2. Dispersiones debidas a la forma de preparación , manipuleo y curado de los
b. Variación excesiva de humedad	
2. Variación en los requerimientos de agua de mezcla	cilindros de prueba
a. Gradación de los agregados,	3. Mala calidad de los cilindros de prueba
absorción	4. Defectos de curado
b. Características del cemento y aditivos	a. Variación de temperatura
c. Tiempo de suministro y temperatura	b. Humedad variable
3. Variación en las características y	c. Demoras en el transporte
proporción de los ingredientes	5. Procedimientos de ensayo deficientes
a. Agregados	a. El refrendado (Capping)
b. Cemento	b. El ensayo de compresión
c. Aditivos	
4. Variaciones ocasionadas por el transporte,	
colocación y compactación	
5. Variación en la temperatura y curado	

Fuente: curso básico de tecnología del concreto
Autor: ing. Ana Torres

La Desviación estándar está definida como:

$$D_s = \sqrt{\frac{\sum(X - X_{prom})^2}{n - 1}}$$

Donde:

Ds	= Desviación Estándar
Xprom	= Resistencia Promedio
X	= Resistencia individual
N	= Numero de ensayos

Coficiente de variación, tiene como expresión:

$$V = \frac{D_s}{X_{PROM}} \times 100$$

Donde:

Ds	= Desviación Estándar
Xprom	= Resistencia Promedio

Este parámetro no permite predecir la variabilidad existente entre los ensayos de resistencia

La distribución normal permite estimar matemáticamente la probabilidad de la ocurrencia de un determinado fenómeno en función de los parámetros indicados anteriormente, y en el caso del concreto se aplica a los resultados de resistencias.

Tabla 67: Desviación estándar y coeficiente de variación de resistencia en condiciones diferentes

CEMENTO							CEMENTO								
CEMENTO PUZOLANICO TIPO IP							CEMENTO PUZOLANICO TIPO I								
EDAD	CLIMA	CONDICION	RESSTENCIA kg/cm2	PROMEDIO	desviacion estandar	Coficiente de variación	EDAD	CLIMA	CONDICION	RESSTENCIA kg/cm2	PROMEDIO	desviacion estandar	Coficiente de variación		
7	ABANCAY	C-1	162.13	163.06	4.98	3.05%	7.00	ABANCAY	C-1	285.15	283.05	2.94	1.04%		
		C-1	158.62						C-1	284.30					
		C-1	168.44						C-1	279.69					
		C-2	123.19	125.66	2.99	2.38%			ABANCAY	C-2	239.40	241.61	2.69	1.11%	
		C-2	128.99							C-2	240.84				
		C-2	124.81							C-2	244.60				
		C-3	112.89	117.78	4.84	4.11%				ABANCAY	C-3	184.45	186.30	9.00	4.83%
		C-3	122.57								C-3	178.37			
		C-3	117.87								C-3	196.08			
	PACHACHACA	C-1	133.21	130.99	3.14	3.05%		PACHACHACA			C-1	269.16	267.44	2.44	3.05%
		C-1	128.77								C-1	265.71			
		C-2	118.07	118.50	0.60	3.05%					C-2	240.84	242.44	2.26	3.05%
		C-2	118.92						C-2		244.04				
		C-3	95.78	92.32	4.88	3.05%			C-3		211.81	213.85	2.88	3.05%	
C-3		88.87	C-3				215.88								
14	ABANCAY	C-1	165.04	164.33	6.52	3.97%	14.00	ABANCAY	C-1	299.86	299.33	0.73	0.24%		
		C-1	170.47						C-1	298.50					
		C-1	157.49						C-1	299.64					
		C-2	138.98	145.13	5.46	3.76%			ABANCAY	C-2	258.89	260.34	1.39	0.53%	
		C-2	146.99							C-2	261.67				
		C-2	149.42							C-2	260.48				
		C-3	127.49	126.02	1.65	1.31%				ABANCAY	C-3	213.06	212.67	5.20	2.45%
		C-3	124.24								C-3	207.28			
		C-3	126.33								C-3	217.67			
21	ABANCAY	C-1	212.49	214.88	2.08	0.97%	21.00	ABANCAY			C-1	342.76	351.26	10.39	2.96%
		C-1	215.86								C-1	362.85			
		C-1	216.28								C-1	348.19			
		C-2	189.68	202.39	11.28	5.57%			ABANCAY		C-2	328.89	324.16	7.38	2.28%
		C-2	211.22								C-2	315.65			
		C-2	206.26								C-2	327.93			
		C-3	176.92	181.21	4.50	2.48%				ABANCAY	C-3	291.54	306.66	13.10	4.27%
		C-3	185.89								C-3	314.77			
		C-3	180.80								C-3	313.67			
	PACHACHACA	C-1	183.04	184.18	1.62	3.05%		PACHACHACA			C-1	331.72	329.84	2.66	3.05%
		C-1	185.33								C-1	327.96			
		C-2	150.10	151.78	2.38	3.05%					C-2	305.29	305.78	0.68	3.05%
		C-2	153.47						C-2		306.26				
		C-3	127.04	127.89	1.20	3.05%			C-3		286.05	284.46	2.26	3.05%	
C-3	128.74	C-3	282.86												
28	ABANCAY	C-1	240.59	230.77	8.54	3.70%	28.00	ABANCAY	C-1	389.05	387.92	8.42	2.17%		
		C-1	225.05						C-1	395.72					
		C-1	226.67						C-1	379.00					
		C-2	226.67	222.50	4.50	2.02%			ABANCAY	C-2	357.21	357.26	2.22	0.62%	
		C-2	217.72							C-2	355.06				
		C-2	223.10							C-2	359.51				
		C-3	191.83	189.66	3.39	1.79%				ABANCAY	C-3	339.45	321.25	18.42	5.73%
		C-3	191.38								C-3	302.61			
		C-3	185.75								C-3	321.71			
	PACHACHACA	C-1	204.00	204.85	1.20	0.59%		PACHACHACA			C-1	357.19	357.84	0.92	0.26%
		C-1	205.70								C-1	358.49			
		C-2	174.38	171.94	3.44	2.00%					C-2	317.77	315.82	2.76	0.87%
		C-2	169.51						C-2		313.87				
		C-3	149.79	151.30	2.14	1.41%			C-3		284.92	290.30	7.60	2.62%	
C-3	152.82	C-3	295.67												

Fuente: Elaboración propia

7.2.6 ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA RESISTENCIA ENTRE LAS CONDICIONES DE CURADO

Para la investigación se planteó tres condiciones de curado que aplicaremos a testigos cilíndricos de concreto de 30 cm de alto x 15 cm de diámetro, siendo estas medidas establecidas en las normas para obtener la resistencia a la compresión.

Las condiciones de curado se plantean de manera que simularemos las condiciones que se presentan en una construcción donde se esté presente el concreto, para estas condiciones de curado se toma en cuenta también el intemperie que se tiene en el lugar de elaboración del concreto.

Las condiciones simuladas para los testigos cilíndricos de concreto serán los siguientes:

Condición 1 (C-1): para esta condición se aplicara un curado totalmente sumergido en una piscina de agua, donde los cilindros de concreto serán colocados al día siguiente de su desmolde.

Condición 2 (C-2): para la condición 2 se aplicara lo que nos recomienda la norma, donde el curado será los primeros 7 días iniciales de su desmolde, esta condición simula al curado habitual que se realiza para el concreto en una obra.

Condición 3 (C-3): en esta condición se simulara que el concreto no se curara en ningún momento dejando totalmente a la intemperie solo a condiciones del clima que puedan ocurrir en la localidad designada.

Descritas estas condiciones establecidas, se aplicaran en cada tipo de cemento y ubicación de la muestra planteada para la investigación.

Para realizar el este análisis consideraremos en esencia las diferencias de resistencia a la compresión que alcanzo el concreto en diferentes edades, esto para tener una mejor interpretación de como variara las resistencia a la compresión según las edades del concreto.

Para la investigación usaremos 4 edades de ensayos de compresión 7, 14, 21 y 28 días, dando más importancia y énfasis al de 28 días puesto que este resultado tiene la comparación absoluta sobre el diseño de concreto patrón.

En el capítulo anterior se mostró los resultados de los ensayos en las respectivas edades y para cada tipo de cemento, y para tener un mejor análisis en este capítulo se descartó datos el cual puedan generar una incertidumbre en las comparaciones que se pueda obtener.

Ya con los datos promedios y analizados en el ítem anterior realizamos un cuadro resumen de las resistencias alcanzadas para cada edad del concreto y las diferentes condiciones que se propusieron en el estudio.

Tabla 68: Resumen de resistencias kg/cm² por edad y condición del concreto

CEMENTO	UBICACIÓN	TIPO DE CURADO	RESISTENCIA A LA COMPRESION			
			7	14	21	28
TIPO IP	ABANCAY	C1	163.52	164.79	215.23	231.09
		C2	126.19	145.62	202.77	222.83
		C3	118.33	126.55	181.63	190.06
	PACHACHACA	C1	131.51		184.59	205.22
		C2	119.04		152.26	172.38
		C3	92.92		128.42	151.78
TIPO I	ABANCAY	C1	283.26	299.52	351.34	387.93
		C2	241.91	260.61	324.29	357.33
		C3	186.71	213.03	306.83	321.39
	PACHACHACA	C1	267.68		329.96	357.90
		C2	242.74		305.95	315.97
		C3	214.20		284.67	290.50

Fuente: Elaboración propia

En el cuadro se agrupo según el tipo de cemento utilizado y la ubicación de la muestra ensayada.

Para un mejor análisis e interpretación de datos se realiza una comparación solo con las condiciones de curado para cada localidad y tipo de cemento, así veremos el comportamiento de cada uno de ellos independientemente según sus características y su diseño patrón.

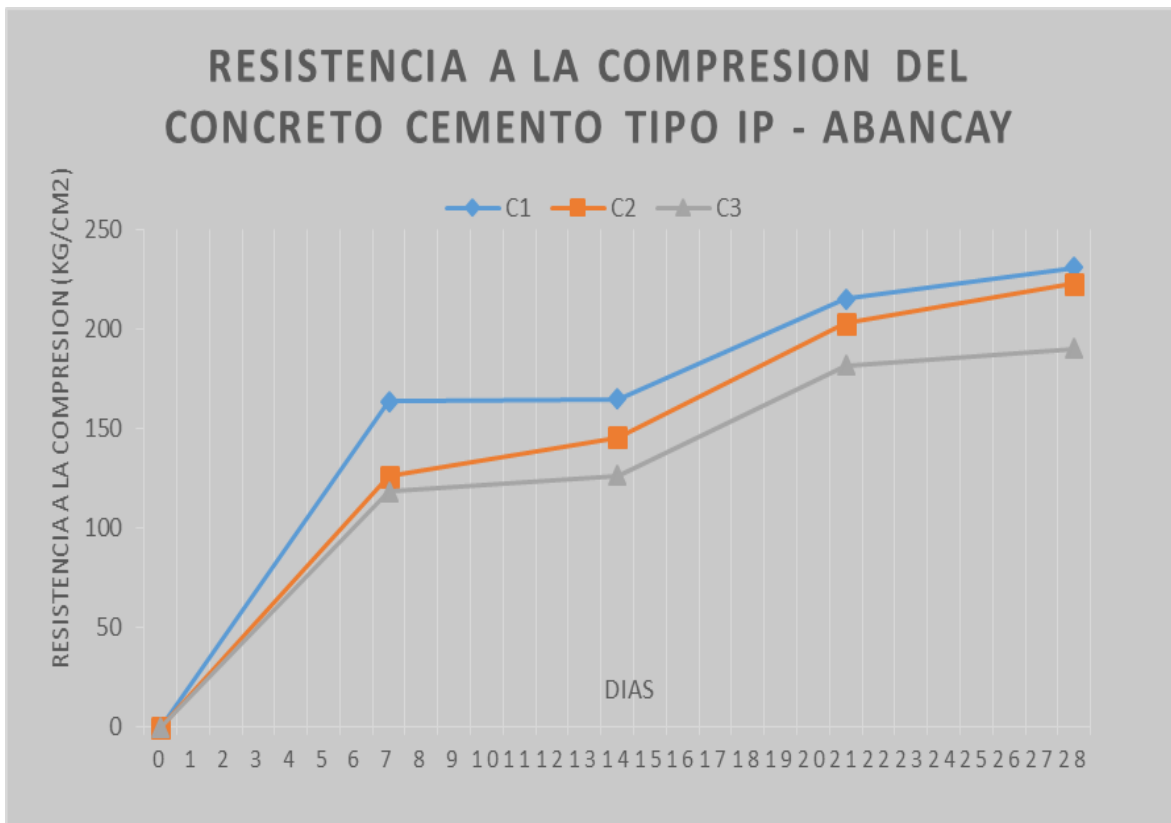
- **Para cemento tipo IP.**

Sabemos que este cemento tiene una adición de puzolana el cual de por si tiene una característica diferente al de Tipo I.

En los ensayos de compresión axial a los cilindros de concreto podemos apreciar que el desarrollo de la resistencia es muy lenta, esto por el calor de hidratación que genera, para este tipo de cemento se realizó un diseño de mezcla de $F_c' 210 \text{ kg/cm}^2$ con un $F'_{cr} 294$ según lo establecido es el método usado, con ese F'_{cr} utilizado nos damos un factor de seguridad de 84 kg/cm^2 el cual nos garantiza que ese diseño debe alcanzar la resistencia, sin embargo al obtener las resistencia máxima podemos apreciar que la resistencia máxima es de 231.09 kg/cm^2 para una condición optima (condición c-1) en la ciudad de Abancay, y de 205.22 en la localidad de Pachachaca, esto nos indica que el diseño es adecuado aun que haya un faltante de resistencia de 4.88 kg/cm^2 en la localidad de Pachachaca.

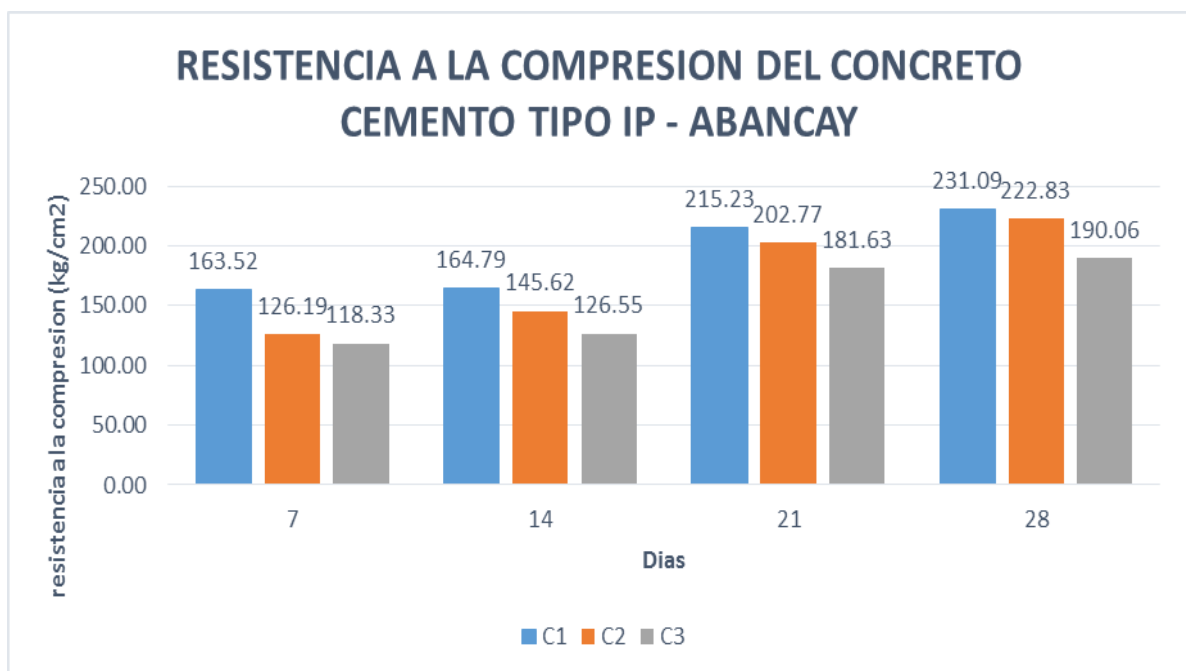
En las normas de aceptación de calidad de aceptación de la resistencia de concreto tenemos hasta una variación de

Imagen 36: Resistencia a la compresión del concreto elaborado con cemento tipo IP para la ubicación de Abancay



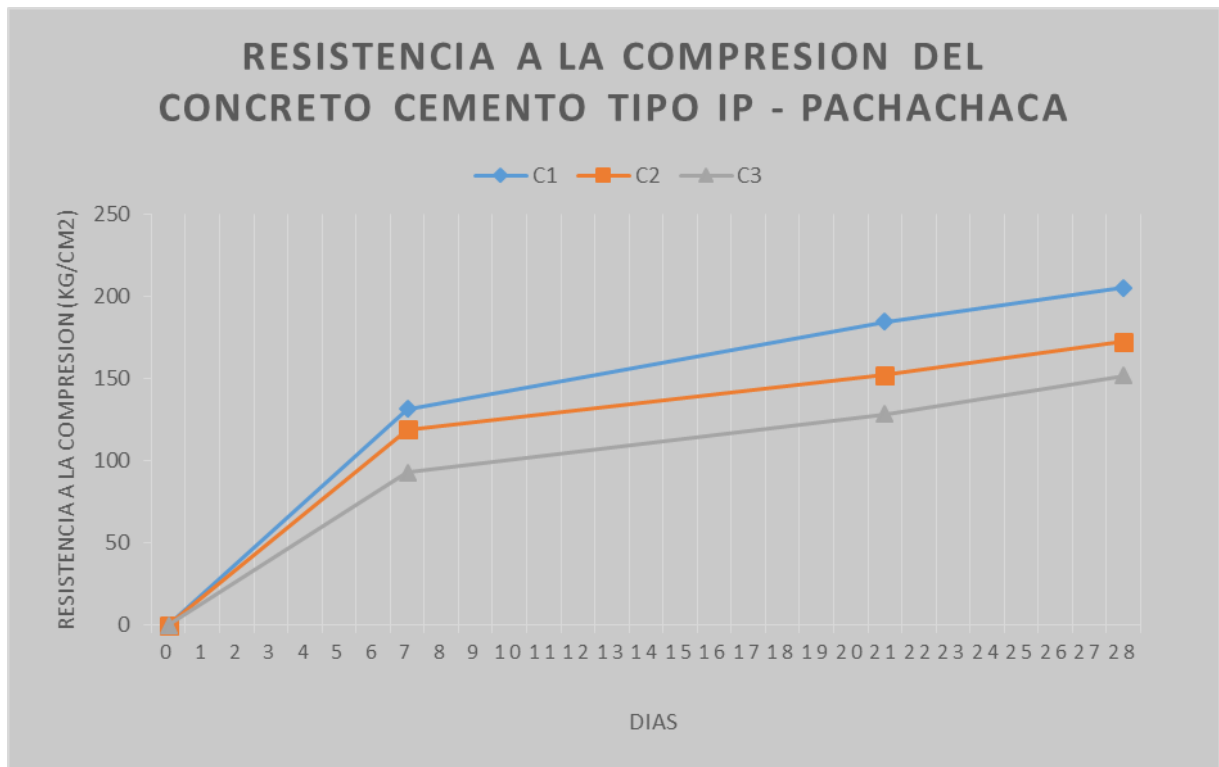
Fuente: Elaboración propia

Imagen 37: Variación de la resistencia a la compresión del cemento tipo IP en la ciudad de Abancay



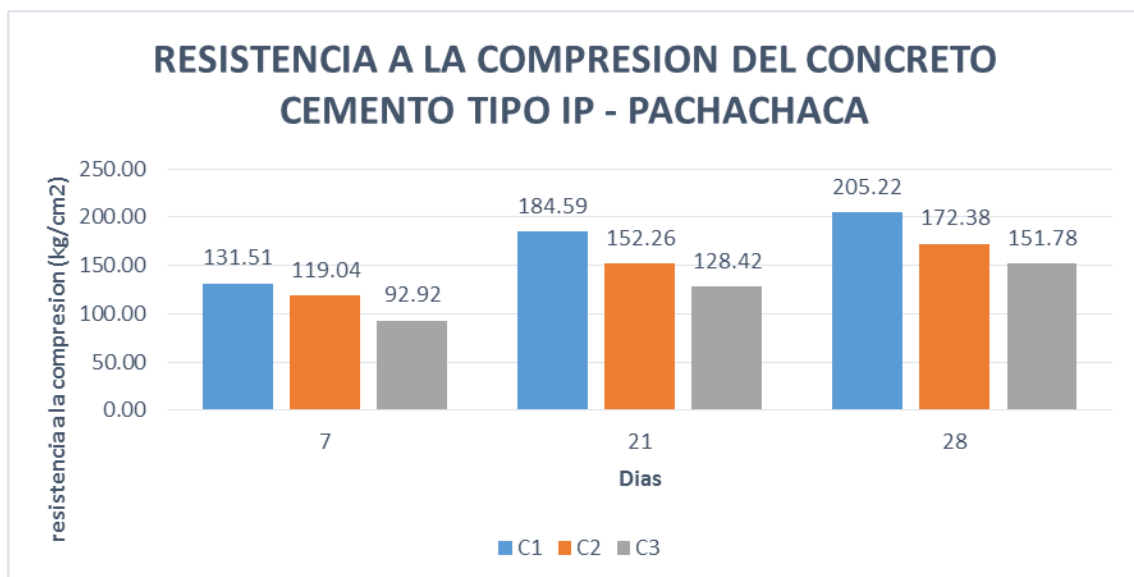
Fuente: Elaboración propia

Imagen 38: Resistencia a la compresión del concreto elaborado con cemento tipo IP para la localidad de Pachachaca



Fuente: Elaboración propia

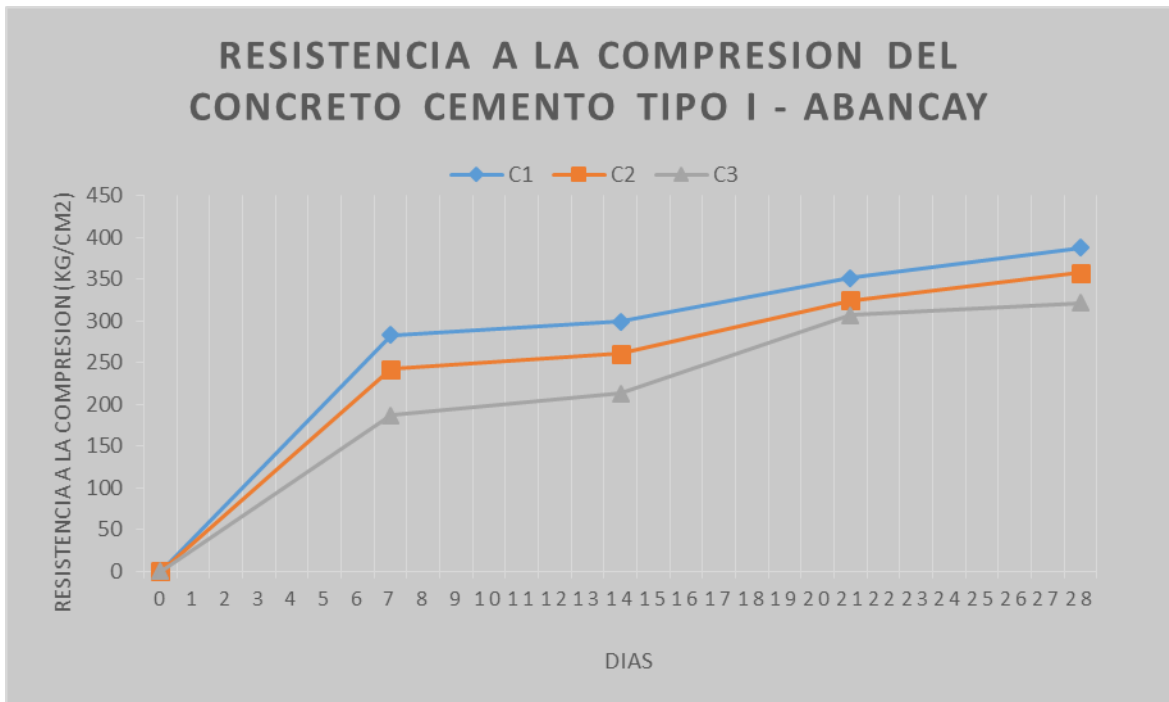
Imagen 39: Variación de la resistencia a la compresión del cemento tipo IP en la localidad de Pachachaca



Fuente: Elaboración propia

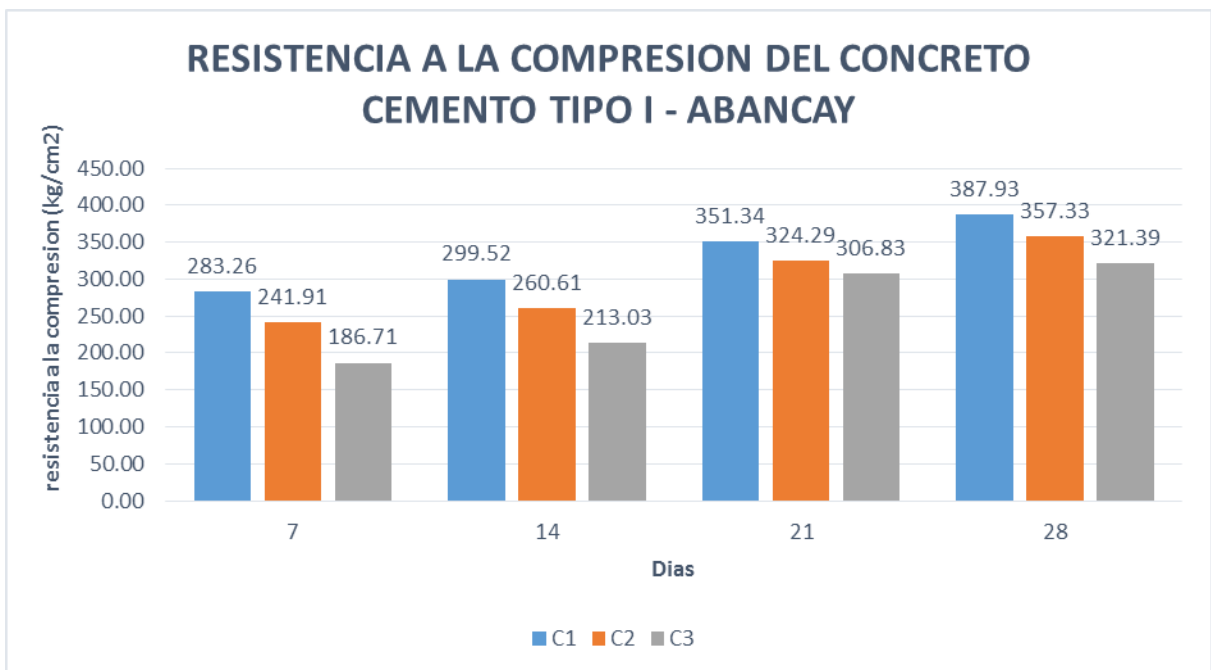
- Para cemento tipo I.

Imagen 40: Resistencia a la compresión del concreto elaborado con cemento tipo I para la ubicación de Abancay



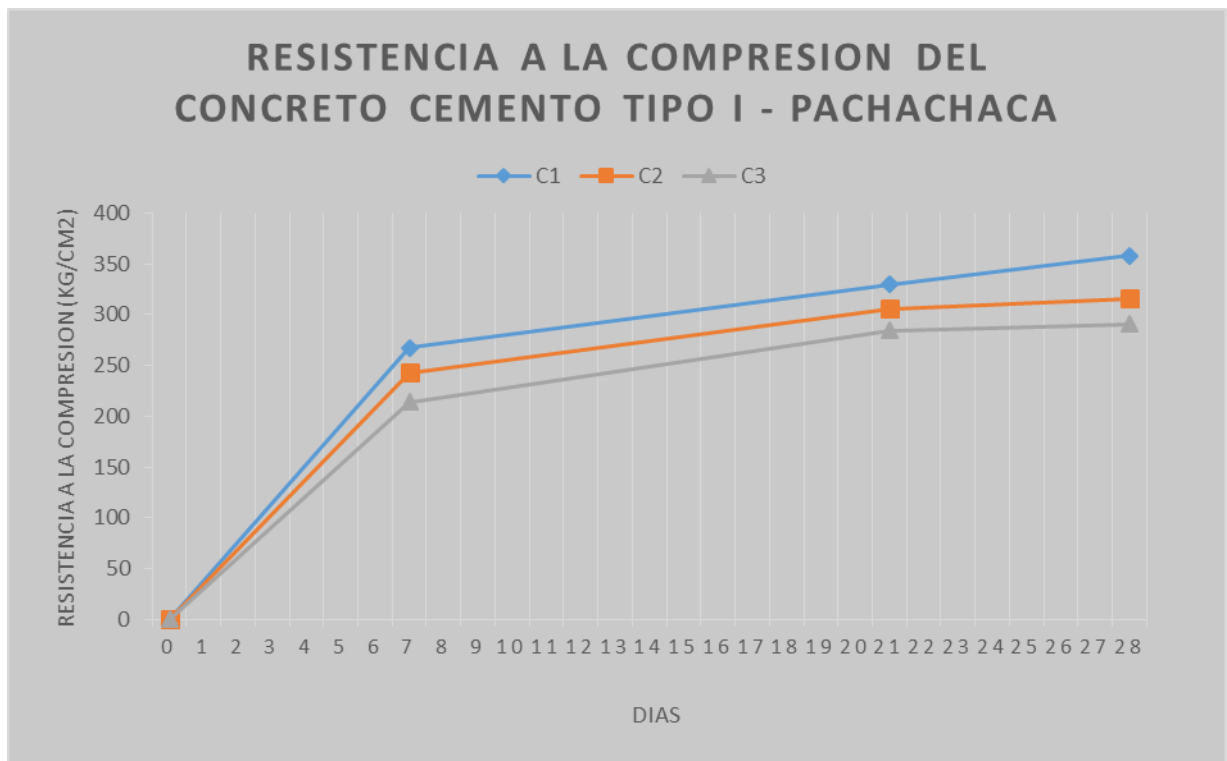
Fuente: Elaboración propia

Imagen 41: Variación de la resistencia a la compresión del cemento tipo I en la ciudad de Abancay



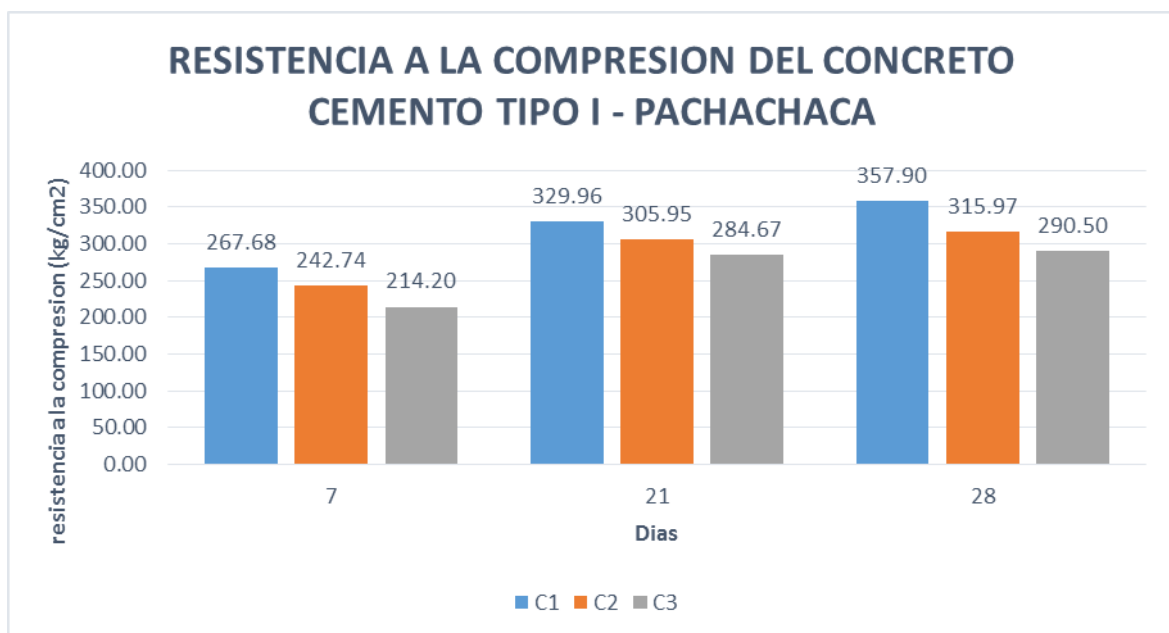
Fuente: Elaboración propia

Imagen 42: Resistencia a la compresión del concreto elaborado con cemento tipo I para la localidad de Pachachaca



Fuente: Elaboración propia

Imagen 43: Variación de la resistencia a la compresión del cemento tipo I en la localidad de Pachachaca



Fuente: Elaboración propia

Una vez comparado las resistencias alcanzados cada testigo de concreto evaluamos en que porcentaje varía cada uno de los testigos de concreto elaborado con cada tipo de cemento, en este caso evaluamos la resistencia independiente para cada tipo de cemento ubicación y edad del concreto.

Para realizar esta comparación asumiremos independientemente para cada caso, asumiendo que el la condición 1 la más óptima, será la que llego a la máxima resistencia asumiendo que es el 100% de resistencia para su edad.

En la tabla siguiente presentamos un resumen del análisis comparativo para cada edad, ubicación de la muestra y tipo de cemento.

Tabla 69: Resistencia de cada condición expresada en porcentaje

CEMENTO	UBICACIÓN	TIPO DE CURADO	RESISTENCIA A LA COMPRESION			
			7	14	21	28
TIPO IP	ABANCAY	C1	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%
		C2	77.18%	88.37%	94.21%	96.43%
		C3	72.36%	76.80%	84.39%	82.25%
	PACHACHA CA	C1	100.00%	-	100.00%	100.00%
		C2	90.52%	-	82.48%	84.00%
		C3	70.66%	-	69.57%	73.96%
TIPO I	ABANCAY	C1	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%
		C2	85.40%	87.01%	92.30%	92.11%
		C3	65.91%	71.12%	87.33%	82.85%
	PACHACHA CA	C1	100.00%	-	100.00%	100.00%
		C2	90.68%	-	92.72%	88.28%
		C3	80.02%	-	86.27%	81.17%

Fuente: Elaboración propia

Como se presenta en la tabla anterior apreciamos las variaciones de la resistencia del concreto expresado en porcentaje en función a la máxima resistencia obtenida en el ensayo de compresión para cada edad.

De esta tabla de resistencia expresada en porcentajes podemos extraer datos y analizarlo comparando cada condición de curado,

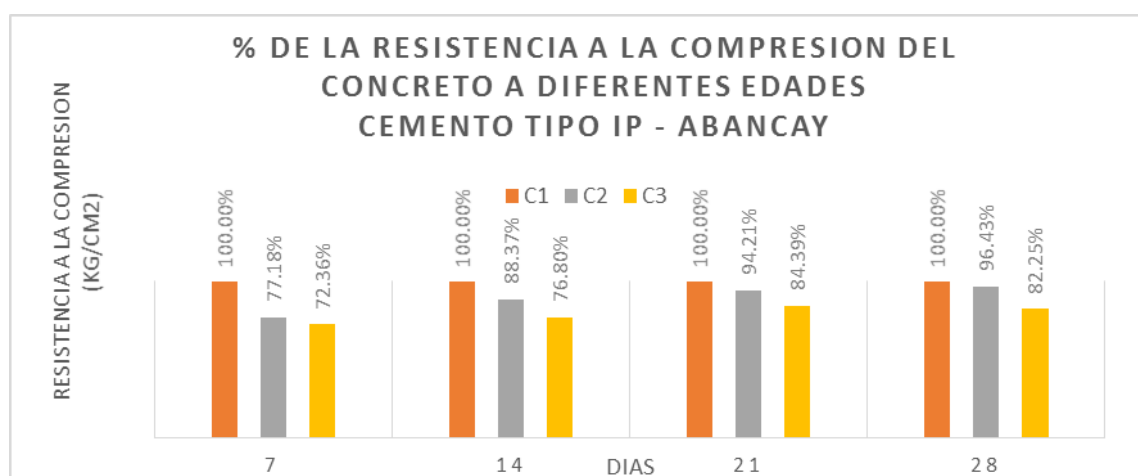
asumiendo que la condición C-1 es la óptima donde se alcanza el 100% de resistencia calcúlalos los porcentajes para las otras condiciones de curado del concreto.

Tabla 70: Comparaciones porcentuales y variaciones entre método de curado en la ciudad de Abancay con cemento tipo IP

CEMENTO	UBICACIÓN	TIPO DE CURADO	RESISTENCIA A LA COMPRESION			
			7	14	21	28
TIPO IP	ABANCAY	C1	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%
		C2	77.18%	88.37%	94.21%	96.43%
		C3	72.36%	76.80%	84.39%	82.25%
		C1-C2	22.82%	11.63%	5.79%	3.57%
		C1-C3	27.64%	23.20%	15.61%	17.75%
		C2-C3	4.81%	11.57%	9.82%	14.18%

Fuente: Elaboración propia

Imagen 44: Variación de resistencia a la compresión por edades



Fuente: Elaboración propia

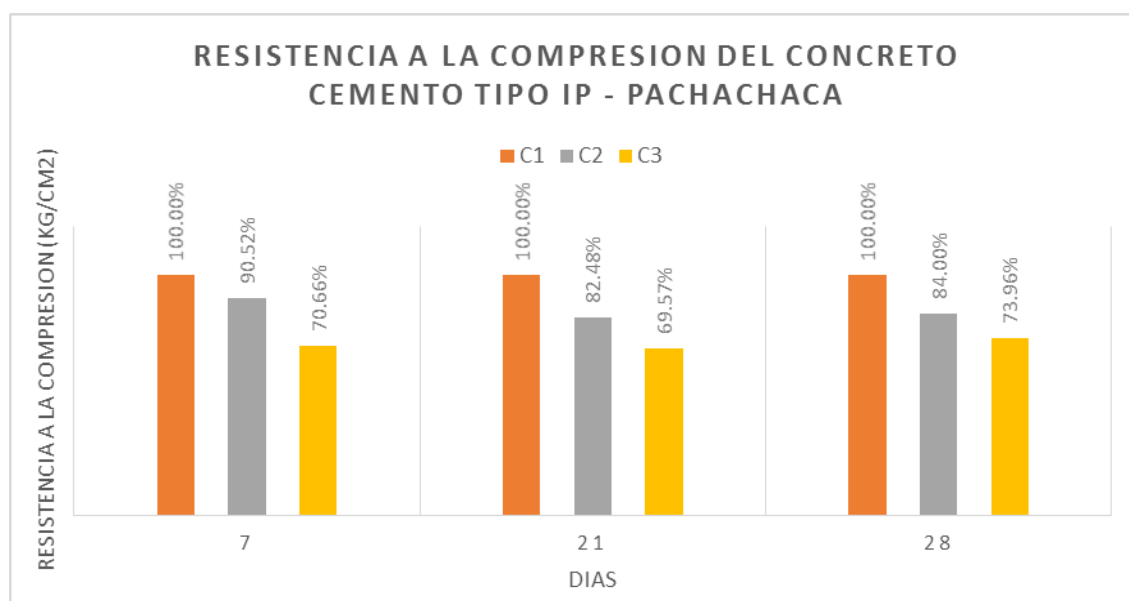
Para el tipo de cemento Tipo IP en la ubicación de Pachachaca tenemos la siguiente tabla de variación de resistencia a la compresión.

Tabla 71: Comparaciones porcentuales y variaciones entre método de curado en la localidad de Pachachaca con cemento tipo IP

CEMENTO	UBICACIÓN	TIPO DE CURADO	RESISTENCIA A LA COMPRESION		
			7	21	28
TIPO IP	PACHACHACA	C1	100.00%	100.00%	100.00%
		C2	90.52%	82.48%	84.00%
		C3	70.66%	69.57%	73.96%
		C1-C2	9.48%	17.52%	16.00%
		C1-C3	29.34%	30.43%	26.04%
		C2-C3	19.86%	12.92%	10.04%

Fuente: Elaboración propia

Imagen 45: Variación de resistencia a la compresión por edades



Fuente: Elaboración propia

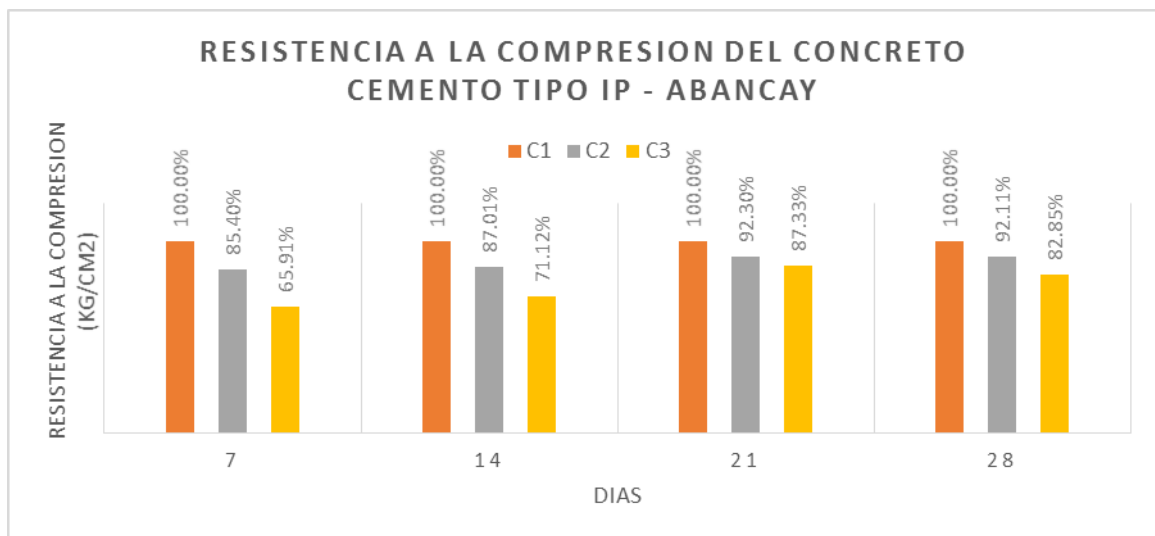
Para el tipo de cemento **Tipo I** en la ubicación de Abancay tenemos la siguiente tabla de variación de resistencia a la compresión.

Tabla 72: Comparaciones porcentuales y variaciones entre método de curado en la ciudad de Abancay con cemento tipo I

CEMENTO	UBICACIÓN	TIPO DE CURADO	RESISTENCIA A LA COMPRESION			
			7	14	21	28
TIPO I	ABANCAY	C1	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%
		C2	85.40%	87.01%	92.30%	92.11%
		C3	65.91%	71.12%	87.33%	82.85%
		C1-C2	14.60%	12.99%	7.70%	7.89%
		C1-C3	34.09%	28.88%	12.67%	17.15%
		C2-C3	19.49%	15.89%	4.97%	9.26%

Fuente: Elaboración propia

Imagen 46: Variación de resistencia a la compresión por edades



Fuente: Elaboración propia

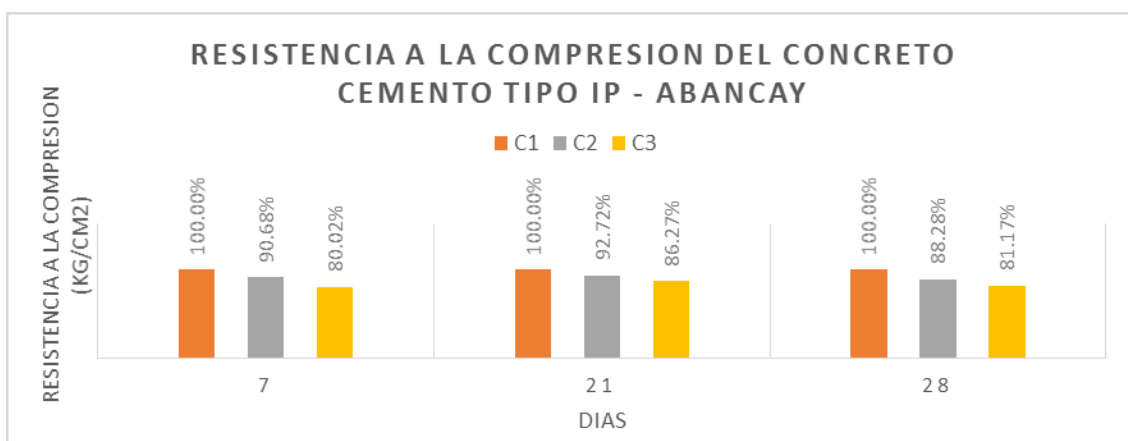
Para el tipo de cemento **Tipo I** en la ubicación de Pachachaca tenemos la siguiente tabla de variación de resistencia a la compresión.

Tabla 73: Comparaciones porcentuales y variaciones entre método de curado en la localidad de Pachachaca con cemento tipo IP

CEMENTO	UBICACIÓN	TIPO DE CURADO	RESISTENCIA A LA COMPRESION		
			7	21	28
TIPO I	PACHACHACA	C1	100.00%	100.00%	100.00%
		C2	90.68%	92.72%	88.28%
		C3	80.02%	86.27%	81.17%
		C1-C2	9.32%	7.28%	11.72%
		C1-C3	19.98%	13.73%	18.83%
		C2-C3	10.66%	6.45%	7.12%

Fuente: Elaboración propia

Imagen 47: Variación de resistencia a la compresión por edades



Fuente: Elaboración propia

Cada cemento tiene propiedades y características diferentes, los cementos puzolánicos dan resistencias mecánicas inferiores a las edades del cemento portland tipo I normal a edades tempranas (corto plazo), pero igualan o los superan a edades posteriores (largo plazo), debido a que generan menor calor de hidratación y resisten mejor el ataque químico.

Claramente se puede apreciar en los cuadros las variaciones entre los diferentes tipos de curado, los diferentes tipos de cemento, los climas a los que están sometidas las briquetas.

Las variaciones entre la condición más favorable para el concreto y la más desfavorable presentan variaciones los cuales se muestran en los siguientes cuadros.

Tabla 74: Variación de curado – Abancay cemento tipo IP

CEMENTO PUZOLANICO TIPO IP / 28 DIAS			
CONDICION	C-1	C-3	VARIACION
PORCENTAJE	100.00%	82.18%	17.82%

Fuente: Elaboración propia

Tabla 75: Variación de curado – Abancay cemento tipo I

CEMENTO PORTLAND TIPO I / 28 DIAS			
CONDICION	C-1	C-3	VARIACION
PORCENTAJE	100.00%	82.81%	17.19%

Fuente: Elaboración propia

Al analizar entre las condiciones más favorable y desfavorable se puede ver que la variación en el cemento puzolánico tipo IP varía en un 17.82% tomando como valor máximo el valor más alto alcanzado.

Para el cemento portland tipo I también presenta una variación en las condiciones analizadas en un 17.19%.

Del mismo modo analizamos y comparamos las variaciones del tipo de curado en las condiciones extremas (favorable – desfavorable), además de ello las condiciones de humedad en ambos climas son muy diferentes lo cual va a influir en los porcentajes de variación en ambas condiciones.

Tabla 76: Variación de curado - Pachachaca cemento tipo IP

CEMENTO PUZOLANICO TIPO IP / 28 DIAS			
CONDICION	C-1	C-3	VARIACION
PORCENTAJE	100.00%	73.86%	26.14%

Fuente: Elaboración propia

Tabla 77: Variación de curado - Pachachaca cemento tipo I

CEMENTO PORTLAND TIPO I / 28 DIAS			
CONDICION	C-1	C-3	VARIACION
PORCENTAJE	100.00%	81.13%	18.87%

Fuente: Elaboración propia

Analizando las variaciones y comparando con las anteriores muestras sometidas a compresión del clima de Abancay, estas presentan mayor variación debido a que el clima de Pachachaca se caracteriza por ser cálido y seco, el cual en la condición tres (C-3) de la muestra que estuvo a la intemperie no estuvo en contacto con la humedad.

7.2.7 ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA RESISTENCIA ENTRE EL CEMENTO PORTLAND TIPO I Y CEMENTO PUZOLÁNICO TIPO IP

En la presente investigación también es un objetivo desarrollar las comparaciones del comportamiento de la resistencia del concreto ante las diferentes condiciones de curado establecido en el estudio, para ello se desarrolló un diseño de mezcla con la misma resistencia requerida llamada concreto patrón el cual es de $f'c$ 210 kg/cm², para el desarrollo de este ítem compararemos las resistencias con esta resistencia a la cual se realizó la dosificación en capítulo anterior, asumiendo que $f'c$ 210 kg/cm² será el 100% de la resistencia, de esta manera lograremos tener una interpretación de los resistencias obtenidas en el ensayo de compresión simple.

Como en anterior capítulo ya se mostró cuáles son las resistencias alcanzadas por edad de cada testigo de concreto, calculamos el porcentaje que alcanza teniendo como base el diseño de mezcla que se realizó en capítulos anteriores.

Tabla 78: Resistencia a la compresión del concreto en porcentaje teniendo como base $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2 = 100\%$

CEMENTO	UBICACIÓN	TIPO DE CURADO	RESISTENCIA A LA COMPRESION			
			7	14	21	28
TIPO IP	ABANCAY	IP-C1-A	77.86%	78.47%	102.49%	110.04%
		IP-C2-A	60.09%	69.34%	96.56%	106.11%
		IP-C3-A	56.35%	60.26%	86.49%	90.50%
	PACHACHACA	IP-C1-P	62.62%		87.90%	97.73%
		IP-C2-P	56.69%		72.51%	82.09%
		IP-C3-P	44.25%		61.15%	72.28%
TIPO I	ABANCAY	I-C1-A	134.89%	142.63%	167.31%	184.73%
		I-C2-A	115.20%	124.10%	154.42%	170.16%
		I-C3-A	88.91%	101.44%	146.11%	153.04%
	PACHACHACA	I-C1-P	127.47%		157.12%	170.43%
		I-C2-P	115.59%		145.69%	150.46%
		I-C3-P	102.00%		135.56%	138.33%

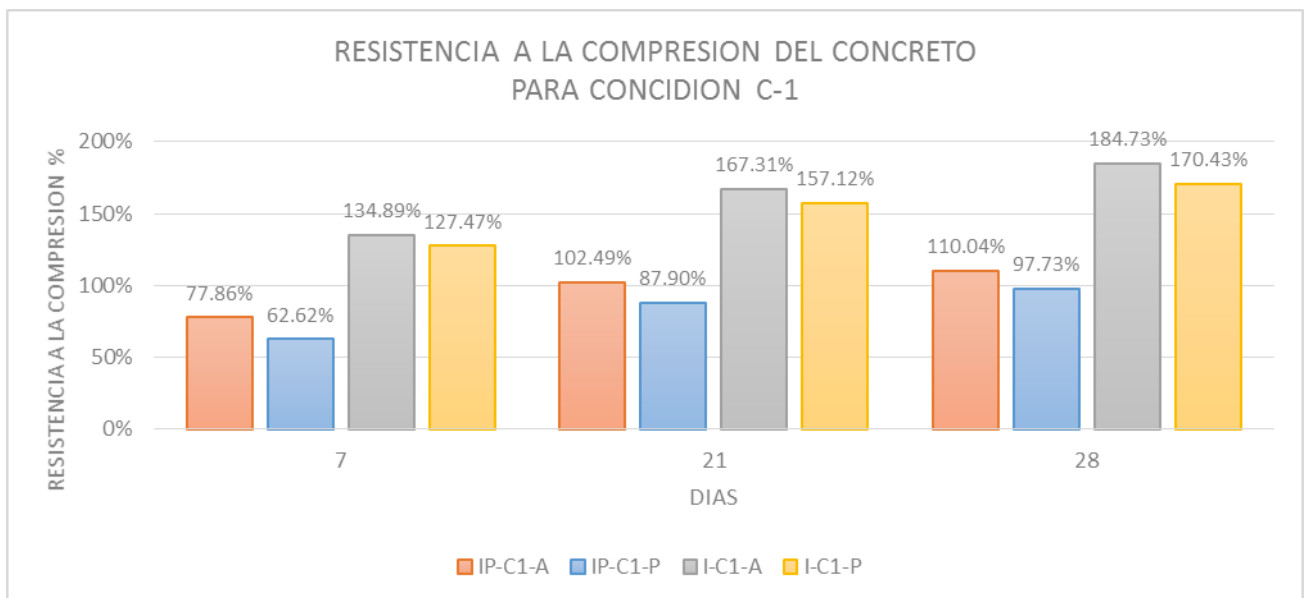
Fuente: Elaboración propia

En este caso para la interpretación de los datos entre tipo de cemento y ubicación de la muestra se colocamos una codificación a cada dato obtenido, dando mayor interpretación del código con su respectivo tipo de cemento y ubicación a parte de la condición de curado que inicialmente se desarrollaba, esto con el fin de no confundir los datos relacionados entre condición de curado.

En la tabla tenemos resultados mayores al 100% esto nos indica que la resistencia del diseño del concreto patrón fue superado por el concreto obtenido y ensayado, esto nos indica que el diseño fue considerado con f'_{cr} con mayor aun siguiendo los criterios de diseño de mezcla sobre paso la resistencia requerida, sin embargo para la investigación nos interesa más saber las variaciones de esta resistencia en comparación con cada tipo de cemento y ubicación de la muestra, para lo cual se presenta en graficas comparativos entre cada condición.

Para la condición C-1 que estuvo en óptimas condiciones de curado, totalmente sumergido en agua hasta su ensayo a compresión.

Imagen 48: Variación de la condición 1 de curado en la ciudad de Abancay y la localidad de Pachachaca con ambos tipos de cemento



Fuente: Elaboración propia

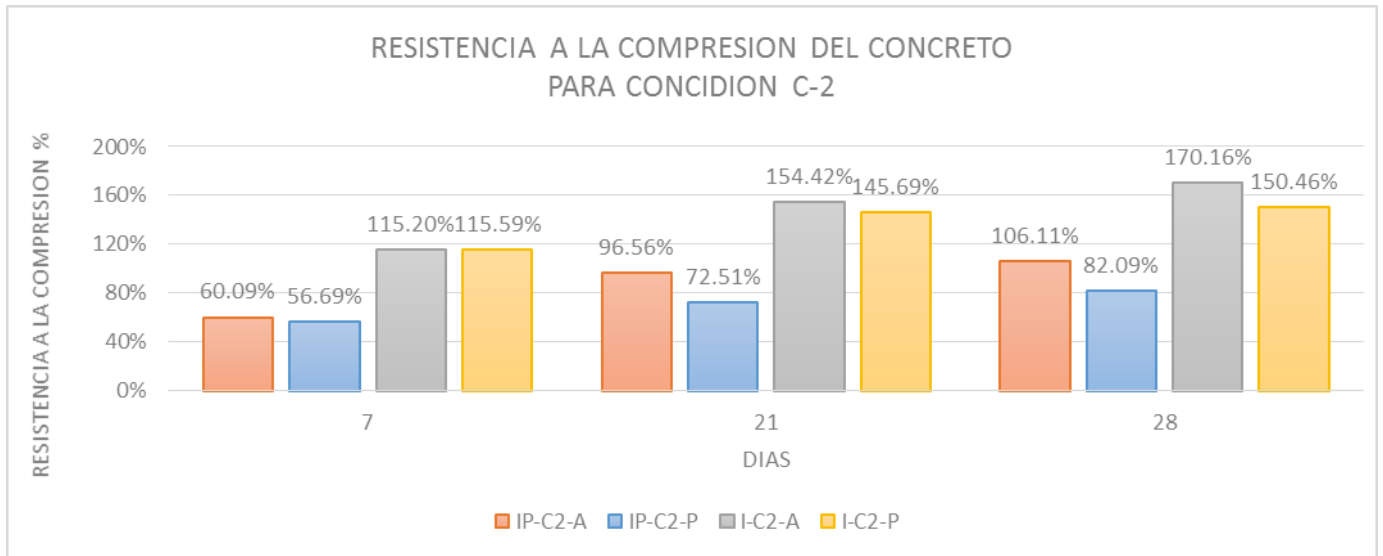
Podemos apreciar q el desarrollo de la resistencia del concreto TIPO I es muy acelerado donde solo a los 7 días supera las condiciones de la resistencia requerida, esto indica que este concreto tiene un acelerado alcance de resistencia, sin embargo el concreto elaborado con el cemento TIPO IP el desarrollo de la resistencia es más letárgica.

Es importante recalcar que ambos tienen un diseño de mezcla patrón que su resistencia es de 210 kg/cm², en ambos casos se logra apreciar que la resistencia es satisfactoria cumpliendo y garantizando el diseño de mezcla, pero hay un dato del IP-C1-P, (cemento TIPO IP en condición 1 para la ubicación de Pachachaca) no llega al 100%, esto nos indica que por factores climáticos la resistencia tiene a tener una alteración en comparación con el que se elaboró en la ubicación de Abancay, un 97.73% es una resistencia que podría decirse que por tema del traslado pudo haber bajado la resistencia aun con los cuidados que se tubo y recomendaciones en protocolos de transporte de espécimen de concreto, este factor es muy influyente al realizar traslados de muestras por otro lado la muestra de la ubicación de Abancay no se pude asimilar ese importante detalle de traslado por que se realizó en el mismo laboratorio.

Un importante análisis de la interpretación de estos datos es que en la ubicación de Abancay tienden una mayor resistencia a la compresión a comparación con el de la ubicación de Pachachaca, se nota una clara tendencia en cada edad y para cada tipo de cemento empleado para la elaboración del concreto.

Para la condición C-2 que se realiza una simulación de curado similar al de una construcción de una obra, donde se toma la recomendación de la norma del curado durante los primeros 7 días iniciales.

Imagen 49: Variación de la condición 2 de curado en la ciudad de Abancay y la localidad de Pachachaca con ambos tipos de cemento



Fuente: Elaboración propia

En el gráfico podemos realizar comparaciones de la condición C-2 para ambos tipos de cemento y lugar de ubicación, en esta condición las muestras fueron curadas con las recomendaciones que nos da la norma el cual es curar el concreto durante los primeros 7 días después del desmolde.

Para el ensayo a la compresión a la edad de 7 días comparando el lugar de ubicación de la muestra ensayada, se ve un comportamiento similar, no hay mucha discrepancia en las resistencias alcanzadas para cada tipo de cemento, se aprecia porcentajes similares en esta edad.

En cuanto a la comparación entre el concreto elaborado con el cemento TIPO IP y al TIPO I, se nota una gran diferencia de resistencias alcanzadas respecto al diseño de mezcla patrón realizado, el concreto elaborado con el cemento TIPO I, alcanza la resistencia requerida superando el 100%.

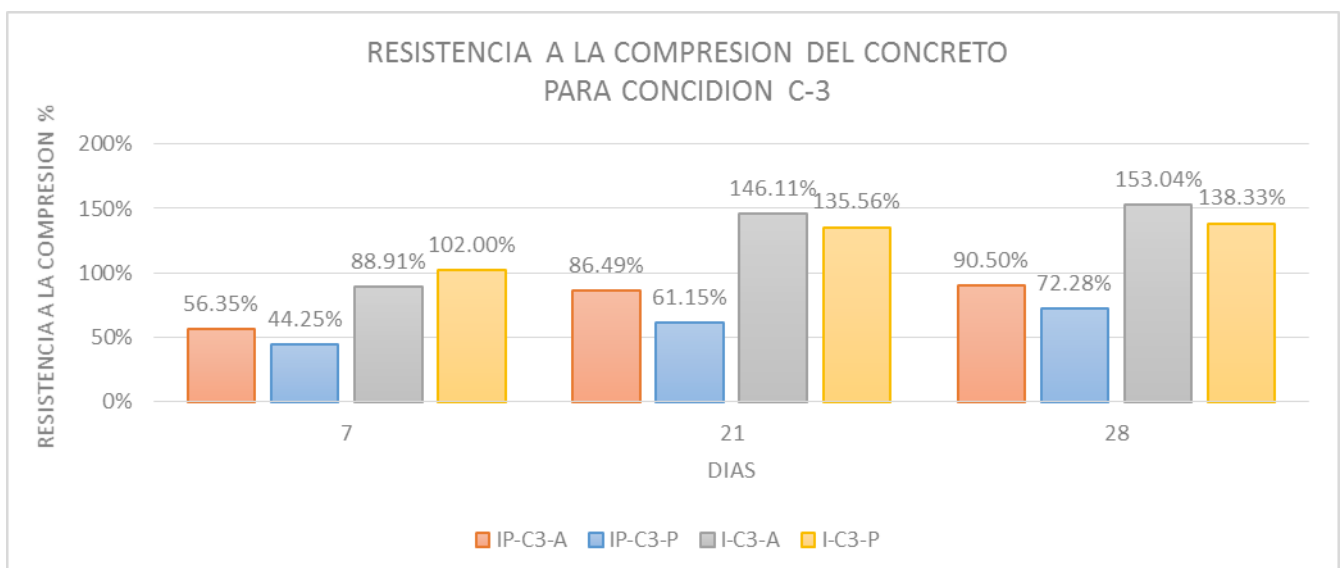
Para el ensayo de compresión a la edad de 21 días ya podemos percibir una considerable variación en para el concreto elaborado con el cemento TIPO IP, donde se aprecia una variación de la resistencia alcanzada de 96.56% para la ubicación de Abancay y un 72% para la localidad de Pachachaca, este resultado nos indica que el factor clima en la zona tiende a ser influyente a medida que va pasando el tiempo.

En cuanto para la comparación entre el concreto elaborado con el cemento TIPO IP y TIPO I, se aprecia una gran diferencia en la resistencia alcanzada para cada muestra.

Para el ensayo de 28 días en el concreto elaborado con cemento TIPO IP se aprecia una mayor diferencia entre las resistencias alcanzadas; para la ubicación de Abancay la muestra tiene éxito en cumplir el requerimiento del diseño de mezcla patrón, caso que no se puede decir para la muestra que se simula la condición en la localidad de Pachachaca donde la muestra ensayada logra una resistencia del 82.09%, para el concreto elaborado con el cemento TIPO I la muestra simulada el curado en la ubicación de Abancay alcanzo una resistencia de 170.16% y para la muestra simulada la condición de curado en la localidad de Pachachaca alcanzó una resistencia de 150.46% esta variación de resistencia para un mismo concreto ensayado con un mismo diseño de mezcla patrón nos indica que el factor clima es influyente ante el desarrollo de la resistencia de concreto.

Para la condición C-3 que se deja las muestras a la intemperie, esto simula una a una estructura de concreto que no fue curada.

Imagen 50: Variación de la condición 3 de curado en la ciudad de Abancay y la localidad de Pachachaca con ambos tipos de cemento



Fuente: Elaboración propia

En la condición C-3 donde se dejó las muestras a la intemperie totalmente podemos apreciar cómo es la variación de las resistencias alcanzadas para cada tipo de cemento y ubicación de la simulación del ensayo para cada edad.

Tabla 79: Resumen de variación porcentual comparando condiciones de curado en la ciudad de Abancay y la localidad de Pachachaca con cemento tipo IP

CEMENTO	UBICACIÓN	TIPO DE CURADO	VARIACION DE RESISTENCIA			
			7	14	21	28
TIPO IP	ABANCAY	(IP-C1-A)- (IP-C2-A)	17.77%	9.13%	5.93%	3.93%
		(IP-C1-A)- (IP-C3-A)	21.52%	18.21%	16.00%	19.54%
		(IP-C2-A)- (IP-C3-A)	3.75%	9.08%	10.07%	15.61%
	PACHACHACA	(IP-C1-P)- (IP-C2-P)	5.94%		15.40%	15.64%
		(IP-C1-P)- (IP-C3-P)	18.37%		26.75%	25.45%
		(IP-C2-P)- (IP-C3-P)	12.44%		11.36%	9.81%

Fuente: Elaboración propia

Tabla 80: Resumen de variación porcentual comparando condiciones de curado en la ciudad de Abancay y la localidad de Pachachaca con cemento tipo I

CEMENTO	UBICACIÓN	TIPO DE CURADO	VARIACION DE RESISTENCIA			
			7	14	21	28
TIPO I	ABANCAY	(I-C1-A)-(I-C2-A)	19.69%	18.53%	12.88%	14.57%
		(I-C1-A)-(I-C3-A)	45.98%	41.19%	21.20%	31.68%
		(I-C2-A)-(I-C3-A)	26.29%	22.66%	8.31%	17.11%
	PACHACHACA	(I-C1-P)-(I-C2-P)	11.88%		11.44%	19.97%
		(I-C2-P)-(I-C3-P)	25.47%		21.57%	32.10%
		(I-C2-P)-(I-C3-P)	13.59%		10.13%	12.13%

Fuente: Elaboración propia

En los cuadros se muestra la variación de la resistencia a la compresión de los testigos de concreto en porcentajes que se determinó anteriormente, para tener una relación de datos del comportamiento que desarrolla el concreto en la resistencia versus el tiempo según las condiciones de curado planteado en la investigación, para esto se realiza una simple diferencia del entre las condiciones de curado de la manera de relacionar cada uno de ellos.

Al realizar esta relación de diferencia podemos apreciar las diferentes variaciones que existen entre cada condición, y así saber que tanto afecta a la calidad del concreto en cuanto a la resistencia nos referimos.

La investigación se enfoca a determinar la cuantificación de las variaciones de resistencia que se tendría al plantear estos tres tipos de condiciones, simulando un curado óptimo de laboratorio, un curado según la sugerencia de la normativa y un curado de condiciones pésimas solo expuesto bajo las condiciones climáticas así poder poner en énfasis la importancia de este proceso constructivo.

Al realizar todas las pruebas y tener ya los datos desarrollados obtenemos el cuadro presentado el cual nos da las diferentes variaciones que presenta el concreto bajo esa condiciones, poniendo énfasis al concreto de su resistencia de edad de 28 días la variación en el concreto elaborado con cemento TIPO IP tenemos que esta variación entre condición C-1 C-2 pueden alcanzar 3.93 %, y la variación entre la C-1 y C-3 lleguen a un 19.54 % de la resistencia, para las condiciones climáticas de la ciudad de Abancay; para las condiciones climáticas de Pachachaca la variación de C-1 y C-2 llegan 15.64 % y 25.45 % para la condiciones C-1 y C-3.

Podemos resaltar que las variaciones de condiciones climáticas de C-1 y C-2 en ambos climas tienen a ser muy distintos que para la condición climática de Abancay es de 3.93 % y para Pachachaca es de 15.64 %, esto podría tener un factor más que no se consideró inicialmente pero que podemos tener en cuenta, sabemos que los testigos de concreto de la condición climática de Pachachaca se realizó un traslado de alrededor de 45 minutos

hasta el laboratorio, aun teniendo las condiciones de cuidado y siguiendo procedimientos de traslado este experimento una variación.

Para el concreto preparado con el cemento TIPO I, las variaciones entre las condiciones C-1 y C-2 son de 14.57% para la condición climática de Abancay y de 19.97 % para la condición climática de Pachachaca, y en la variación de las condiciones C-1 Y C-3 son de 31.68 % y 32.10% para la condiciones climáticas de Abancay y Pachachaca respectivamente.

Podemos apreciar en las variaciones obtenidas con los ensayos de compresión, que el concreto preparado con cemento TIPO IP son variaciones no muy dispersas en cambio en el concreto preparado con cemento TIPO I la variación que experimenta es bien significativa, esto indica que este tipo de CEMENTO tiene mayores problemas frente a un procediendo de curado pésimo el cual nos puede llevar a un perjuicio a la la calidad de construcción desarrollada con este tipo de cemento.

7.3 CURVA DE DESARROLLO DE LA RESISTENCIA DEL CONCRETO

7.3.1 CURVA DE TENDENCIA DE DESARROLLO DE LA RESISTENCIA PARA CONCRETO CON CEMENTO TIPO IP EN CONDICIÓN C-1, C-2 Y C-3

El concreto tiene un incremento de resistencia significativa a los primeros 7 días, para ver el comportamiento de mejor manera para el estudio realizado, optaremos en usar todos los datos de las pruebas realizadas en los ensayos de compresión axial simple, en anteriores capítulos se usó el promedio de los testigos para determinar la resistencia alcanzada del concreto, pero en este ítems realizaremos las curvas de tendencia según los datos, usando una ecuación para determinar la tendencia de desarrollo del concreto.

Esta ecuación determinamos según el grado de confiabilidad de la línea de tendencia, esta línea es mas confiable cuando el valor de R cuadrado esta establecido en 1 o cerca de 1.

Las líneas de tendencia que se tienen son: lineal, logarítmica, polinómica, potencial y exponencial, siendo la que más se adecua al comportamiento del desarrollo de resistencia de concreto la tendencia logarítmica.

La tendencia logarítmica es una línea curva que se ajusta perfectamente y que es muy útil cuando el índice de cambios de los datos aumenta o disminuye rápidamente y después se estabiliza, siendo el caso de desarrollo de resistencia del concreto.

Se calcula con el número mínimo de cuadrados mediante puntos utilizando la siguiente fórmula.

$$Y = A \cdot \ln X + B$$

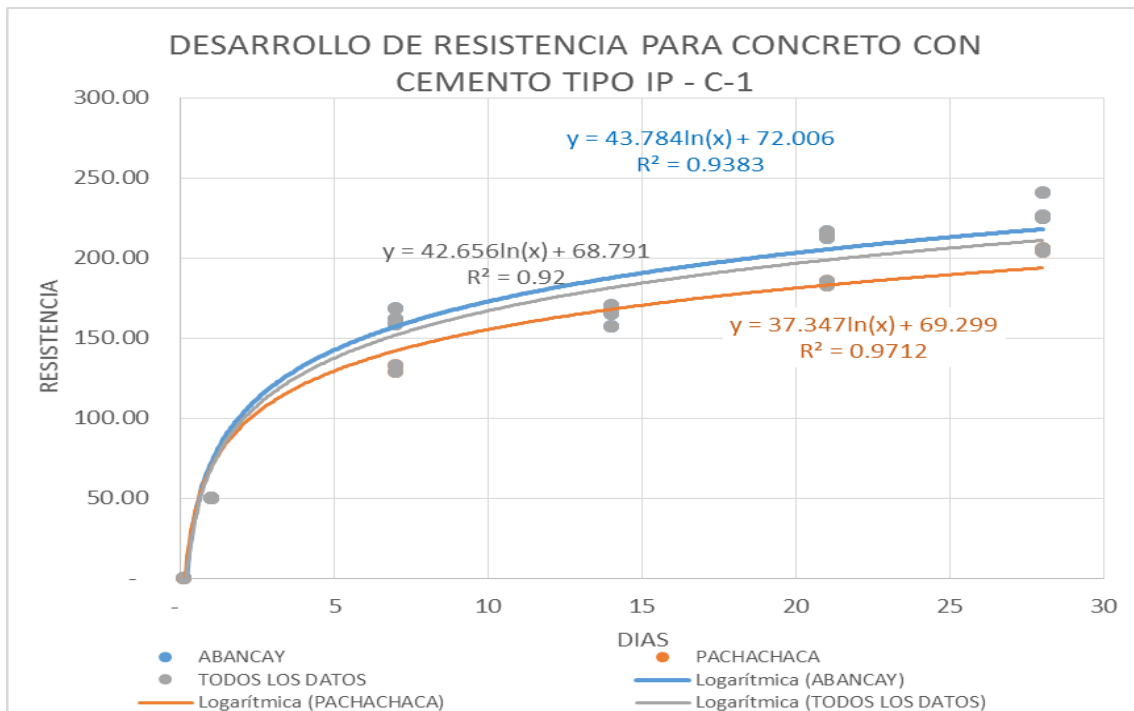
Esta tendencia nos dará una idea más clara y precisa de como el concreto adquiere más resistencia a medida que transcurre el tiempo, podemos indicar que usaremos una dispersión de datos lo cual nos indicará si hay mucha incertidumbre en los datos recolectados en laboratorio.

Tabla 81: Datos de la resistencia a compresión en la condición de curado C-1

CEMENTO PUZOLANICO TIPO IP			
		ABANCAY	PACHACHCAC
EDAD	CONDICION	RESISTENCIA	RESISTENCIA
0	C-1	0.00	0.00
1	C-1	50.00	50.00
1	C-1	50.00	50.00
7	C-1	162.13	133.21
7	C-1	158.62	128.77
7	C-1	168.44	
14	C-1	165.04	
14	C-1	170.47	
14	C-1	157.49	
21	C-1	212.49	183.04
21	C-1	215.86	185.33
21	C-1	216.28	
28	C-1	240.59	204.00
28	C-1	225.05	205.70
28	C-1	226.67	

Fuente: Elaboración propia

Imagen 51: Desarrollo de la resistencia a la compresión del concreto elaborado con cemento puzolánico tipo IP en la condición de curado C-1



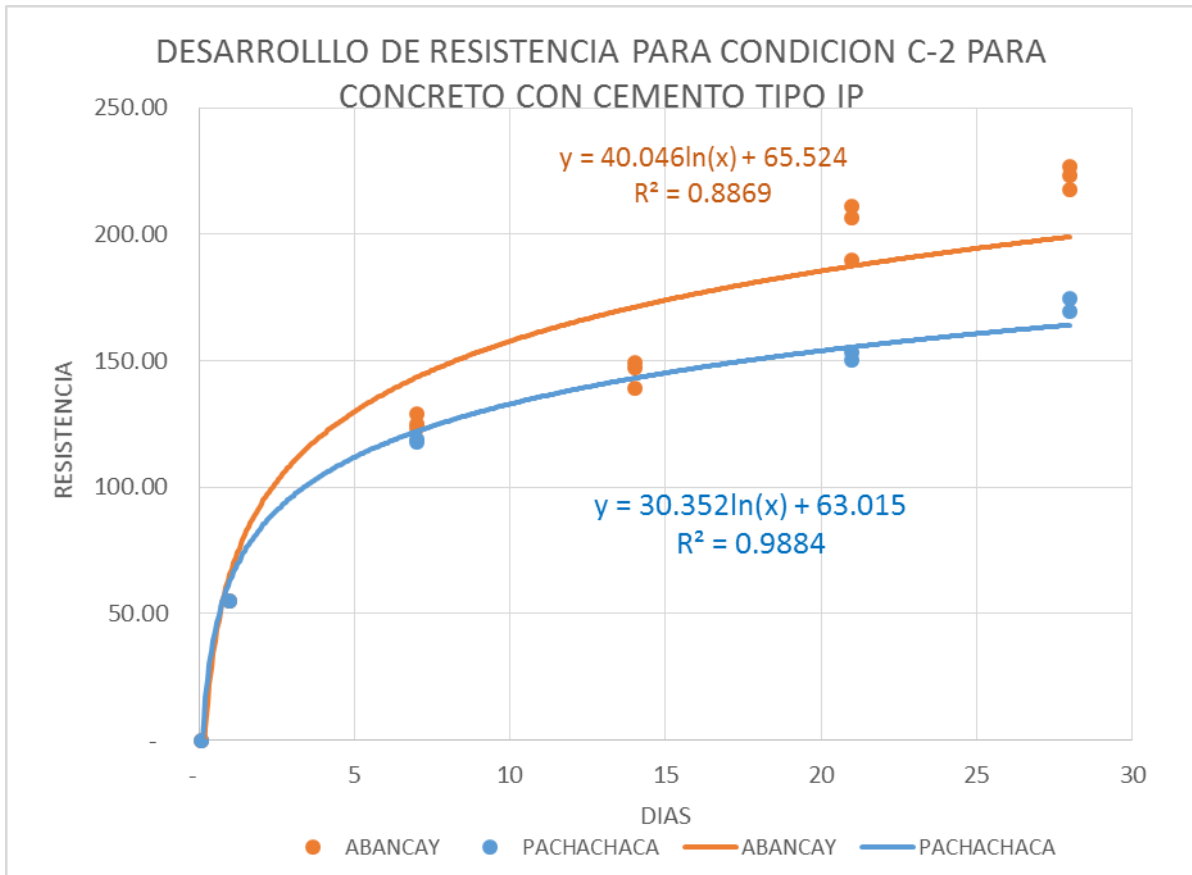
Fuente: Elaboración propia

Tabla 82: Datos de la resistencia a compresión en la condición de curado C-2

CEMENTO PUZOLANICO TIPO IP			
EDAD	CONDICION	ABANCAY	PACHACHACA
		RESISTENCIA	RESISTENCIA
0		0.00	0.00
1		55.00	55.00
7	C-2	123.19	118.07
7	C-2	128.99	118.92
7	C-2	124.81	
14	C-2	138.98	
14	C-2	146.99	
14	C-2	149.42	
21	C-2	189.68	150.10
21	C-2	211.22	153.47
21	C-2	206.26	
28	C-2	226.67	174.38
28	C-2	217.72	169.51
28	C-2	223.10	

Fuente: Elaboración propia

Imagen 52: Desarrollo de la resistencia a la compresión del concreto elaborado con cemento puzolánico tipo IP en la condición de curado C-2



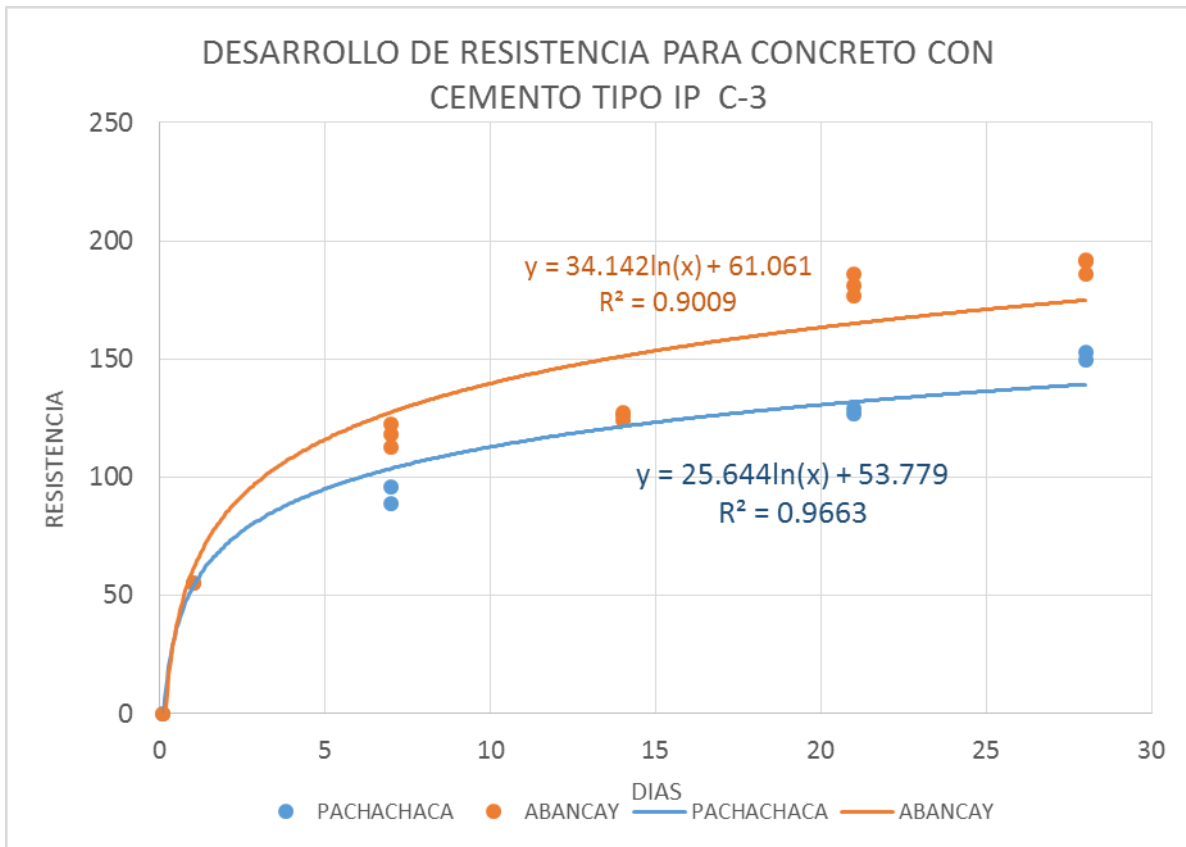
Fuente: Elaboración propia

Tabla 83: Datos de la resistencia a compresión en la condición de curado C-3

CEMENTO PUZOLANICO TIPO IP			
		ABANCAY	PACHACHACA
EDAD	CONDICION	RESISTENCIA	RESISTENCIA
0	C-1	0.00	0.00
1	C-2	55.00	55.00
7	C-3	112.89	95.78
7	C-3	122.57	88.87
7	C-3	117.87	
14	C-3	127.49	
14	C-3	124.24	
14	C-3	126.33	
21	C-3	176.92	127.04
21	C-3	185.89	128.74
21	C-3	180.80	
28	C-3	191.83	149.79
28	C-3	191.38	152.82
28	C-3	185.75	

Fuente: Elaboración propia

Imagen 53: Desarrollo de la resistencia a la compresión del concreto elaborado con cemento puzolánico tipo IP en la condición de curado C-3



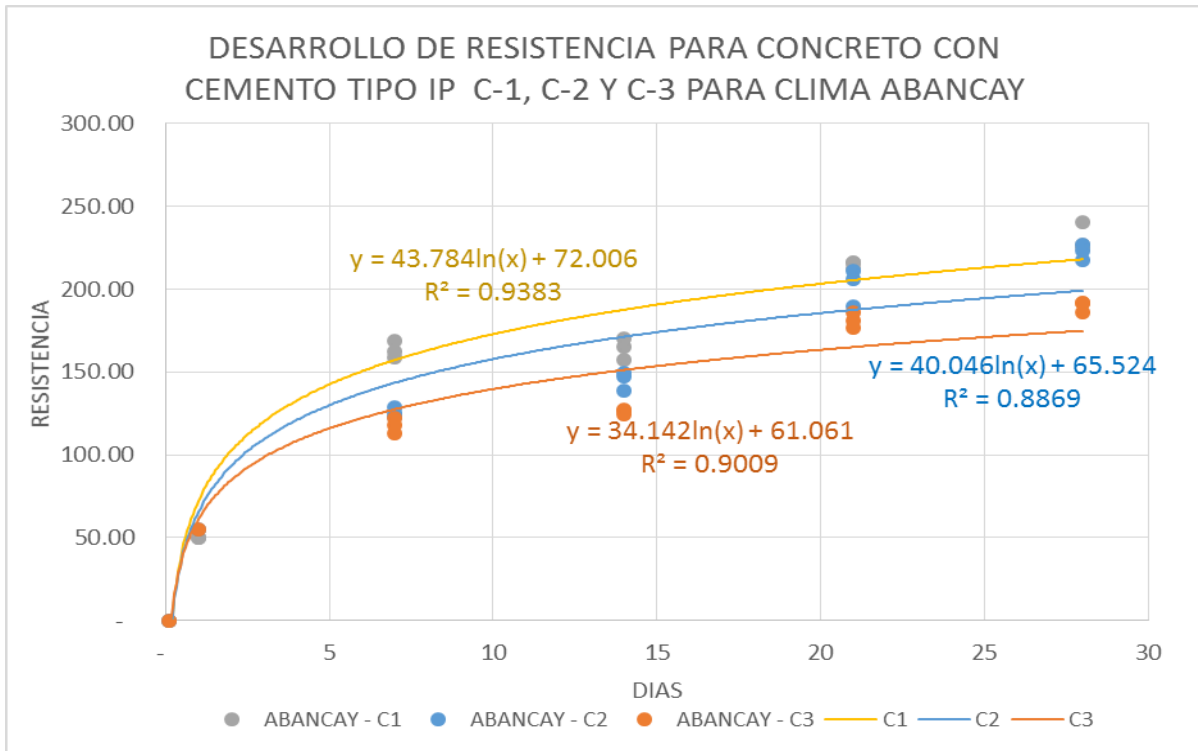
Fuente: Elaboración propia

Como podemos ver en los gráficos anteriores la curva que desarrolla la resistencia del concreto para cada coedición, se realizó gráficos en la cual podemos comparar el desarrollo de estas curvas comparando el clima en el cual están las muestras.

Para el caso de condición de curado C-1 se hace un análisis para todos los datos obtenidos en esta condición de curado sabiendo que en ambas climas propuestos se puso el testigo de concreto totalmente sumergido, donde el único factor que da una variación es la de transporte del testigo de concreto, podemos apreciar en el gráfico de la condición de curado 1 en todas las edades enyesadas de los testigos de concreto están por debajo de los testigos que se prepararon en laboratorio donde no se realizó ningún traslado.

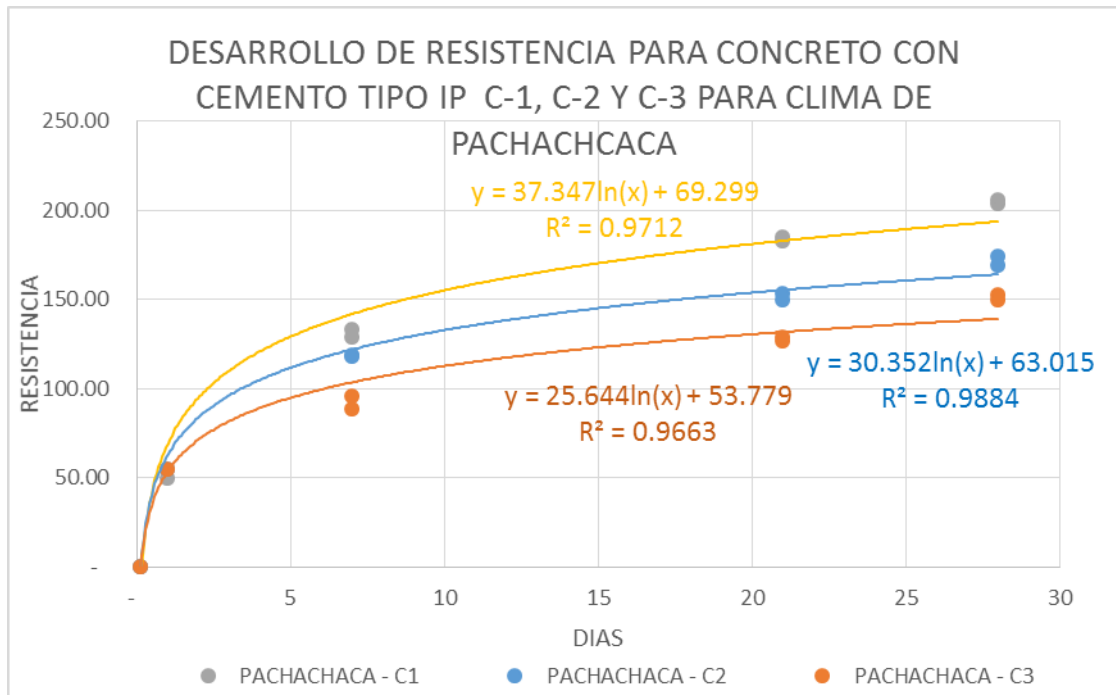
Para una mejor comprensión de cómo va desarrollándose las curvas de resistencia del concreto según su condición, colocamos este en un solo grafico donde se muestra las 3 condiciones de curado para cada clima.

Imagen 54: Comparación según la condición de curado para las curvas de desarrollo



Fuente: Elaboración propia

Imagen 55: Comparación según la condición de curado para las curvas de desarrollo



Fuente: Elaboración propia

En la investigación se plantea estas condiciones de curado del concreto el cual simula a una condición óptima, condición normal y una condición desfavorable solo a la intemperie, para el caso de este concreto elaborado con cemento TIPO IP podemos interpretar según los resultados en los gráficos que la resistencia del concreto para el clima de Abancay en la condición 2 de curado, este llegara a la resistencia requerida, sin embargo para la condición 3 de curado el concreto no logra llegar a la resistencia requerida en el diseño de mezcla.

Para el grafico del desarrollo de resistencia del concreto en el clima de Pachachaca podemos ver que el caso de la condición 1 de curado, la resistencia alcanza pero con un déficit, indicando que la temperatura afecta al desarrollo de la resistencia, en la condición 2 de curado la resistencia de desarrollo está por muy debajo de la resistencia requerida en el diseño de mezcla, esto indica que el curado no es suficiente para alcanzar un buen desarrollo de resistencia.

En la condición 3 de curado para el clima de Pachachaca es considerable la pérdida de resistencia que tendrá el concreto por efectos de la intemperie que está el testigo de concreto.

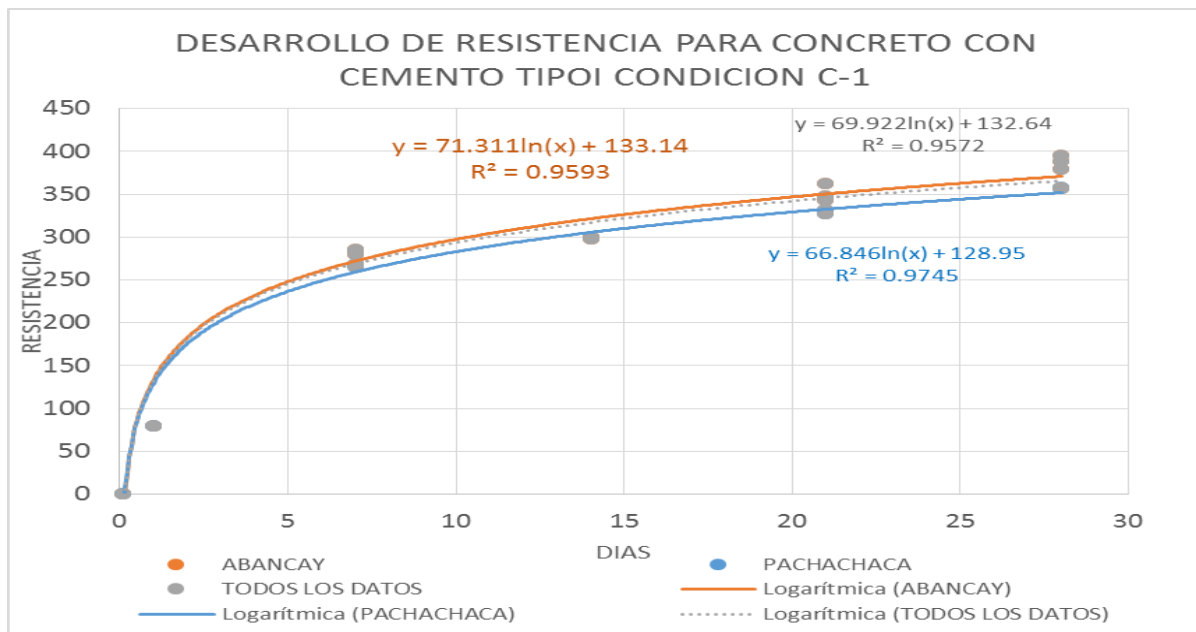
7.3.2 Curva de tendencia de desarrollo de la resistencia para concreto con cemento tipo I en condición c-1, c-2 y c-3

Tabla 84: Datos de la resistencia a compresión en la condición de curado C-1

CEMENTO TIPO I			
		ABANCAY	PACHACHACA
EDAD	CONDICION	RESISTENCIA	RESISTENCIA
0		0.00	0.10
1		80.00	80.00
7	C-1	285.15	269.16
7	C-1	284.30	265.71
7	C-1	279.69	
14	C-1	299.86	
14	C-1	298.50	
14	C-1	299.64	
21	C-1	342.76	331.72
21	C-1	362.85	327.96
21	C-1	348.19	
28	C-1	389.05	357.19
28	C-1	395.72	358.49
28	C-1	379.00	

Fuente: Elaboración propia

Imagen 56: Desarrollo de la resistencia a la compresión del concreto elaborado con cemento tipo I en la condición de curado C-1



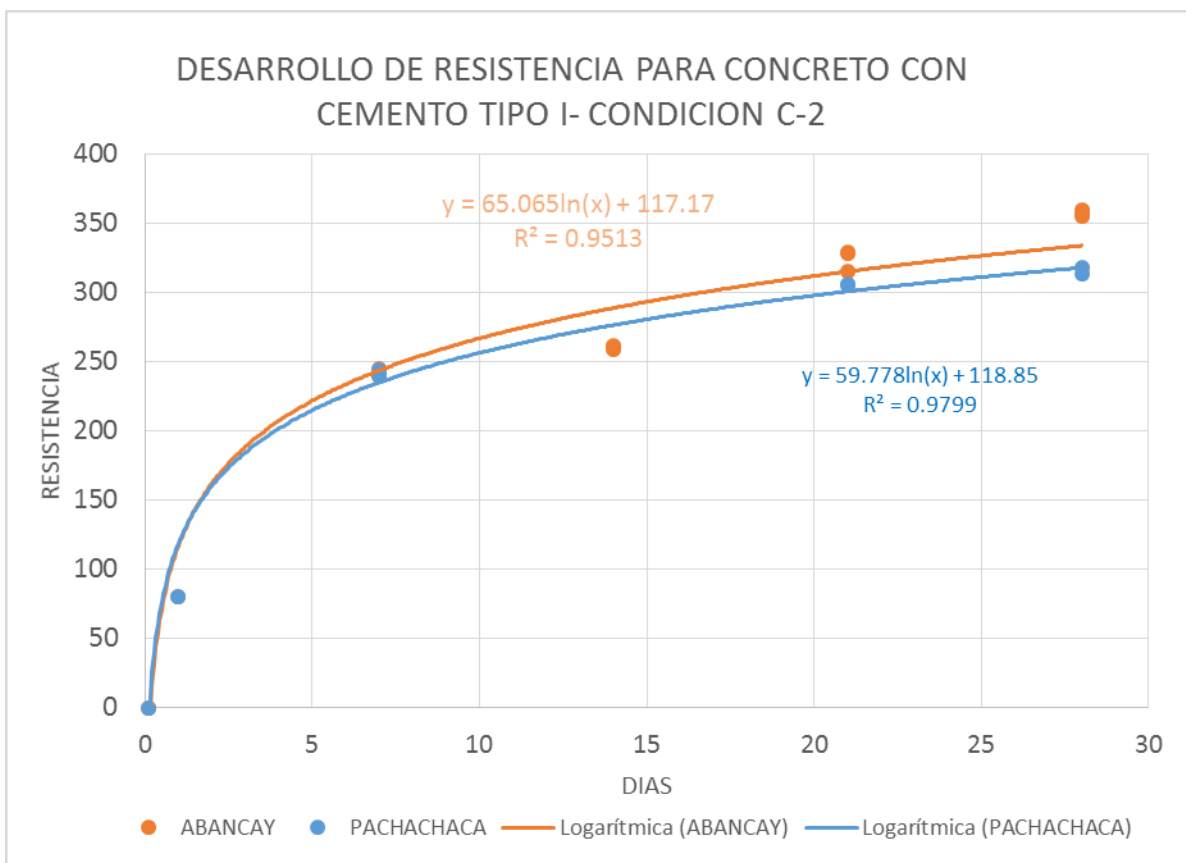
Fuente: Elaboración propia

Tabla 85: Datos de la resistencia a compresión en la condición de curado C-2

CEMENTO TIPO I			
		ABANCAY	PACHACHACA
EDAD	CONDICION	RESISTENCIA	RESISTENCIA
0	C-2	0.10	0.10
1	C-2	80.00	80.00
7	C-2	239.40	240.84
7	C-2	240.84	244.04
7	C-2	244.60	
14	C-2	258.89	
14	C-2	261.67	
14	C-2	260.48	
21	C-2	328.89	305.29
21	C-2	315.65	306.26
21	C-2	327.93	
28	C-2	357.21	317.77
28	C-2	355.06	313.87
28	C-2	359.51	

Fuente: Elaboración propia

Imagen 57: Desarrollo de la resistencia a la compresión del concreto elaborado con cemento tipo I en la condición de curado C-2



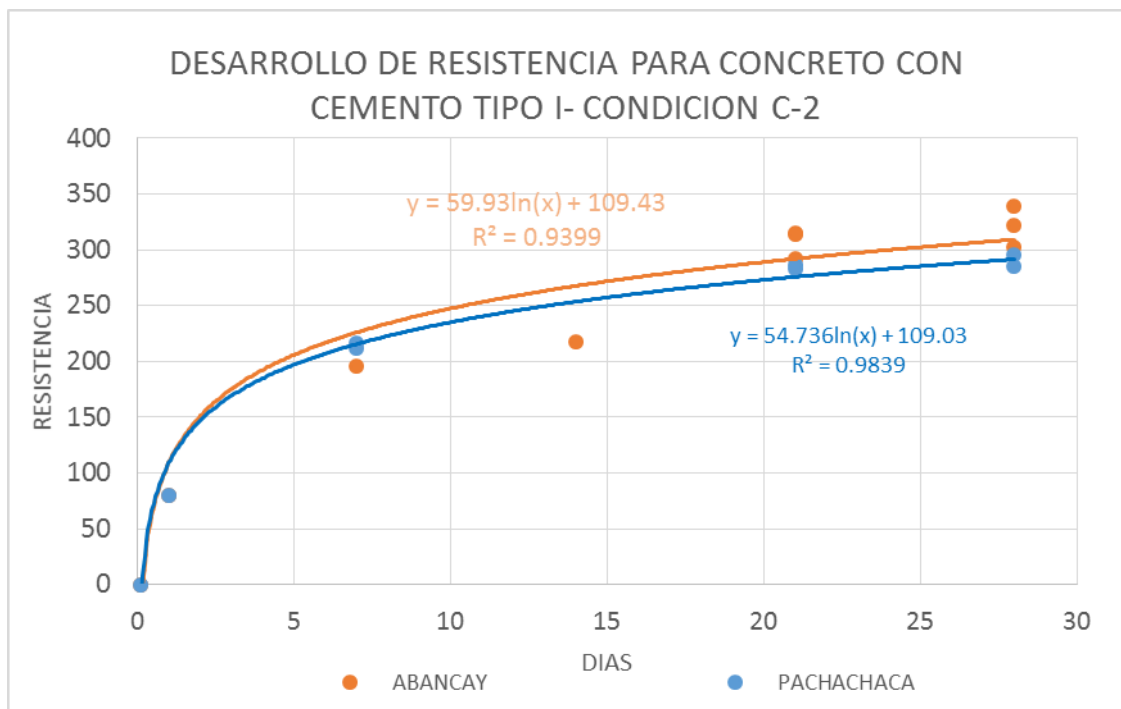
Fuente: Elaboración propia

Tabla 86: Datos de la resistencia a compresión en la condición de curado C-3

CEMENTO TIPO I			
		ABANCAY	PACHACHACA
EDAD	CONDICION	RESISTENCIA	RESISTENCIA
0	C-3	0.00	0.10
1	C-3	80.00	80.00
7	C-3	184.45	211.81
7	C-3	178.37	215.88
7	C-3	196.08	
14	C-3	213.06	
14	C-3	207.28	
14	C-3	217.67	
21	C-3	291.54	286.05
21	C-3	314.77	282.86
21	C-3	313.67	
28	C-3	339.45	284.92
28	C-3	302.61	295.67
28	C-3	321.71	

Fuente: Elaboración propia

Imagen 58: Desarrollo de la resistencia a la compresión del concreto elaborado con cemento tipo I en la condición de curado C-3



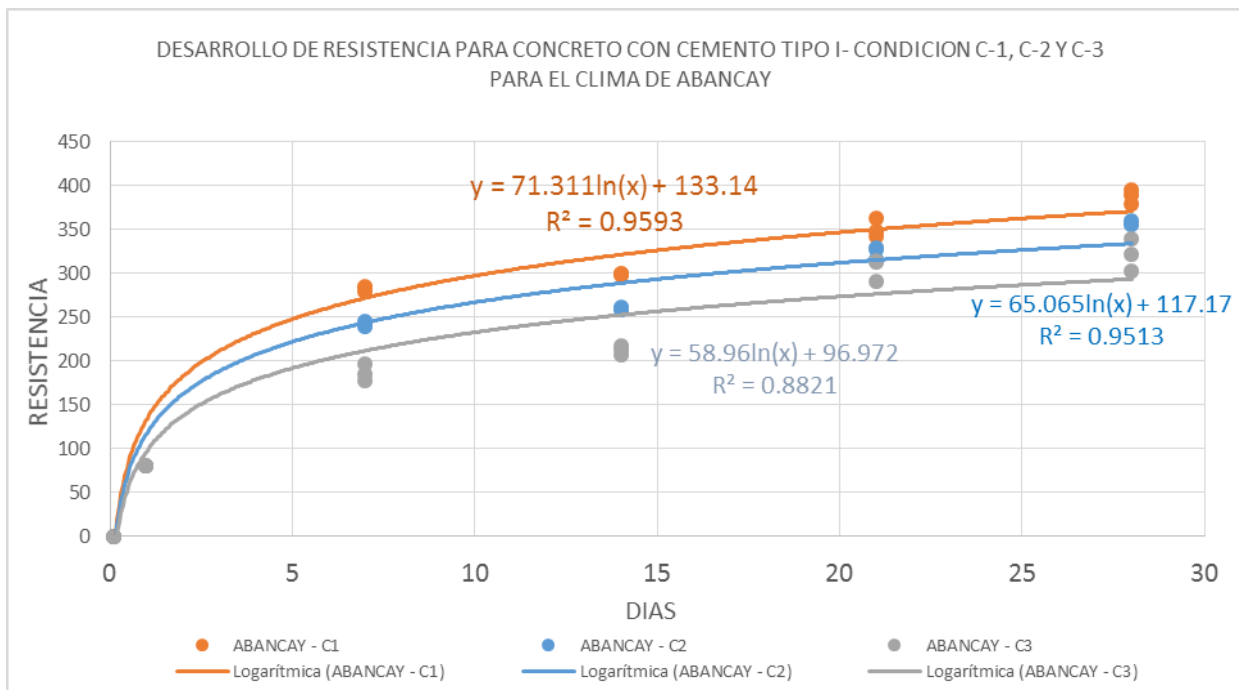
Fuente: Elaboración propia

El concreto en el desarrollo de la resistencia tiene similar comportamiento en las tendencias de desarrollo, pero diferentes cantidades de obtención de

resistencia, en este concreto elaborado con cemento TIPO I podemos apreciar una gran resistencia alcanzada por los testigos de concreto, esto indica que este cemento tiene mayor aceleración al alcanzar la resistencia por que se genera mayor calor de hidratación, sin embargo viendo los resultados de las curvas generadas por la tendencia de los datos recolectados en laboratorio, se aprecia que también tiene mayor variación de desarrollo de resistencia del concreto en cuanto a las condiciones planteadas, esto es un efecto que se aprecia en este concreto elaborado con el cemento TIPO I .

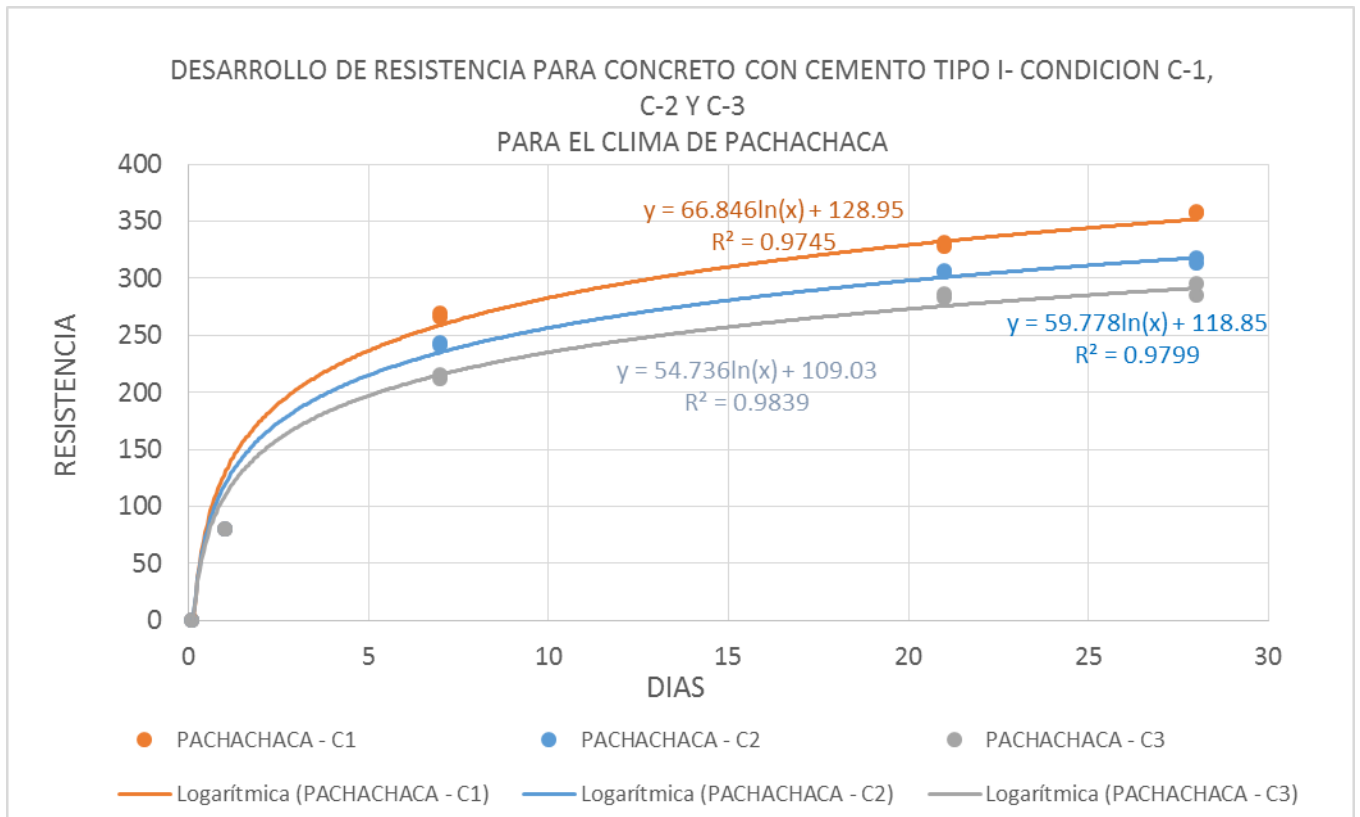
Es importante mencionar que el cemento tiene una reacción química cuando está en contacto con el agua, en el caso de este cemento al ser de mayor calor de hidratación acelera este proceso como también es más perjudicial si el concreto no está en curado.

Imagen 59: Comparación según la condición de curado para las curvas de desarrollo para clima Abancay con cemento tipo I



Fuente: Elaboración propia

Imagen 60: Comparación según la condición de curado para las curvas de desarrollo para clima de Pachachaca con cemento tipo I



Fuente: Elaboración propia

CAPITULO VIII: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

8.1 CONCLUSIONES

- Las canteras estudiadas no están bajo los límites de la norma ASTM-33, pero sin embargo en las pruebas para resistencia del concreto se logra obtener la resistencia requerida que se planteó en el capítulo de diseño de mezcla esto indica y que aun si el agregado no estén dentro de los límites de la ASTM C-33 se lograr obtener la resistencia requerida por que en el diseño se usa un alto factor de seguridad.
- Para el estudio se realizó las pruebas con concreto elaborado con dos tipos de cemento, CEMENTO TIPO I y CEMENTO TIPO IP los cuales se realizó las pruebas comparativas de resistencia a la compresión del concreto con diferentes condiciones de curado, los cuales se esperaba variaciones considerables respecto a la resistencia a la compresión, pero no idénticas a esta puesto que cada cemento tiene diferente reacción química por sus componentes en su composición.
- La ubicaciones de las simulaciones de condiciones de curado tienen un comportamiento similar en la condición 1 pero sin embargo para la condición 2 y 3 son severamente afectados por la intemperie a la que están expuestas, cabe recalcar que estas pruebas se realizaron en un periodo de 1 mes y 15 días, lo cual nos da como indicador de clima parcialmente para la temporada.
- Las resistencias que alcanzan cada concreto elaborado con los dos tipos de cemento tienen gran diferencia en cuanto a la resistencia, en caso del TIPO I logra superar las resistencia requerida por el diseño llegando a un 387.93 kg/cm² de mezcla que fue de $f_c' = 210$ kg/cm² con un $F_r'c$ 294 kg/cm² el cual nos daba un factor de seguridad; para el concreto elaborado con cemento TIPO IP llego a una resistencia a los 28 días de $f_c = 230.77$ kg/cm² que está dentro de los rangos del parámetro de diseño de mezcla.

- Debido a las limitaciones del uso de laboratorio, y la disponibilidad de un laboratorio externo se optó por este último, en lo general los agregados se tuvieron en sacos los cuales estuvieron bajo techo pero el ambiente húmedo y las altas temperaturas del ambiente hacen que el agregado gane o pierda humedad.

8.2 RECOMENDACIONES

- Es muy importante realizar un estudio de cantera para para realizar un diseño de mezcla que nos de la dosificación óptima, el cual nos de la garantía necesaria para cumplir los requerimientos de resistencia trabajabilidad y calidad del concreto.
- Una consideración que se debe tener en cuenta que por más que se tenga datos con alteración a la fecha en la cual se realizara el diseño de mezcla la granulometría de esta no será la misma esto por un desgaste de las máquinas para la obtención del agregado.
- Se recomienda el uso adecuado del tipo de curado a emplear en una estructura de concreto según el tipo de cemento que se tiene, pues vemos que al realizar este estudio para la localidad de Abancay - Apurímac vemos las diferencias de las resistencias que se generan.
- Aun viendo que el concreto elaborado con el cemento tipo I logra desarrollar una resistencia muy alta y sobrepasar el diseño requerido, no indica que no es necesario el curado, eso podrá decir que el concreto cumple con la resistencia a la compresión pero no el de calidad a la durabilidad de esta misma, lo recomendable para este caso es realizar un reajuste al diseño de mezcla y optimizar los materiales.
- Muchas veces tenemos en construcción de obras civiles donde se ve el empleo del concreto que estas no serán tratadas la condición de curado por circunstancias de entorno, distancia, etc.; esto puede ser en obras de pavimentos, obras hidráulicas (captaciones, cámara de romper presiones), obras civiles (alcantarilla, cunetas, badenes), al evaluar este tipo de infraestructuras y las condiciones y tipo de supervisión que tengan, un factor muy importante que se debe tener el proyectista es la condición de curado a la cual se enfrentará este concreto, podemos decir que debe usarse un factor más de condición de curado.
- En general se debe hacer un control periódico de los dientes de la chancadora, ya que debido a los constantes trabajos, estos tienden a desgastarse y hacen que la granulometría de los agregados varíen, además de ello del mismo modo hacer un control granulométrico periódico de los agregados obtenidos.

BIBLIOGRAFIA

1. Bolivar, O. G. (2003). *Manual de Agrados Para el Hormigon*. Medellin - Colombia.
2. Campos, C. A. (mayo 2013). *Diseño de mezclas de concreto*. lima.
3. Castillo, F. A. (s.f.). *Tecnología del Concreto (teoría y problemas)*. Lima - Peru.
4. Chipana Soto, A. (s.f.). Historia del concreto y su llegada al Peru. 2.
5. comunicaciones, M. d. (mayo 2016). *Manual de ensayo de Materiales*. Lima - Peru.
6. Enero, P. A. (2006). *Influencia de los métodos comunes de curado en los especímenes de concreto de alto desempeño*. Lima - Peru.
7. Garin, L., Santilli, A., & Pejoja, E. (2012). *Influencia del curado en la resistencia a la compresión del hormigon: estudio experimental*.
8. Hernandez, F. (marzo 2005). *Conceptos básicos del concreto*. Mexico: IMCYC.
9. Kumar Mehta, & Paulo, M. (s.f.). *Concreto, estructura, propiedades y materiales*. Mexico.
10. M, S., Sanchez Muñoz, F. L., & Tapia Medina, R. D. (2015). *Relación de la resistencia a la compresión de cilindros de concreto a edades de 3, 7, 14, 28 y 56 días respecto a la resistencia a la compresión de cilindros de concreto a edad de 28 días*. Trujillo - Peru.
11. Mehta, K., & Monteiro, P. (s.f.). *concreto. estructura, propiedades y materiales*. 1-2.
12. Mendoza Camey, V. G. (febrero - 2008). *Evaluación de la calidad de agregados para concreto, en el departamento de totonicapan*. Guatemala.
13. Rivva Lopez, E. (Diciembre 2000). *Naturaleza y materiales del concreto*. Lima - Peru: ACI-Peru.
14. Rodriguez, A. P. (mayo 2013). *Manual de prácticas de laboratorio*. lima.
15. Solis Carcaño, R., & I. Moreno, E. (2005). *influencia del curado húmedo en la resistencia a la compresión del concreto en clima cálido subhúmedo*. Mexico.
16. Solis Carcaño, R., & I. Moreno, E. (Noviembre 2015). *Influencia del curado húmedo en la resistencia a la compresión del concreto en clima cálido subhúmedo*.
17. Torres Carrillo, A. (2004). *curso básico de tecnología del concreto*. lima.

18. Torres, S. D. (2016). *Evaluación de los efectos del curado interno en el concreto*. Bogota - Colombia.

REFERENCIA ELECTRÓNICA

1. Tecnología del concreto. Autor: Ing. José A. Rodríguez Ríos, disponible en web:
https://es.slideshare.net/Consultora_KECSAC/modulo-iv-tecnologa-del-concreto.
2. Conceptos básicos del concreto, Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto, disponible en web:
<https://es.slideshare.net/tanialuishernandez/pruebas-de-concreto-41684825>.
3. Curso de Tecnología del concreto, autor: Ing. Sagastegui Plasencia, Fidel German, disponible en web:
<https://es.slideshare.net/eduardoalbarranvasqu/tecnologia-del-concreto>.
4. Ficha técnica del cemento sol – portland tipo I, disponible en web:
<http://www.unacem.com.pe/FichasTecnicas/Cemento%20Sol.pdf>
5. Ficha técnica del cemento Yura – puzolánico tipo IP, disponible en web:
<http://www.proconsrl.com/pdfs/88.pdf>.

CAPITULO IX: ANEXOS

ANEXOS

TESIS: “INFLUENCIA DEL CURADO EN LA RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL CONCRETO PREPARADO CON CEMENTO PORTLAND TIPO I Y PUZOLANICO IP EN LA CIUDAD DE ABANCAY - APURIMAC”.

MATRIZ DE CONSISTENCIA

TESIS: “INFLUENCIA DEL CURADO EN LA RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL CONCRETO PREPARADO CON CEMENTO PORTLAND TIPO I Y PUZOLANICO IP EN LA CIUDAD DE ABANCAY - APURIMAC”.

Anexo 1: Matriz de consistencia

MATRIZ DE CONSISTENCIA					
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	OBJETIVOS DE LA INVESTIGACION	HIPOTESIS DE LA INVESTIGACION	VARIABLE DE ESTUDIO	INDICADORES	METODOLOGIA DE LA INVESTIGACION
PROBLEMA GENERAL	OBJETIVO GENERAL	HIPOTESIS GENERAL	VARIABLE DEPENDIENTE	INDICADORES DEPENDIENTES	
P.G: ¿Cómo influye el proceso de curado del concreto utilizado en la construcción de las obras en la ciudad de Abancay?	OG: Determinar cual es la influencia que ejerce el curado en el concreto para el clima de la ciudad de Abancay y Pachachaca, utilizando el cemento portland tipo I y cemento puzolánico tipo IP	<ul style="list-style-type: none"> HG: La diferencia existente entre las condiciones del tipo de curado del concreto elaborado con cemento portland tipo I y cemento puzolánico tipo IP, influyen significativamente en el tiempo de desarrollo de la resistencia del concreto a la compresión. 	VD: Adecuado metodo de curado	Recopilacion de resultados obtenidos en laboratorio para luego ser evaluados	TIPO DE INVESTIGACION: CORRELACIONAL
PROBLEMA ESPECIFICO	OBJETIVO ESPECIFICO	HIPOTESIS ESPECIFICA	VARIABLES INDEPENDIENTES	INDICADORES INDEPENDIENTES	METODO DE INVESTIGACION: CUALITATIVA Y CUANTITATIVA
P.1 ¿Cómo influye el curado en el comportamiento de la resistencia a la compresion del concreto según el clima de Abancay - Apurimac?	O1: Elaborar los ensayos de laboratorio para conocer las propiedades físico-mecánicas de los agregados, tales como; determinación del peso unitario, contenido de vacíos, absorción y contenido de humedad.	<ul style="list-style-type: none"> H1: El metodo de curado influye en la resistencia a la compresion del concreto. 	V1: tiempo y condicion de curado	control de curado de acuerdo a cada diferente condicion de curado	NIVEL DE INVESTIGACION: EXPLICATIVA
P.2 ¿Cuál es la variacion cualitativa y cuantitativa del comportamiento del concreto utilizando en su preparacion los cementos portland tipo I y cemento puzolánico tipo IP?	O2: Determinar cómo influye el curado en el comportamiento de la resistencia a la compresión del concreto según el clima de Abancay y Pachachaca.	<ul style="list-style-type: none"> H2: Los tipos de cemento, cemento portland tipo I y cemento puzolánico tipo IP utilizado para la preparacion de concreto influye en las características de desarrollo de resistencia del concreto. 	V2: variacion de altitud y ubicación geografica	temperatura, vientos y humedad	INSTRUMENTO: <ul style="list-style-type: none"> • Protocolos de ensayo de materiales en laboratorio • Protocolos de diseño de mezcla para los dos tipos de cemento • Protocolos para la elaboración de concreto • Protocolos para pruebas de compresión en los cilindros de concreto.
P.3 ¿Cuál es la influencia del metodo de curado en el comportamiento del concreto durante el tiempo que alcanza la resistencia requerida?	O3: Determinar cuál es la variación cualitativa y cuantitativa del comportamiento del concreto utilizando en su preparación los cementos portland tipo I y cemento puzolánico tipo IP.	<ul style="list-style-type: none"> H3: Las condiciones climaticas de la ciudad de abancay influyen en el comportamiento de las características del concreto. 	V3: roturas de probetas a edad de 7, 14, 21 y 28 dias	pruebas de compresion	TECNICA: ESTADISTICO

Anexo 2: Certificado de calibración de equipos

**CERTIFICADO DE
CALIBRACION DE
EQUIPOS**

TESIS: “INFLUENCIA DEL CURADO EN LA RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL CONCRETO PREPARADO CON CEMENTO PORTLAND TIPO I Y PUZOLANICO IP EN LA CIUDAD DE ABANCAY - APURIMAC”.

**PROTOSCOLOS DE DISEÑO
DE MEZCLA “METODO
WALKER”**

TESIS: “INFLUENCIA DEL CURADO EN LA RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL CONCRETO PREPARADO CON CEMENTO PORTLAND TIPO I Y PUZOLANICO IP EN LA CIUDAD DE ABANCAY - APURIMAC”.

DISEÑO DE MEZCLA – METODO WALKER – CEMENTO PORTLAND TIPO I

“INFLUENCIA DEL CURADO EN LA RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL CONCRETO PREPARADO CON CEMENTO PORTLAND TIPO I Y CEMENTO PUZOLANICO IP EN LA CIUDAD DE ABANCAY - APURIMAC ”

DISEÑO DE MEZCLAS: METODO WALKER

Elaborado por: BACH. Cuellar Loaiza, Julio Cesar
BACH. Sequeiros Arone, Walker

Asesor: Ing. Hugo V. Acosta Valer

A. CARACTERISTICAS DE LOS MATERIALES:

CANTERA: AYMITUMA

AGREGADO FINO	
peso especifico aparente	2.69 gr/cm ³
Peso unitario suelto	1617.31 Kg/m ³
Peso unitario compactado	1913.00 Kg/m ³
Humedad Natural	0.30%
% Absorcion	2.25%
Modulo de fineza	3.09

CANTERA: GAMARRA

AGREGADO GRUESO	
Perfil	angular
Tamano maximo nominal	0.75 Pulg
peso especifico aparente	2.66 gr/cm ³
Peso unitario suelto	1281.10 Kg/m ³
Peso unitario compactado	1617.00 Kg/m ³
Humedad Natural	0.05%
% Absorcion	0.78%
Modulo de fineza	5.78

CEMENTO:

Tipo de cemento
Peso especifico

portland tipo I
3150.00 Kg/m ³

CONCRETO:

Especificaciones del concreto
Slump

210.00 kg/cm ²
3" a 4"

Determinacion de la resistencia promedio

f'c	f'cr	Valor seleccionado para f'cr	84
f'c < 210 kg/cm ²	f'c + 70		
210 ≤ f'c ≤ 350	f'c + 84	f'cr=	295.00 kg/cm ²
f'c > 350 kg/cm ²	f'c + 98		

Volumen Unitario de Agua (lt/m³)

Asentamiento	Tamaño Maximo del Agregado Grueso					
	3/8"	1/2"	3/4"	1"	1 1/2"	2"
<i>sin aire incorporado</i>						
1" a 2"	207	199	190	179	166	154
3" a 4"	228	216	205	193	181	169
6" a 7"	243	228	216	202	190	178
<i>con aire incorporado</i>						
1" a 2"	181	175	168	160	150	142
3" a 4"	202	193	184	175	165	157
6" a 7"	216	205	197	184	174	166

Seleccionar el Volumen de agua en funcion al tamaño nominal maximo del agregado grueso y al slump

205.00 lts/m³

Contenido de Aire atrapado

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

Seleccionar la cantidad de Aire atrapado en funcion al TMN del agregado grueso

2.0%

Determinacion de la Relacion Agua - Cemento

f'c Kg/cm ²	Relacion agua / cemento en peso	
	concreto sin aire incorporado	concreto con aire incorporado
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	

Interpolacion para determinar valores

f'c Kg/cm ²	agua /cemento
250	0.62
300	0.55
295	x

la relacion agua / cemento utilizada=

0.557

Determinacion del factor Cemento

Fc= 368.04 Kg

Fc= 8.66 bolsas

Calculo del volumen absoluto de la pasta

Cemento 0.12
 Agua 0.205
 Aire 0.02

Volumen de la pasta = 0.34 m3

Calculo del volumen del agregado global

Agregado global= 0.66 m3

Calculo del porcentaje de incidencia del agregado fino sobre el agregado global

porcentaje de agregado fino								
tamaño Maximo Nominal del Agregado Grueso	Agregado redondeado				Agregado Angular			
	Factor cemento expresado en sacos por				Factor cemento expresado en sacos por			
	5	6	7	8	5	6	7	8
agregado fino - Modulo de Fineza de 2.3 a 2.4								
3/8"	60	57	54	51	69	65	61	58
1/2"	49	46	43	40	57	54	51	48
3/4"	41	38	35	33	48	45	43	41
1"	40	37	34	32	47	44	42	40
1 1/2"	37	34	32	30	44	41	39	37
2"	36	33	31	29	43	40	38	36
agregado fino - Modulo de Fineza de 2.6 a 2.7								
3/8"	66	62	59	56	75	71	67	64
1/2"	53	50	47	44	61	58	55	53
3/4"	44	41	38	36	51	48	46	44
1"	42	39	37	35	49	46	44	42
1 1/2"	40	37	35	33	47	44	42	40
2"	37	35	33	32	45	42	40	38
agregado fino - Modulo de Fineza de 3.0 a 3.1								
3/8"	74	70	66	62	84	80	76	73
1/2"	59	56	53	50	70	66	62	59
3/4"	49	46	43	40	57	54	51	48
1"	47	44	41	38	55	52	49	46
1 1/2"	44	41	38	36	52	49	46	44
2"	42	38	36	34	49	46	44	42

tipo de agregado = angular
 Tamaño Maximo nominal del agregado grueso = 0.75 Pulg
 Modulo de Fineza = 3.09
 Seleccionar el valor del recuadro = 48%

Calculo del Volumen Absoluto:

Agregado fino = volumen agregado global x % =

0.32 m3

agregado grueso = volumen agregado global x (100 - %) =

0.45 m3

Calculo de los pesos secos de los agregados

Peso seco del agregado fino = 849.19 kg

Peso seco del agregado grueso = 1199.43 kg

Determinacion de los Valores de Diseño en laboratorio

Cemento: 8.66 bolsas
Agregado fino: 849.19 kg
Agregado grueso: 1199.43 kg
Agua de mezcla: 205.00 lts
contenido de aire atrapado: 2.0%

Correccion por Humedad de los Agregados

Calculo de los pesos Humedos

Peso humedo agregado fino= 849.21 kg

Peso humedo agregado Grueso= 1199.44 kg

calculo de la humedad superficial

Agregado Fino= -1.95%

Agregado Grueso= -0.73%

Aporte de agua por humedad superficial del Agregado

Agregado Fino= -16.55 lts

Agregado Grueso= -8.79 lts

Aporte por Humedad = -25.34 lts

Volumen de agua efectiva= 230.34 lts

Determinacion de los valores de Diseño

Cemento:	368.04 Kg
Agregdao fino:	849.21 kg
Agregdao grueso:	1199.44 kg
Agua de mezcla:	230.34 lts
contenido de aire atrapado:	2.0%

Proporcionamiento del diseño de mezclas

Cemento:	1.00
Agregado fino:	2.31
Agregado grueso:	3.26
Agua de mezcla:	26.60 lts

Elaboracion de Probetas de Ensayo

I. probeta

diámetro= 15.00 cm

Altura= 30.00 cm

Volumen= 0.0053 m³

II. Concreto

de probetas= 10

Cemento:	19.51 Kg
Agregdao fino:	45.02 Kg
Agregdao grueso:	63.59 Kg
Agua de mezcla:	12.21 lts

OBSERVACIONES:

Asesor: Ing. Hugo V. Acosta Valer

DISEÑO DE MEZCLA – METODO WALKER – CEMENTO PUZOLANICO TIPO IP

**“INFLUENCIA DEL CURADO EN LA RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL CONCRETO PREPARADO CON CEMENTO
PORTLAND TIPO I Y CEMENTO PUZOLANICO IP EN LA CIUDAD DE ABANCAY - APURIMAC ”**

DISEÑO DE MEZCLAS: METODO WALKER

Elaborado por: **BACH. Cuellar Loaiza, Julio Cesar**
BACH. Sequeiros Arone, Walker

Asesor: **Ing. Hugo V. Acosta Valer**

A. CARACTERISTICAS DE LOS MATERIALES:

cantera: AYMITUMA

AGREGADO FINO	
peso especifico aparente	2.69 gr/cm ³
Peso unitario suelto	1617.31 Kg/m ³
Peso unitario compactado	1913.00 Kg/m ³
Humedad Natural	0.30%
% Absorción	2.25%
Modulo de fineza	3.09

cantera: GAMARRA

AGREGADO GRUESO	
Perfil	angular
Tamaño máximo nominal	0.75 Pulg
peso especifico aparente	2.66 gr/cm ³
Peso unitario suelto	1281.10 Kg/m ³
Peso unitario compactado	1617.00 Kg/m ³
Humedad Natural	0.05%
% Absorción	0.78%
Modulo de fineza	5.78

CEMENTO:

Tipo de cemento

puzolanico tipo IP

Peso específico

2850.00 Kg/m³

CONCRETO:

Especificaciones del concreto

210.00 kg/cm²

Slump

3" a 4"

Determinación de la resistencia promedio

$f'c$	$f'cr$
$f'c < 210 \text{ kg/cm}^2$	$f'c + 70$
$210 \leq f'c \leq 350$	$f'c + 84$
$f'c > 350 \text{ kg/cm}^2$	$f'c + 98$

Valor seleccionado para $f'cr$

84

$f'cr =$

295.00 kg/cm²

Volumen Unitario de Agua (lt/m³)

Asentamiento	Tamaño Máximo del Agregado Grueso					
	3/8"	1/2"	3/4"	1"	1 1/2"	2"
<i>sin aire incorporado</i>						
1" a 2"	207	199	190	179	166	154
3" a 4"	228	216	205	193	181	169
6" a 7"	243	228	216	202	190	178
<i>con aire incorporado</i>						
1" a 2"	181	175	168	160	150	142
3" a 4"	202	193	184	175	165	157
6" a 7"	216	205	197	184	174	166

Seleccionar el Volumen de agua en funcion al tamaño nominal maximo del agregado grueso y al slump

205.00 lts/m³

Contenido de Aire atrapado

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

Seleccionar la cantidad de Aire atrapado en funcion al TMN del agregado grueso

2.0%

Determinacion de la Relacion Agua - Cemento

f'c Kg/cm ²	Relacion agua / cemento en peso	
	concreto sin aire incorporado	concreto con aire incorporado
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	

Interpolacion para determinar valores

f'c Kg/cm ²
250
300
295

agua /cemento
0.62
0.55
x

la relacion agua / cemento utilizada=

0.557

Determinacion del factor Cemento

F_c= 368.04 Kg

F _c =	8.66 bolsas
------------------	-------------

Calculo del volumen absoluto de la pasta

Cemento 0.13
 Agua 0.205
 Aire 0.02

Volumen de la pasta = 0.35 m3

Calculo del volumen del agregado global

Agregado global= 0.65 m3

Calculo del porcentaje de incidencia del agregado fino sobre el agregado global

porcentaje de agregado fino								
tamaño Maximo Nominal del Agregado Grueso	Agregado redondeado				Agregado Angular			
	Factor cemento expresado en sacos por				Factor cemento expresado en sacos por			
	5	6	7	8	5	6	7	8
agregado fino - Modulo de Fineza de 2.3 a 2.4								
3/8"	60	57	54	51	69	65	61	58
1/2"	49	46	43	40	57	54	51	48
3/4"	41	38	35	33	48	45	43	41
1"	40	37	34	32	47	44	42	40
1 1/2"	37	34	32	30	44	41	39	37
2"	36	33	31	29	43	40	38	36
agregado fino - Modulo de Fineza de 2.6 a 2.7								
3/8"	66	62	59	56	75	71	67	64
1/2"	53	50	47	44	61	58	55	53
3/4"	44	41	38	36	51	48	46	44
1"	42	39	37	35	49	46	44	42
1 1/2"	40	37	35	33	47	44	42	40
2"	37	35	33	32	45	42	40	38
agregado fino - Modulo de Fineza de 3.0 a 3.1								
3/8"	74	70	66	62	84	80	76	73
1/2"	59	56	53	50	70	66	62	59
3/4"	49	46	43	40	57	54	51	48
1"	47	44	41	38	55	52	49	46
1 1/2"	44	41	38	36	52	49	46	44
2"	42	38	36	34	49	46	44	42

tipo de agregado = angular
 Tamaño Maximo nominal del agregado grueso = 0.75 Pulg
 Modulo de Fineza = 3.09
 Seleccionar el valor del recuadro = 48%

Calculo del Volumen Absoluto:

Agregado fino = volumen agregado global x % = 0.31 m3

agregado grueso = volumen agregado global x (100 - %) = 0.45 m3

Calculo de los pesos secos de los agregados

Peso seco del agregado fino = 833.32 kg

Peso seco del agregado grueso = 1187.17 kg

Determinacion de los Valores de Diseño en laboratorio

Cemento:	8.66 bolsas
Agregado fino:	833.32 kg
Agregado grueso:	1187.17 kg
Agua de mezcla:	205.00 lts
contenido de aire atrapado:	2.0%

Correccion por Humedad de los Agregados

Calculo de los pesos Humedos

Peso humedo agregado fino= 833.34 kg

Peso humedo agregado Grueso= 1187.18 kg

calculo de la humedad superficial

Agregado Fino= -1.95%

Agregado Grueso= -0.73%

Aporte de agua por humedad superficial del Agregado

Agregado Fino= -16.24 lts

Agregado Grueso= -8.70 lts

Aporte por Humedad = -24.94 lts

Volumen de agua efectiva=	229.94 lts
----------------------------------	-------------------

Determinacion de los valores de Diseño

Cemento:	368.04 Kg
Agregdao fino:	833.34 kg
Agregdao grueso:	1187.18 kg
Agua de mezcla:	229.94 lts
contenido de aire atrapado:	2.0%

Proporcionamiento del diseño de mezclas

Cemento:	1.00
Agregado fino:	2.26
Agregado grueso:	3.23
Agua de mezcla:	26.55 lts

Elaboracion de Probetas de Ensayo

I. probeta

diámetro= 15.00 cm

Altura= 30.00 cm

Area=	0.0053 m3
-------	-----------

II. Concreto

de probetas=

9

Cemento:	17.56 Kg
Agregdao fino:	39.76 Kg
Agregdao grueso:	56.64 Kg
Agua de mezcla:	10.97 lts

OBSERVACIONES:

PROTODLOS DE PREPARACION DE CONCRETO

TESIS: “INFLUENCIA DEL CURADO EN LA RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL CONCRETO PREPARADO CON CEMENTO PORTLAND TIPO I Y PUZOLANICO IP EN LA CIUDAD DE ABANCAY - APURIMAC”.

"INFLUENCIA DEL CURADO EN LA RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL CONCRETO PREPARADO CON CEMENTO PORTLAND TIPO I Y CEMENTO PUZOLANICO IP EN LA CIUDAD DE ABANCAY - APURIMAC "

NUMERO DE FICHA: **1**

DISEÑO DE MEZCLA "METODO WALKER"

I. DATOS

LUGAR DE TRABAJO:	GEOLEF - laboratorio de suelos y concreto			
FECHA:	09/05/2017			
DISEÑO DE MEZCLA :	f'c (kg/cm2)	CEMENTO	AG. FINO	AG. GRUESO
	210	1	2.26	3.23
SLUMP DE DISEÑO:	3"			
ELABORADO POR:	BACH. CUELLAR LOAIZA, Julio Cesar			
	BACH. SEQUEIROS ARONE, Walker			
TIPO DE CEMENTO:	PUZOLANICO IP			

II. EQUIPOS A UTILIZAR

TIPO DE MEZCLADORA :	electrónica de 0.5hp			
BALANZA:	electrónica			
CONO DE ABRAMS:	Ø INFERIOR	Ø SUPERIOR	ALTURA	ESPESOR MINIMO
	200mm	100mm	300mm	1.5 mm
WINCHA:	METALICA RIGIDA LONG >= 12" DIVISIONES 1/4" (5mm)			
BARRA COMPACTADORA:	BARRA DE ACERO LISA CON PUNTA SEMIESFERICA Ø 5/8" (16mm) X 24" (600mm)			
MAZO DE GOMA:	PESO : 600g + - 200g			

III. OBTENCION DEL CONCRETO

CEMENTO (Kg):	17.56	AGUA (Litro):	10.97
AGREGADO FINO (Kg):	39.76	SLUMP (pulg)	2.5
AGREGADO GRUESO (Kg):	56.64		

IV. MOLDE DE CONCRETO

DIAMETRO (cm):	15 cm
ALTURA (cm):	30cm

V. ELABORACION DE MOLDES DE CONCRETO

NUMERO DE CAPAS:	3
PENETRACION EN LA CAPA ANTERIOR:	2.5cm (1")
NUMERO DE GOLPES CON VARILLA POR CAPA:	25
NUMERO DE GOLPES CON EL MAZO	15

"INFLUENCIA DEL CURADO EN LA RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL CONCRETO PREPARADO CON CEMENTO PORTLAND TIPO I Y CEMENTO PUZOLANICO IP EN LA CIUDAD DE ABANCAY - APURIMAC "

NUMERO DE FICHA: **2**

DISEÑO DE MEZCLA "METODO WALKER"

I. DATOS

LUGAR DE TRABAJO:	<i>GEOLEF - laboratorio de suelos y concreto</i>			
FECHA:	10/05/2016			
DISEÑO DE MEZCLA :	f'c (kg/cm ²)	CEMENTO	AG. FINO	AG. GRUESO
	210	1	2.31	3.26
SLUMP DE DISEÑO:	3"			
ELABORADO POR:	<i>BACH. CUELLAR LOAIZA, Julio Cesar</i>			
	<i>BACH. SEQUEIROS ARONE, Walker</i>			
TIPO DE CEMENTO:	PORTLAND TIPO I			

II. EQUIPOS A UTILIZAR

TIPO DE MEZCLADORA :	<i>electrónica de 0.5hp</i>			
BALANZA:	<i>electrónica</i>			
CONO DE ABRAMS:	Ø INFERIOR	Ø SUPERIOR	ALTURA	ESPESOR MINIMO
	200mm	100mm	300mm	1.5 mm
WINCHA:	METALICA RIGIDA LONG >= 12" DIVISIONES 1/4" (5mm)			
BARRA COMPACTADORA:	BARRA DE ACERO LISA CON PUNTA SEMIESFERICA Ø 5/8" (16mm) X 24" (600mm)			
MAZO DE GOMA:	PESO : 600g + - 200g			

III. OBTENCION DEL CONCRETO

CEMENTO (Kg):	19.51	AGUA (Litro):	12.21
AGREGADO FINO (Kg):	45.02	SLUMP (pulg)	4
AGREGADO GRUESO (Kg):	63.59		

IV. MOLDE DE CONCRETO

DIAMETRO (cm):	15 cm
ALTURA (cm):	30cm

V. ELABORACION DE MOLDES DE CONCRETO

NUMERO DE CAPAS:	3
PENETRACION EN LA CAPA ANTERIOR:	2.5cm (1")
NUMERO DE GOLPES CON VARILLA POR CAPA:	25
NUMERO DE GOLPES CON EL MAZO	15

"INFLUENCIA DEL CURADO EN LA RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL CONCRETO PREPARADO CON CEMENTO PORTLAND TIPO I Y CEMENTO PUZOLANICO IP EN LA CIUDAD DE ABANCAY - APURIMAC "

NUMERO DE FICHA: **3**

DISEÑO DE MEZCLA "METODO WALKER"

I. DATOS

LUGAR DE TRABAJO:	<i>GEOLEF - laboratorio de suelos y concreto</i>			
FECHA:	11/05/2016			
DISEÑO DE MEZCLA :	f' c (kg/cm2)	CEMENTO	AG. FINO	AG. GRUESO
	210	1	2.26	3.23
SLUMP DE DISEÑO:	3"			
ELABORADO POR:	<i>BACH. CUELLAR LOAIZA, Julio Cesar</i>			
	<i>BACH. SEQUEIROS ARONE, Walker</i>			
TIPO DE CEMENTO:	<i>PUZOLANICO IP</i>			

II. EQUIPOS A UTILIZAR

TIPO DE MEZCLADORA :	<i>electrónica de 0.5hp</i>			
BALANZA:	<i>electrónica</i>			
CONO DE ABRAMS:	Ø INFERIOR	Ø SUPERIOR	ALTURA	ESPELOR MINIMO
	200mm	100mm	300mm	1.5 mm
WINCHA:	METALICA RIGIDA LONG >= 12" DIVISIONES 1/4" (5mm)			
BARRA COMPACTADORA:	BARRA DE ACERO LISA CON PUNTA SEMIESFERICA Ø 5/8" (16mm) X 24" (600mm)			
MAZO DE GOMA:	PESO : 600g + - 200g			

III. OBTENCION DEL CONCRETO

CEMENTO (Kg):	17.56	AGUA (Litro):	10.97
AGREGADO FINO (Kg):	39.76	SLUMP (pulg)	4
AGREGADO GRUESO (Kg):	56.64		

IV. MOLDE DE CONCRETO

DIAMETRO (cm):	15 cm
ALTURA (cm):	30cm

V. ELABORACION DE MOLDES DE CONCRETO

NUMERO DE CAPAS:	3
PENETRACION EN LA CAPA ANTERIOR:	2.5cm (1")
NUMERO DE GOLPES CON VARILLA POR CAPA:	25
NUMERO DE GOLPES CON EL MAZO	15

"INFLUENCIA DEL CURADO EN LA RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL CONCRETO PREPARADO CON CEMENTO PORTLAND TIPO I Y CEMENTO PUZOLANICO IP EN LA CIUDAD DE ABANCAY - APURIMAC "

NUMERO DE FICHA: **4**

DISEÑO DE MEZCLA "METODO WALKER"

I. DATOS

LUGAR DE TRABAJO:	GEOLEF - laboratorio de suelos y concreto			
FECHA:	12/05/2017			
DISEÑO DE MEZCLA :	f'c (kg/cm2)	CEMENTO	AG. FINO	AG. GRUESO
	210	1	2.31	3.26
SLUMP DE DISEÑO:	3"			
ELABORADO POR:	BACH. CUELLAR LOAIZA, Julio Cesar			
	BACH. SEQUEIROS ARONE, Walker			
TIPO DE CEMENTO:	PORTLAND TIPO I			

II. EQUIPOS A UTILIZAR

TIPO DE MEZCLADORA :	electrónica de 0.5hp			
BALANZA:	electrónica			
CONO DE ABRAMS:	Ø INFERIOR	Ø SUPERIOR	ALTURA	ESPESOR MINIMO
	200mm	100mm	300mm	1.5 mm
WINCHA:	METALICA RIGIDA LONG >= 12" DIVISIONES 1/4" (5mm)			
BARRA COMPACTADORA:	BARRA DE ACERO LISA CON PUNTA SEMIESFERICA Ø 5/8" (16mm) X 24" (600mm)			
MAZO DE GOMA:	PESO : 600g + - 200g			

III. OBTENCION DEL CONCRETO

CEMENTO (Kg):	19.51	AGUA (Litro):	12.21
AGREGADO FINO (Kg):	45.02	SLUMP (pulg)	3
AGREGADO GRUESO (Kg):	63.59		

IV. MOLDE DE CONCRETO

DIAMETRO (cm):	15 cm
ALTURA (cm):	30cm

V. ELABORACION DE MOLDES DE CONCRETO

NUMERO DE CAPAS:	3
PENETRACION EN LA CAPA ANTERIOR:	2.5cm (1")
NUMERO DE GOLPES CON VARILLA POR CAPA:	25
NUMERO DE GOLPES CON EL MAZO	15

"INFLUENCIA DEL CURADO EN LA RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL CONCRETO PREPARADO CON CEMENTO PORTLAND TIPO I Y CEMENTO PUZOLANICO IP EN LA CIUDAD DE ABANCAY - APURIMAC "

NUMERO DE FICHA: **5**

DISEÑO DE MEZCLA "METODO WALKER"

I. DATOS

LUGAR DE TRABAJO:	GEOLEF - laboratorio de suelos y concreto			
FECHA:	13/05/2017			
DISEÑO DE MEZCLA :	f'c (kg/cm2)	CEMENTO	AG. FINO	AG. GRUESO
	210	1	2.26	3.23
SLUMP DE DISEÑO:	3"			
ELABORADO POR:	BACH. CUELLAR LOAIZA, Julio Cesar			
	BACH. SEQUEIROS ARONE, Walker			
TIPO DE CEMENTO:	PUZOLANICO IP			

II. EQUIPOS A UTILIZAR

TIPO DE MEZCLADORA :	electrónica de 0.5hp			
BALANZA:	electrónica			
CONO DE ABRAMS:	Ø INFERIOR	Ø SUPERIOR	ALTURA	ESPESOR MINIMO
	200mm	100mm	300mm	1.5 mm
WINCHA:	METALICA RIGIDA LONG >= 12" DIVISIONES 1/4" (5mm)			
BARRA COMPACTADORA:	BARRA DE ACERO LISA CON PUNTA SEMIESFERICA Ø 5/8" (16mm) X 24" (600mm)			
MAZO DE GOMA:	PESO : 600g + - 200g			

III. OBTENCION DEL CONCRETO

CEMENTO (Kg):	17.56	AGUA (Litro):	10.97
AGREGADO FINO (Kg):	39.76	SLUMP (pulg)	2.5
AGREGADO GRUESO (Kg):	56.64		

IV. MOLDE DE CONCRETO

DIAMETRO (cm):	15 cm
ALTURA (cm):	30cm

V. ELABORACION DE MOLDES DE CONCRETO

NUMERO DE CAPAS:	3
PENETRACION EN LA CAPA ANTERIOR:	2.5cm (1")
NUMERO DE GOLPES CON VARILLA POR CAPA:	25
NUMERO DE GOLPES CON EL MAZO	15

"INFLUENCIA DEL CURADO EN LA RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL CONCRETO PREPARADO CON CEMENTO PORTLAND TIPO I Y CEMENTO PUZOLANICO IP EN LA CIUDAD DE ABANCAY - APURIMAC "

NUMERO DE FICHA: **6**

DISEÑO DE MEZCLA "METODO WALKER"

I. DATOS

LUGAR DE TRABAJO:	<i>GEOLEF - laboratorio de suelos y concreto</i>			
FECHA:	15/05/2017			
DISEÑO DE MEZCLA :	f'c (kg/cm2)	CEMENTO	AG. FINO	AG. GRUESO
	210	1	2.31	3.26
SLUMP DE DISEÑO:	3"			
ELABORADO POR:	<i>BACH. CUELLAR LOAIZA, Julio Cesar</i>			
	<i>BACH. SEQUEIROS ARONE, Walker</i>			
TIPO DE CEMENTO:	PORTLAND TIPO I			

II. EQUIPOS A UTILIZAR

TIPO DE MEZCLADORA :	<i>electrónica de 0.5hp</i>			
BALANZA:	<i>electrónica</i>			
CONO DE ABRAMS:	Ø INFERIOR	Ø SUPERIOR	ALTURA	ESPESOR MINIMO
	200mm	100mm	300mm	1.5 mm
WINCHA:	METALICA RIGIDA LONG >= 12" DIVISIONES 1/4" (5mm)			
BARRA COMPACTADORA:	BARRA DE ACERO LISA CON PUNTA SEMIESFERICA Ø 5/8" (16mm) X 24" (600mm)			
MAZO DE GOMA:	PESO : 600g + - 200g			

III. OBTENCION DEL CONCRETO

CEMENTO (Kg):	19.51	AGUA (Litro):	12.21
AGREGADO FINO (Kg):	45.02	SLUMP (pulg)	4
AGREGADO GRUESO (Kg):	63.59		

IV. MOLDE DE CONCRETO

DIAMETRO (cm):	15 cm
ALTURA (cm):	30cm

V. ELABORACION DE MOLDES DE CONCRETO

NUMERO DE CAPAS:	3
PENETRACION EN LA CAPA ANTERIOR:	2.5cm (1")
NUMERO DE GOLPES CON VARILLA POR CAPA:	25
NUMERO DE GOLPES CON EL MAZO	15

"INFLUENCIA DEL CURADO EN LA RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL CONCRETO PREPARADO CON CEMENTO PORTLAND TIPO I Y CEMENTO PUZOLANICO IP EN LA CIUDAD DE ABANCAY - APURIMAC "

NUMERO DE FICHA: **7**

DISEÑO DE MEZCLA "METODO WALKER"

I. DATOS

LUGAR DE TRABAJO:	<i>GEOLEF - laboratorio de suelos y concreto</i>			
FECHA:	16/05/2017			
DISEÑO DE MEZCLA :	f'c (kg/cm2)	CEMENTO	AG. FINO	AG. GRUESO
	210	1	2.26	3.23
SLUMP DE DISEÑO:	3"			
ELABORADO POR:	<i>BACH. CUELLAR LOAIZA, Julio Cesar</i>			
	<i>BACH. SEQUEIROS ARONE, Walker</i>			
TIPO DE CEMENTO:	PUZOLANICO IP			

II. EQUIPOS A UTILIZAR

TIPO DE MEZCLADORA :	<i>electrónica de 0.5hp</i>			
BALANZA:	<i>electrónica</i>			
CONO DE ABRAMS:	Ø INFERIOR	Ø SUPERIOR	ALTURA	ESPESOR MINIMO
	200mm	100mm	300mm	1.5 mm
WINCHA:	METALICA RIGIDA LONG >= 12" DIVISIONES 1/4" (5mm)			
BARRA COMPACTADORA:	BARRA DE ACERO LISA CON PUNTA SEMIESFERICA Ø 5/8" (16mm) X 24" (600mm)			
MAZO DE GOMA:	PESO : 600g + - 200g			

III. OBTENCION DEL CONCRETO

CEMENTO (Kg):	17.56	AGUA (Litro):	10.97
AGREGADO FINO (Kg):	39.76	SLUMP (pulg)	3.5
AGREGADO GRUESO (Kg):	56.64		

IV. MOLDE DE CONCRETO

DIAMETRO (cm):	15 cm
ALTURA (cm):	30cm

V. ELABORACION DE MOLDES DE CONCRETO

NUMERO DE CAPAS:	3
PENETRACION EN LA CAPA ANTERIOR:	2.5cm (1")
NUMERO DE GOLPES CON VARILLA POR CAPA:	25
NUMERO DE GOLPES CON EL MAZO	15

"INFLUENCIA DEL CURADO EN LA RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL CONCRETO PREPARADO CON CEMENTO PORTLAND TIPO I Y CEMENTO PUZOLANICO IP EN LA CIUDAD DE ABANCAY - APURIMAC "

NUMERO DE FICHA: **8**

DISEÑO DE MEZCLA "METODO WALKER"

I. DATOS

LUGAR DE TRABAJO:	GEOLEF - laboratorio de suelos y concreto			
FECHA:	17/05/2017			
DISEÑO DE MEZCLA :	f'c (kg/cm ²)	CEMENTO	AG. FINO	AG. GRUESO
	210	1	2.31	3.26
SLUMP DE DISEÑO:	3"			
ELABORADO POR:	BACH. CUELLAR LOAIZA, Julio Cesar			
	BACH. SEQUEIROS ARONE, Walker			
TIPO DE CEMENTO:	PORTLAND TIPO I			

II. EQUIPOS A UTILIZAR

TIPO DE MEZCLADORA :	electrónico de 0.5hp			
BALANZA:	electrónica			
CONO DE ABRAMS:	Ø INFERIOR	Ø SUPERIOR	ALTURA	ESPESOR MINIMO
	200mm	100mm	300mm	1.5 mm
WINCHA:	METALICA RIGIDA LONG >= 12" DIVISIONES 1/4" (5mm)			
BARRA COMPACTADORA:	BARRA DE ACERO LISA CON PUNTA SEMIESFERICA Ø 5/8" (16mm) X 24" (600mm)			
MAZO DE GOMA:	PESO : 600g + - 200g			

III. OBTENCION DEL CONCRETO

CEMENTO (Kg):	19.51	AGUA (Litro):	12.21
AGREGADO FINO (Kg):	45.02	SLUMP (pulg)	3
AGREGADO GRUESO (Kg):	63.59		

IV. MOLDE DE CONCRETO

DIAMETRO (cm):	15 cm
ALTURA (cm):	30cm

V. ELABORACION DE MOLDES DE CONCRETO

NUMERO DE CAPAS:	3
PENETRACION EN LA CAPA ANTERIOR:	2.5cm (1")
NUMERO DE GOLPES CON VARILLA POR CAPA:	25
NUMERO DE GOLPES CON EL MAZO	15

"INFLUENCIA DEL CURADO EN LA RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL CONCRETO PREPARADO CON CEMENTO PORTLAND TIPO I Y CEMENTO PUZOLANICO IP EN LA CIUDAD DE ABANCAY - APURIMAC "

NUMERO DE FICHA: **9**

DISEÑO DE MEZCLA "METODO WALKER"

I. DATOS

LUGAR DE TRABAJO:	GEOLEF - laboratorio de suelos y concreto			
FECHA:	18/05/2017			
DISEÑO DE MEZCLA :	f'c (kg/cm2)	CEMENTO	AG. FINO	AG. GRUESO
	210	1	2.26	3.23
SLUMP DE DISEÑO:	3"			
ELABORADO POR:	BACH. CUELLAR LOAIZA, Julio Cesar			
	BACH. SEQUEIROS ARONE, Walker			
TIPO DE CEMENTO:	PUZOLANICO IP			

II. EQUIPOS A UTILIZAR

TIPO DE MEZCLADORA :	electrónica de 0.5hp			
BALANZA:	electrónica			
CONO DE ABRAMS:	Ø INFERIOR	Ø SUPERIOR	ALTURA	ESPESOR MINIMO
	200mm	100mm	300mm	1.5 mm
WINCHA:	METALICA RIGIDA LONG >= 12" DIVISIONES 1/4" (5mm)			
BARRA COMPACTADORA:	BARRA DE ACERO LISA CON PUNTA SEMIESFERICA Ø 5/8" (16mm) X 24" (600mm)			
MAZO DE GOMA:	PESO : 600g + - 200g			

III. OBTENCION DEL CONCRETO

CEMENTO (Kg):	11.71	AGUA (Litro):	7.31
AGREGADO FINO (Kg):	26.51	SLUMP (pulg)	3
AGREGADO GRUESO (Kg):	37.76		

IV. MOLDE DE CONCRETO

DIAMETRO (cm):	15 cm
ALTURA (cm):	30cm

V. ELABORACION DE MOLDES DE CONCRETO

NUMERO DE CAPAS:	3
PENETRACION EN LA CAPA ANTERIOR:	2.5cm (1")
NUMERO DE GOLPES CON VARILLA POR CAPA:	25
NUMERO DE GOLPES CON EL MAZO	15

"INFLUENCIA DEL CURADO EN LA RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL CONCRETO PREPARADO CON CEMENTO PORTLAND TIPO I Y CEMENTO PUZOLANICO IP EN LA CIUDAD DE ABANCAY - APURIMAC "

NUMERO DE FICHA: **10**

DISEÑO DE MEZCLA "METODO WALKER"

I. DATOS

LUGAR DE TRABAJO:	<i>GEOLEF - laboratorio de suelos y concreto</i>			
FECHA:	19/05/2017			
DISEÑO DE MEZCLA :	f'c (kg/cm2)	CEMENTO	AG. FINO	AG. GRUESO
	210	1	2.31	3.26
SLUMP DE DISEÑO:	3"			
ELABORADO POR:	<i>BACH. CUELLAR LOAIZA, Julio Cesar</i>			
	<i>BACH. SEQUEIROS ARONE, Walker</i>			
TIPO DE CEMENTO:	PORTLAND TIPO I			

II. EQUIPOS A UTILIZAR

TIPO DE MEZCLADORA :	<i>electrónica de 0.5hp</i>			
BALANZA:	<i>electrónica</i>			
CONO DE ABRAMS:	Ø INFERIOR	Ø SUPERIOR	ALTURA	ESPESOR MINIMO
	200mm	100mm	300mm	1.5 mm
WINCHA:	METALICA RIGIDA LONG >= 12" DIVISIONES 1/4" (5mm)			
BARRA COMPACTADORA:	BARRA DE ACERO LISA CON PUNTA SEMIESFERICA Ø 5/8" (16mm) X 24" (600mm)			
MAZO DE GOMA:	PESO : 600g + - 200g			

III. OBTENCION DEL CONCRETO

CEMENTO (Kg):	11.71	AGUA (Litro):	7.33
AGREGADO FINO (Kg):	27.01	SLUMP (pulg)	3.5
AGREGADO GRUESO (Kg):	38.15		

IV. MOLDE DE CONCRETO

DIAMETRO (cm):	15 cm
ALTURA (cm):	30cm

V. ELABORACION DE MOLDES DE CONCRETO

NUMERO DE CAPAS:	3
PENETRACION EN LA CAPA ANTERIOR:	2.5cm (1")
NUMERO DE GOLPES CON VARILLA POR CAPA:	25
NUMERO DE GOLPES CON EL MAZO	15

"INFLUENCIA DEL CURADO EN LA RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL CONCRETO PREPARADO CON CEMENTO PORTLAND TIPO I Y CEMENTO PUZOLANICO IP EN LA CIUDAD DE ABANCAY - APURIMAC "

NUMERO DE FICHA: **11**

DISEÑO DE MEZCLA "METODO WALKER"

I. DATOS

LUGAR DE TRABAJO:	GEOLEF - laboratorio de suelos y concreto			
FECHA:	20/05/2017			
DISEÑO DE MEZCLA :	f'c (kg/cm2)	CEMENTO	AG. FINO	AG. GRUESO
	210	1	2.26	3.23
SLUMP DE DISEÑO:	3"			
ELABORADO POR:	BACH. CUELLAR LOAIZA, Julio Cesar			
	BACH. SEQUEIROS ARONE, Walker			
TIPO DE CEMENTO:	PUZOLANICO IP			

II. EQUIPOS A UTILIZAR

TIPO DE MEZCLADORA :	electrónica de 0.5hp			
BALANZA:	electrónica			
CONO DE ABRAMS:	Ø INFERIOR	Ø SUPERIOR	ALTURA	ESPESOR MINIMO
	200mm	100mm	300mm	1.5 mm
WINCHA:	METALICA RIGIDA LONG >= 12" DIVISIONES 1/4" (5mm)			
BARRA COMPACTADORA:	BARRA DE ACERO LISA CON PUNTA SEMIESFERICA Ø 5/8" (16mm) X 24" (600mm)			
MAZO DE GOMA:	PESO : 600g + - 200g			

III. OBTENCION DEL CONCRETO

CEMENTO (Kg):	11.71	AGUA (Litro):	7.31
AGREGADO FINO (Kg):	26.51	SLUMP (pulg)	3
AGREGADO GRUESO (Kg):	37.76		

IV. MOLDE DE CONCRETO

DIAMETRO (cm):	15 cm
ALTURA (cm):	30cm

V. ELABORACION DE MOLDES DE CONCRETO

NUMERO DE CAPAS:	3
PENETRACION EN LA CAPA ANTERIOR:	2.5cm (1")
NUMERO DE GOLPES CON VARILLA POR CAPA:	25
NUMERO DE GOLPES CON EL MAZO	15

"INFLUENCIA DEL CURADO EN LA RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL CONCRETO PREPARADO CON CEMENTO PORTLAND TIPO I Y CEMENTO PUZOLANICO IP EN LA CIUDAD DE ABANCAY - APURIMAC "

NUMERO DE FICHA: **12**

DISEÑO DE MEZCLA "METODO WALKER"

I. DATOS

LUGAR DE TRABAJO:	GEOLEF - laboratorio de suelos y concreto			
FECHA:	22/05/2017			
DISEÑO DE MEZCLA :	f'c (kg/cm2)	CEMENTO	AG. FINO	AG. GRUESO
	210	1	2.31	3.26
SLUMP DE DISEÑO:	3"			
ELABORADO POR:	BACH. CUELLAR LOAIZA, Julio Cesar			
	BACH. SEQUEIROS ARONE, Walker			
TIPO DE CEMENTO:	PORTLAND TIPO I			

II. EQUIPOS A UTILIZAR

TIPO DE MEZCLADORA :	electrónica de 0.5hp			
BALANZA:	electrónica			
CONO DE ABRAMS:	Ø INFERIOR	Ø SUPERIOR	ALTURA	ESPESOR MINIMO
	200mm	100mm	300mm	1.5 mm
WINCHA:	METALICA RIGIDA LONG >= 12" DIVISIONES 1/4" (5mm)			
BARRA COMPACTADORA:	BARRA DE ACERO LISA CON PUNTA SEMIESFERICA Ø 5/8" (16mm) X 24" (600mm)			
MAZO DE GOMA:	PESO : 600g + - 200g			

III. OBTENCION DEL CONCRETO

CEMENTO (Kg):	11.71	AGUA (Litro):	7.33
AGREGADO FINO (Kg):	27.01	SLUMP (pulg)	4
AGREGADO GRUESO (Kg):	38.15		

IV. MOLDE DE CONCRETO

DIAMETRO (cm):	15 cm
ALTURA (cm):	30cm

V. ELABORACION DE MOLDES DE CONCRETO

NUMERO DE CAPAS:	3
PENETRACION EN LA CAPA ANTERIOR:	2.5cm (1")
NUMERO DE GOLPES CON VARILLA POR CAPA:	25
NUMERO DE GOLPES CON EL MAZO	15

"INFLUENCIA DEL CURADO EN LA RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL CONCRETO PREPARADO CON CEMENTO PORTLAND TIPO I Y CEMENTO PUZOLANICO IP EN LA CIUDAD DE ABANCAY - APURIMAC "

NUMERO DE FICHA: **13**

DISEÑO DE MEZCLA "METODO WALKER"

I. DATOS

LUGAR DE TRABAJO:	<i>GEOLEF - laboratorio de suelos y concreto</i>			
FECHA:	23/05/2017			
DISEÑO DE MEZCLA :	f'c (kg/cm2)	CEMENTO	AG. FINO	AG. GRUESO
	210	1	2.26	3.23
SLUMP DE DISEÑO:	3"			
ELABORADO POR:	<i>BACH. CUELLAR LOAIZA, Julio Cesar</i>			
	<i>BACH. SEQUEIROS ARONE, Walker</i>			
TIPO DE CEMENTO:	<i>PUZOLANICO IP</i>			

II. EQUIPOS A UTILIZAR

TIPO DE MEZCLADORA :	<i>electrónica de 0.5hp</i>			
BALANZA:	<i>electrónica</i>			
CONO DE ABRAMS:	Ø INFERIOR	Ø SUPERIOR	ALTURA	ESPESOR MINIMO
	200mm	100mm	300mm	1.5 mm
WINCHA:	<i>METALICA RIGIDA LONG >= 12" DIVISIONES 1/4" (5mm)</i>			
BARRA COMPACTADORA:	<i>BARRA DE ACERO LISA CON PUNTA SEMIESFERICA Ø 5/8" (16mm) X 24" (600mm)</i>			
MAZO DE GOMA:	<i>PESO : 600g + - 200g</i>			

III. OBTENCION DEL CONCRETO

CEMENTO (Kg):	11.71	AGUA (Litro):	7.31
AGREGADO FINO (Kg):	26.51	SLUMP (pulg)	3
AGREGADO GRUESO (Kg):	37.76		

IV. MOLDE DE CONCRETO

DIAMETRO (cm):	15 cm
ALTURA (cm):	30cm

V. ELABORACION DE MOLDES DE CONCRETO

NUMERO DE CAPAS:	3
PENETRACION EN LA CAPA ANTERIOR:	2.5cm (1")
NUMERO DE GOLPES CON VARILLA POR CAPA:	25
NUMERO DE GOLPES CON EL MAZO	15

"INFLUENCIA DEL CURADO EN LA RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL CONCRETO PREPARADO CON CEMENTO PORTLAND TIPO I Y CEMENTO PUZOLANICO IP EN LA CIUDAD DE ABANCAY - APURIMAC "

NUMERO DE FICHA: **14**

DISEÑO DE MEZCLA "METODO WALKER"

I. DATOS

LUGAR DE TRABAJO:	<i>GEOLEF - laboratorio de suelos y concreto</i>			
FECHA:	24/05/2017			
DISEÑO DE MEZCLA :	<i>f'c (kg/cm2)</i>	CEMENTO	AG. FINO	AG. GRUESO
	210	1	2.31	3.26
SLUMP DE DISEÑO:	3"			
ELABORADO POR:	<i>BACH. CUELLAR LOAIZA, Julio Cesar</i>			
	<i>BACH. SEQUEIROS ARONE, Walker</i>			
TIPO DE CEMENTO:	PORTLAND TIPO I			

II. EQUIPOS A UTILIZAR

TIPO DE MEZCLADORA :	<i>electrónica de 0.5hp</i>			
BALANZA:	<i>electrónica</i>			
CONO DE ABRAMS:	Ø INFERIOR	Ø SUPERIOR	ALTURA	ESPEJOR MINIMO
	200mm	100mm	300mm	1.5 mm
WINCHA:	METALICA RIGIDA LONG >= 12" DIVISIONES 1/4" (5mm)			
BARRA COMPACTADORA:	BARRA DE ACERO LISA CON PUNTA SEMIESFERICA Ø 5/8" (16mm) X 24" (600mm)			
MAZO DE GOMA:	PESO : 600g + - 200g			

III. OBTENCION DEL CONCRETO

CEMENTO (Kg):	11.71	AGUA (Litro):	7.33
AGREGADO FINO (Kg):	27.01	SLUMP (pulg)	2.5
AGREGADO GRUESO (Kg):	38.15		

IV. MOLDE DE CONCRETO

DIAMETRO (cm):	15 cm
ALTURA (cm):	30cm

V. ELABORACION DE MOLDES DE CONCRETO

NUMERO DE CAPAS:	3
PENETRACION EN LA CAPA ANTERIOR:	2.5cm (1")
NUMERO DE GOLPES CON VARILLA POR CAPA:	25
NUMERO DE GOLPES CON EL MAZO	15

VI. NORMAS EMPLEADAS

- A. *Asentamiento de concreto fresco con el cono de Abrams (NTP 339.035 - ASTM C 143)*
- B. *Elaboración y curado de probetas cilíndricas en obra (NTP 339.033 - ASTM C 31)*

V. ANEXOS

Imagen Nro. 01



Control de los agregados por peso de acuerdo al diseño obtenido

Imagen Nro. 02



Materiales listos para ser preparados

Imagen Nro. 03



ensayo del cono de Abrams (revenimiento)

Imagen Nro. 04



Eliminación de espacios vacíos por medio de golpes

Imagen Nro. 05



Moldes limpios y pasados con petróleo listo para proceder al moldeo

Imagen Nro. 06



Control del revenimiento del concreto (slump')

Imagen Nro. 07



verificación del SLUMP del concreto fresco

Imagen Nro. 08



Moldes registrados para ser trasladados a pachachaca

Imagen Nro. 09



preparación del concreto

Imagen Nro. 10



Llenado de probetas y varillado los 25 golpes por cada capa

Imagen Nro. 11



procedimiento para la eliminación de espacio vacíos en los moldes

Imagen Nro. 12



Imagen mostrando el acabado que se les da a cada una de las briquetas

**PROTOSLOS DE
PRUEBAS DE
COMPRESION EN
CONCRETO ENDURECIDO**

TESIS: “INFLUENCIA DEL CURADO EN LA RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL CONCRETO PREPARADO CON CEMENTO PORTLAND TIPO I Y PUZOLANICO IP EN LA CIUDAD DE ABANCAY - APURIMAC”.

“INFLUENCIA DEL CURADO EN LA RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL CONCRETO PREPARADO CON CEMENTO PORTLAND TIPO I Y CEMENTO PUZOLANICO IP EN LA CIUDAD DE ABANCAY - APURIMAC “

Lugar de rotura: **GEOLEF - laboratorio de suelos y concreto**

Elaborado por: **BACH. Cuellar Loaiza, Julio Cesar**
BACH. Sequeiros Arone, Walker

NUMERO DE FICHA:

1

Asesor: **ING: Hugo V. Acosta Valer**

ROTURA DE MOLDES DE CONCRETO

Lugar de donde proviene la briqueta	CLIMA DE ABANCAY
--	-------------------------

Codigo	Muestra	Fecha de elaboracion	Edad (Dias)	f'c de diseño (Kg/cm2)	Diametro (cm)	Altura (cm)	Area (cm2)	Resistencia (Kg)	Ecuacion de ajuste $y=0.9980x+138.21$	Resistencia (Kg/cm2)	Tipo de falla	Resistencia promedio	Porcentaje promedio
1	C-1	09/05/2017	7	230.77	15	30	176.71	28650	28730.91	162.58	CORTE	163.52 kg/cm2	70.86%
2	C-1	09/05/2017	7	230.77	15	30	176.71	28030	28112.15	159.08	CONO Y CORTE		
3	C-1	09/05/2017	7	230.77	15	30	176.71	29765	29843.68	168.88	CORTE		
1	C-2	09/05/2017	7	230.77	15	30	176.71	21770	21864.67	123.73	CORTE	126.19 kg/cm2	54.68%
2	C-2	09/05/2017	7	230.77	15	30	176.71	22795	22887.62	129.52	CONO Y CORTE		
3	C-2	09/05/2017	7	230.77	15	30	176.71	22055	22149.1	125.34	CORTE		
1	C-3	09/05/2017	7	230.77	15	30	176.71	19950	20048.31	113.45	CONO Y CORTE	118.33 kg/cm2	51.27%
2	C-3	09/05/2017	7	230.77	15	30	176.71	21660	21754.89	123.11	CONO Y SEPARACION		
3	C-3	09/05/2017	7	230.77	15	30	176.71	20830	20926.55	118.42	CONO Y CORTE		

Tipo de cemento:

PUZOLANICO IP

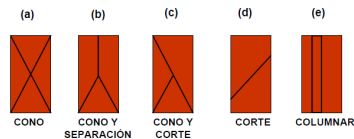
OBSERVACIONES:

C-1: BRIQUETAS TOTALMENTE SUMERGIDAS

C-2: BRIQUETAS CURADAS

C-3: BRIQUETAS DEJADAS A LA INTEMPERIE

TIPOS DE FALLAS



LABORATORISTA: **LUCHO FARFAN HUAMANI**

ASESOR. **ING. HUGO V. ACOSTA VALER**

NORMAS EMPLEADAS:

- A. **Ensayo de resistencia a la compresion (NTP 339.034 - ASTM C 39)**

Imagen Nro.1



preparacion de los moldes de concretos (briquetas) con el capi respectivo para uniformizar la superficie y la base

Imagen Nro.2



Molde colocado en la prensa hidraulica con su respectivo capi

Imagen Nro.3



Moldes de concreto rotos en la prensa hidraulica

“INFLUENCIA DEL CURADO EN LA RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL CONCRETO PREPARADO CON CEMENTO PORTLAND TIPO I Y CEMENTO PUZOLANICO IP EN LA CIUDAD DE ABANCAY - APURIMAC “

Lugar de rotura: **GEOLEF - laboratorio de suelos y concreto**

Elaborado por: **BACH. Cuellar Loaiza, Julio Cesar**
BACH. Sequeiros Arone, Walker

NUMERO DE FICHA:

2

Asesor: **ING: Hugo V. Acosta Valer**

ROTURA DE MOLDES DE CONCRETO

<i>Lugar de donde proviene la briqueta</i>	CLIMA DE ABANCAY
--	-------------------------

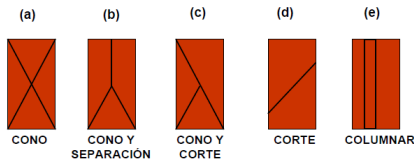
Codigo	Muestra	Fecha de elaboracion	Edad (Dias)	f'c de diseño (Kg/cm2)	Diametro (cm)	Altura (cm)	Area (cm2)	Resistencia (Kg)	Ecuacion de ajuste $y=0.9980x+138.21$	Resistencia (Kg/cm2)	Tipo de falla	Resistencia promedio	Porcentaje promedio
1	C-1	10/05/2017	7	387.92	15	30	176.71	50390	50427.43	285.36	CORTE	283.26 kg/cm2	73.02%
2	C-1	10/05/2017	7	387.92	15	30	176.71	50240	50277.73	284.51	CORTE		
3	C-1	10/05/2017	7	387.92	15	30	176.71	49425	49464.36	279.91	CORTE		
1	C-2	10/05/2017	7	387.92	15	30	176.71	42305	42358.6	239.70	CONO Y CORTE	241.91 kg/cm2	62.36%
2	C-2	10/05/2017	7	387.92	15	30	176.71	42560	42613.09	241.14	CORTE		
3	C-2	10/05/2017	7	387.92	15	30	176.71	43225	43276.76	244.90	CONO Y CORTE		
1	C-3	10/05/2017	7	387.92	15	30	176.71	32595	32668.02	184.86	CORTE	186.71 kg/cm2	48.13%
2	C-3	10/05/2017	7	387.92	15	30	176.71	31520	31595.17	178.79	CORTE		
3	C-3	10/05/2017	7	387.92	15	30	176.71	34650	34718.91	196.47	CONO		

Tipo de cemento: **PORTLAND TIPO I**

OBSERVACIONES:

TIPOS DE FALLAS

C-1: BRIQUETAS TOTALMENTE SUMERGIDAS	C-2: BRIQUETAS CURADAS	C-3: BRIQUETAS DEJADAS A LA INTEMPERIE
--------------------------------------	------------------------	--



LABORATORISTA: LUCHO FARFAN HUAMANI

ASESOR. ING. HUGO V. ACOSTA VALER

NORMAS EMPLEADAS:

- A. **Ensayo de resistencia a la compresion (NTP 339.034 - ASTM C 39)**

Imagen Nro.1



Muestra colocada con CAPI en la prensa hidraulica antes de ser sometido a presion

Imagen Nro.2



En el clima de Abancay se rompieron 9 moldes de concreto por tanda así como fue también elaborado

Imagen Nro.3



Moldes de concreto rotos en la prensa hidraulica

“INFLUENCIA DEL CURADO EN LA RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL CONCRETO PREPARADO CON CEMENTO PORTLAND TIPO I Y CEMENTO PUZOLANICO IP EN LA CIUDAD DE ABANCAY - APURIMAC “

Lugar de rotura: **GEOLEF - laboratorio de suelos y concreto**

Elaborado por: **BACH. Cuellar Loaiza, Julio Cesar**
BACH. Sequeiros Arone, Walker

NUMERO DE FICHA:

3

Asesor: **ING: Hugo V. Acosta Valer**

ROTURA DE MOLDES DE CONCRETO

Lugar de donde proviene la briqueta	CLIMA DE ABANCAY
--	-------------------------

Codigo	Muestra	Fecha de elaboracion	Edad (Dias)	f'c de diseño (Kg/cm2)	Diametro (cm)	Altura (cm)	Area (cm2)	Resistencia (Kg)	Ecuacion de ajuste $y=0.9980x+138.21$	Resistencia (Kg/cm2)	Tipo de falla	Resistencia promedio	Porcentaje promedio
1	C-1	11/05/2017	14	230.77	15	30	176.71	29165	29244.88	165.49	CONO	164.79 kg/cm2	71.41%
2	C-1	11/05/2017	14	230.77	15	30	176.71	30125	30202.96	170.91	CONO Y CORTE		
3	C-1	11/05/2017	14	230.77	15	30	176.71	27830	27912.55	157.95	CORTE		
1	C-2	11/05/2017	14	230.77	15	30	176.71	24560	24649.09	139.49	CORTE	145.62 kg/cm2	63.10%
2	C-2	11/05/2017	14	230.77	15	30	176.71	25975	26061.26	147.48	CONO Y CORTE		
3	C-2	11/05/2017	14	230.77	15	30	176.71	26405	26490.4	149.90	CORTE		
1	C-3	11/05/2017	14	230.77	15	30	176.71	22530	22623.15	128.02	CORTE	126.55 kg/cm2	54.84%
2	C-3	11/05/2017	14	230.77	15	30	176.71	21955	22049.3	124.77	CONO Y SEPARACION		
3	C-3	11/05/2017	14	230.77	15	30	176.71	22325	22418.56	126.86	CONO Y CORTE		

Tipo de cemento:

PUZOLANICO IP

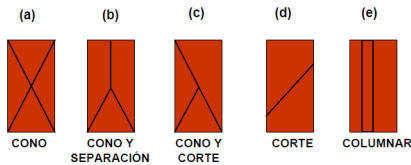
OBSERVACIONES:

C-1: BRIQUETAS TOTALMENTE SUMERGIDAS

C-2: BRIQUETAS CURADAS

C-3: BRIQUETAS DEJADAS A LA INTEMPERIE

TIPOS DE FALLAS



LABORATORISTA: **LUCHO FARFAN HUAMANI**

ASESOR. ING. **HUGO V. ACOSTA VALER**

NORMAS EMPLEADAS:

- A. **Ensayo de resistencia a la compresion (NTP 339.034 - ASTM C 39)**

Imagen Nro.1



Comprobacion de las lecturas registradas en cada rotura

Imagen Nro.2



moldes sometidos a compresion en la prensa

Imagen Nro.3



Molde de concreto destrozado en la prensa hidraulica, ademas mostrando el tipo de falla que presenta

LABORATORISTA: LUCHO FARFAN HUAMANI

ASESOR: ING. HUGO V. ACOSTA VALER

“INFLUENCIA DEL CURADO EN LA RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL CONCRETO PREPARADO CON CEMENTO PORTLAND TIPO I Y CEMENTO PUZOLANICO IP EN LA CIUDAD DE ABANCAY - APURIMAC “

Lugar de rotura: **GEOLEF - laboratorio de suelos y concreto**

Elaborado por: **BACH. Cuellar Loaiza, Julio Cesar**
BACH. Sequeiros Arone, Walker

NUMERO DE FICHA:

4

Asesor: **ING: Hugo V. Acosta Valer**

ROTURA DE MOLDES DE CONCRETO

Lugar de donde proviene la briqueta	CLIMA DE ABANCAY
--	-------------------------

Codigo	Muestra	Fecha de elaboracion	Edad (Dias)	f'c de diseño (Kg/cm2)	Diametro (cm)	Altura (cm)	Area (cm2)	Resistencia (Kg)	Ecuacion de ajuste $y=0.9980x+138.21$	Resistencia (Kg/cm2)	Tipo de falla	Resistencia promedio	Porcentaje promedio
1	C-1	12/05/2017	14	210	15	30	176.71	52990	53022.23	300.04	CORTE	299.52 kg/cm2	142.63%
2	C-1	12/05/2017	14	210	15	30	176.71	52750	52782.71	298.69	CONO Y CORTE		
3	C-1	12/05/2017	14	210	15	30	176.71	52950	52982.31	299.82	CONO Y CORTE		
1	C-2	12/05/2017	14	210	15	30	176.71	45750	45796.71	259.16	CONO Y CORTE	260.61 kg/cm2	124.10%
2	C-2	12/05/2017	14	210	15	30	176.71	46240	46285.73	261.92	COLUMNAR		
3	C-2	12/05/2017	14	210	15	30	176.71	46030	46076.15	260.74	CORTE		
1	C-3	12/05/2017	14	210	15	30	176.71	37650	37712.91	213.41	CONO Y CORTE	213.03 kg/cm2	101.44%
2	C-3	12/05/2017	14	210	15	30	176.71	36630	36694.95	207.65	CORTE		
3	C-3	12/05/2017	14	210	15	30	176.71	38465	38526.28	218.01	CORTE		

Tipo de cemento:

PORTLAND TIPO I

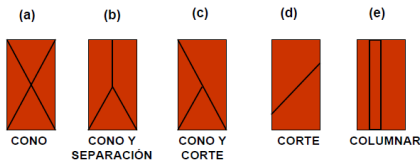
OBSERVACIONES:

C-1: BRIQUETAS TOTALMENTE SUMERGIDAS

C-2: BRIQUETAS CURADAS

C-3: BRIQUETAS DEJADAS A LA INTEMPERIE

TIPOS DE FALLAS



LABORATORISTA: **LUCHO FARFAN HUAMANI**

ASESOR. **ING. HUGO V. ACOSTA VALER**

NORMAS EMPLEADAS:

A. **Ensayo de resistencia a la compresion (NTP 339.034 - ASTM C 39)**

Imagen Nro.1



imagen mostrando el trabajo en conjunto durante todo momento

Imagen Nro.2



Molde en la prensa hidraulica mostrando falla

Imagen Nro.3



Muestras ya sometidas a compresion registrando diferentes tipos de fallas

LABORATORISTA: LUCHO FARFAN HUAMANI

ASESOR: ING. HUGO V. ACOSTA VALER

“INFLUENCIA DEL CURADO EN LA RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL CONCRETO PREPARADO CON CEMENTO PORTLAND TIPO I Y CEMENTO PUZOLANICO IP EN LA CIUDAD DE ABANCAY - APURIMAC “

Lugar de rotura: **GEOLEF - laboratorio de suelos y concreto**

Elaborado por: **BACH. Cuellar Loaiza, Julio Cesar**
BACH. Sequeiros Arone, Walker

NUMERO DE FICHA:

5

Asesor: **ING: Hugo V. Acosta Valer**

ROTURA DE MOLDES DE CONCRETO

Lugar de donde proviene la briqueta	CLIMA DE ABANCAY
--	-------------------------

Codigo	Muestra	Fecha de elaboracion	Edad (Dias)	f'c de diseño (Kg/cm2)	Diametro (cm)	Altura (cm)	Area (cm2)	Resistencia (Kg)	Ecuacion de ajuste $y=0.9980x+138.21$	Resistencia (Kg/cm2)	Tipo de falla	Resistencia promedio	Porcentaje promedio
1	C-1	13/05/2017	21	210	15	30	176.71	37550	37613.11	212.85	COLUMNAR	215.23 kg/cm2	102.49%
2	C-1	13/05/2017	21	210	15	30	176.71	38145	38206.92	216.21	CORTE		
3	C-1	13/05/2017	21	21	15	30	176.71	38220	38281.77	216.63	CORTE		
1	C-2	13/05/2017	21	210	15	30	176.71	33520	33591.17	190.09	CONOY CORTE	202.77 kg/cm2	96.56%
2	C-2	13/05/2017	21	210	15	30	176.71	37325	37388.56	211.58	COLUMNAR		
3	C-2	13/05/2017	21	210	15	30	176.71	36450	36515.31	206.63	CORTE		
1	C-3	13/05/2017	21	210	15	30	176.71	31265	31340.68	177.35	CONO Y SEPARACION	181.63 kg/cm2	86.49%
2	C-3	13/05/2017	21	210	15	30	176.71	32850	32922.51	186.30	COLUMNAR		
3	C-3	13/05/2017	21	210	15	30	176.71	31950	32024.31	181.22	CORTE		

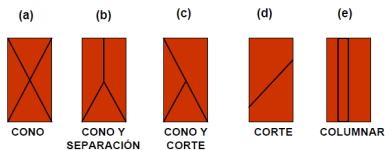
Tipo de cemento:

PUZOLANICO IP

OBSERVACIONES:

C-1: BRIQUETAS TOTALMENTE SUMERGIDAS	C-2: BRIQUETAS CURADAS	C-3: BRIQUETAS DEJADAS A LA INTEMPERIE
--------------------------------------	------------------------	--

TIPOS DE FALLAS



LABORATORISTA: **LUCHO FARFAN HUAMANI**

ASESOR. **ING. HUGO V. ACOSTA VALER**

NORMAS EMPLEADAS:

- A. **Ensayo de resistencia a la compresion (NTP 339.034 - ASTM C 39)**

Imagen Nro.1



preparacion del CAPI para uniformizar la superficie de contacto

Imagen Nro.2



instante en que las muestras son sometidas a compresion

Imagen Nro.3



Muestras ya sometidas, se puede apreciar las fallas obtenidas en cada una de ellas

“INFLUENCIA DEL CURADO EN LA RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL CONCRETO PREPARADO CON CEMENTO PORTLAND TIPO I Y CEMENTO PUZOLANICO IP EN LA CIUDAD DE ABANCAY - APURIMAC “

Lugar de rotura: **GEOLEF - laboratorio de suelos y concreto**

Elaborado por: **BACH. Cuellar Loaiza, Julio Cesar**
BACH. Sequeiros Arone, Walker

NUMERO DE FICHA:

6

Asesor: **ING: Hugo V.Acosta Valer**

ROTURA DE MOLDES DE CONCRETO

Lugar de donde proviene la briqueta	CLIMA DE ABANCAY
--	-------------------------

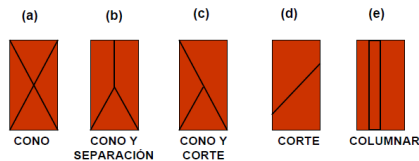
Codigo	Muestra	Fecha de elaboracion	Edad (Dias)	f'c de diseño (Kg/cm2)	Diametro (cm)	Altura (cm)	Area (cm2)	Resistencia (Kg)	Ecuacion de ajuste $y=0.9980x+138.21$	Resistencia (Kg/cm2)	Tipo de falla	Resistencia promedio	Porcentaje promedio
1	C-1	15/05/2017	21	210	15	30	176.71	60570	60587.07	342.85	CORTE	351.34 kg/cm2	167.31%
2	C-1	15/05/2017	21	210	15	30	176.71	64120	64129.97	362.90	CONO Y CORTE		
3	C-1	15/05/2017	21	21	15	30	176.71	61530	61545.15	348.27	CORTE		
1	C-2	15/05/2017	21	210	15	30	176.71	58120	58141.97	329.02	CORTE	324.29 kg/cm2	154.42%
2	C-2	15/05/2017	21	210	15	30	176.71	55780	55806.65	315.80	CONO Y CORTE		
3	C-2	15/05/2017	21	210	15	30	176.71	57950	57972.31	328.06	CONO Y SEPARACION		
1	C-3	15/05/2017	21	210	15	30	176.71	51520	51555.17	291.74	CONO	306.83 kg/cm2	146.11%
2	C-3	15/05/2017	21	210	15	30	176.71	55625	55651.96	314.93	CORTE		
3	C-3	15/05/2017	21	210	15	30	176.71	55430	55457.35	313.82	CORTE		

Tipo de cemento: **PORTLAND TIPO I**

OBSERVACIONES:

C-1: BRIQUETAS TOTALMENTE SUMERGIDAS	C-2: BRIQUETAS CURADAS	C-3: BRIQUETAS DEJADAS A LA INTEMPERIE
--------------------------------------	------------------------	--

TIPOS DE FALLAS



LABORATORISTA: **LUCHO FARFAN HUAMANI**

ASESOR. **ING. HUGO V. ACOSTA VALER**

NORMAS EMPLEADAS:

- A. **Ensayo de resistencia a la compresion (NTP 339.034 - ASTM C 39)**

Imagen Nro.1



Preparacion de la prensa hidraulica para proceder con el ensayo respectivo

Imagen Nro.2



moldes de concreto (briquetas) siendo capeadas (colocacion del CAPI)

Imagen Nro.3



moldes ya sometidos a compresion y cada falla que presenta fueron registrados

LABORATORISTA: LUCHO FARFAN HUAMANI

ASESOR: ING. HUGO V. ACOSTA VALER

“INFLUENCIA DEL CURADO EN LA RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL CONCRETO PREPARADO CON CEMENTO PORTLAND TIPO I Y CEMENTO PUZOLANICO IP EN LA CIUDAD DE ABANCAY - APURIMAC “

Lugar de rotura: **GEOLEF - laboratorio de suelos y concreto**

Elaborado por: **BACH. Cuellar Loaiza, Julio Cesar**
BACH. Sequeiros Arone, Walker

Asesor: **ING: Hugo V. Acosta Valer**

NUMERO DE FICHA:

7

ROTURA DE MOLDES DE CONCRETO

Lugar de donde proviene la briqueta	CLIMA DE ABANCAY
--	-------------------------

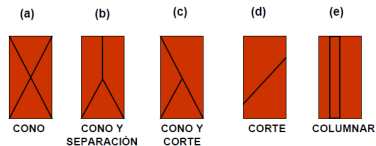
Codigo	Muestra	Fecha de elaboracion	Edad (Dias)	f'c de diseño (Kg/cm2)	Diametro (cm)	Altura (cm)	Area (cm2)	Resistencia (Kg)	Ecuacion de ajuste $y=0.9980x+138.21$	Resistencia (Kg/cm2)	Tipo de falla	Resistencia promedio	Porcentaje promedio
1	C-1	16/05/2017	28	210	15	30	176.71	42515	42568.18	240.89	CORTE	231.09 kg/cm2	110.04%
2	C-1	16/05/2017	28	210	15	30	176.71	39770	39828.67	225.38	COLUMNAR		
3	C-1	16/05/2017	28	21	15	30	176.71	40055	40113.1	226.99	CORTE		
1	C-2	16/05/2017	28	210	15	30	176.71	40055	40113.1	226.99	CONO Y SEPARACION	222.83 kg/cm2	106.11%
2	C-2	16/05/2017	28	210	15	30	176.71	38475	38536.26	218.07	CORTE		
3	C-2	16/05/2017	28	210	15	30	176.71	39425	39484.36	223.44	CORTE		
1	C-3	16/05/2017	28	210	15	30	176.71	33900	33970.41	192.23	CONO Y SEPARACION	190.06 kg/cm2	90.50%
2	C-3	16/05/2017	28	210	15	30	176.71	33820	33890.57	191.78	CORTE		
3	C-3	16/05/2017	28	210	15	30	176.71	32825	32897.56	186.16	CORTE		

Tipo de cemento:
TIPOS DE FALLAS

PUZOLANICO IP

OBSERVACIONES:

C-1: BRIQUETAS TOTALMENTE SUMERGIDAS	C-2: BRIQUETAS CURADAS	C-3: BRIQUETAS DEJADAS A LA INTEMPERIE
--------------------------------------	------------------------	--



LABORATORISTA: LUCHO FARFAN HUAMANI

ASESOR. ING. HUGO V. ACOSTA VALER

NORMAS EMPLEADAS:

- A. **Ensayo de resistencia a la compresion (NTP 339.034 - ASTM C 39)**

Imagen Nro.1



preparacion del molde de concreto con CAPI (para nivelar la superficie)

Imagen Nro.2



moldes de concreto siendo sometidos a compresion

Imagen Nro.3



moldes mostrando el tipo de falla que a conseguido cada uno

LABORATORISTA: LUCHO FARFAN HUAMANI

ASESOR: ING. HUGO V. ACOSTA VALER

"INFLUENCIA DEL CURADO EN LA RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL CONCRETO PREPARADO CON CEMENTO PORTLAND TIPO I Y CEMENTO PUZOLANICO IP EN LA CIUDAD DE ABANCAY - APURIMAC "

Lugar de rotura: **GEOLEF - laboratorio de suelos y concreto**

Elaborado por: **BACH. Cuellar Loaiza, Julio Cesar**
BACH. Sequeiros Arone, Walker

NUMERO DE FICHA:

8

Asesor: **ING: Hugo V.Acosta Valer**

ROTURA DE MOLDES DE CONCRETO

Lugar de donde proviene la briqueta	CLIMA DE ABANCAY
--	-------------------------

Codigo	Muestra	Fecha de elaboracion	Edad (Dias)	f'c de diseño (Kg/cm2)	Diametro (cm)	Altura (cm)	Area (cm2)	Resistencia (Kg)	Ecuacion de ajuste $y=0.9980x+138.21$	Resistencia (Kg/cm2)	Tipo de falla	Resistencia promedio	Porcentaje promedio
1	C-1	17/05/2017	28	210	15	30	176.71	68750	68750.71	389.05	CORTE	387.93 kg/cm2	184.73%
2	C-1	17/05/2017	28	210	15	30	176.71	69930	69928.35	395.71	CORTE		
3	C-1	17/05/2017	28	210	15	30	176.71	66975	66979.26	379.03	CONO Y CORTE		
1	C-2	17/05/2017	28	210	15	30	176.71	63125	63136.96	357.28	CONO	357.33 kg/cm2	170.16%
2	C-2	17/05/2017	28	210	15	30	176.71	62745	62757.72	355.14	CORTE		
3	C-2	17/05/2017	28	210	15	30	176.71	63530	63541.15	359.57	COLUMNAR		
1	C-3	17/05/2017	28	210	15	30	176.71	59985	60003.24	339.55	CORTE	321.39 kg/cm2	153.04%
2	C-3	17/05/2017	28	210	15	30	176.71	53475	53506.26	302.78	CONO Y CORTE		
3	C-3	17/05/2017	28	210	15	30	176.71	56850	56874.51	321.84	CONO Y SEPARACION		

Tipo de cemento: **PORTLAND TIPO I**

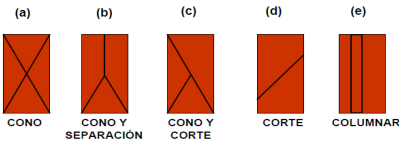
OBSERVACIONES:

C-1: BRIQUETAS TOTALMENTE SUMERGIDAS

C-2: BRIQUETAS CURADAS

C-3: BRIQUETAS DEJADAS A LA INTEMPERIE

TIPOS DE FALLAS



LABORATORISTA: **LUCHO FARFAN HUAMANI**

ASESOR. **ING. HUGO V. ACOSTA VALER**

NORMAS EMPLEADAS:

- A. **Ensayo de resistencia a la compresion (NTP 339.034 - ASTM C 39)**

Imagen Nro.1



imagen de trabajo en equipo

Imagen Nro.2



fallas obtenidas de las roturas realizadas a los 28 días

Imagen Nro.3



Moldes de concreto rotos en la prensa hidraulica

LABORATORISTA: LUCHO FARFAN HUAMANI

ASESOR: ING. HUGO V. ACOSTA VALER

“INFLUENCIA DEL CURADO EN LA RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL CONCRETO PREPARADO CON CEMENTO PORTLAND TIPO I Y CEMENTO PUZOLANICO IP EN LA CIUDAD DE ABANCAY - APURIMAC ”

Lugar de rotura: **GEOLEF - laboratorio de suelos y concreto**

Elaborado por: **BACH. Cuellar Loaiza, Julio Cesar**
BACH. Sequeiros Arone, Walker

NUMERO DE FICHA:

9

Asesor: **ING: Hugo V. Acosta Valer**

ROTURA DE MOLDES DE CONCRETO

**Lugar de donde
proviene la briqueta**

CLIMA DE PACHACHACA

Codigo	Muestra	Fecha de elaboracion	Edad (Dias)	f'c de diseño (Kg/cm2)	Diametro (cm)	Altura (cm)	Area (cm2)	Resistencia (Kg)	Ecuacion de ajuste $y=0.9980x+138.21$	Resistencia (Kg/cm2)	Tipo de falla	Resistencia promedio	Porcentaje promedio
1	C-1	18/05/2017	7	210	15	30	176.71	23540	23631.13	133.72	CORTE	131.51 kg/cm2	62.62%
2	C-1	18/05/2017	7	210	15	30	176.71	22755	22847.7	129.29	CONO Y CORTE		
1	C-2	18/05/2017	7	210	15	30	176.71	20865	20961.48 Kg	118.62	CORTE	119.04 kg/cm2	56.69%
2	C-2	18/05/2017	7	210	15	30	176.71	21015	21111.18 Kg	119.46	CORTE		
1	C-3	18/05/2017	7	210	15	30	176.71	16925	17029.36 Kg	96.37	COLUMNAR	92.92 kg/cm2	44.25%
2	C-3	18/05/2017	7	210	15	30	176.71	15705	15811.80 Kg	89.48	CORTE		

Tipo de cemento: **PUZOLANICO IP**

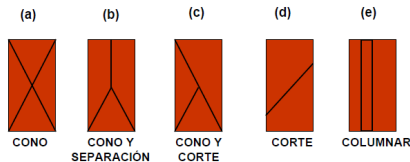
OBSERVACIONES:

C-1: BRIQUETAS TOTALMENTE SUMERGIDAS

C-2: BRIQUETAS CURADAS

C-3: BRIQUETAS DEJADAS A LA INTEMPERIE

TIPOS DE FALLAS



LABORATORISTA: **LUCHO FARFAN HUAMANI**

ASESOR. ING. **HUGO V. ACOSTA VALER**

NORMAS EMPLEADAS:

- A. **Ensayo de resistencia a la compresion (NTP 339.034 - ASTM C 39)**

Imagen Nro.1



*preparacion del los moldes con el CAPI
para uniformizar el area de constacto*

Imagen Nro.2



*colocacion de los moldes de concreto en
la prensa hidraulica*

Imagen Nro.3



*Moldes de concreto rotos en la prensa
hidraulica*

“INFLUENCIA DEL CURADO EN LA RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL CONCRETO PREPARADO CON CEMENTO PORTLAND TIPO I Y CEMENTO PUZOLANICO IP EN LA CIUDAD DE ABANCAY - APURIMAC “

Lugar de rotura: **GEOLEF - laboratorio de suelos y concreto**

Elaborado por: **BACH. Cuellar Loaiza, Julio Cesar**
BACH. Sequeiros Arone, Walker

NUMERO DE FICHA:

10

Asesor: **ING: Hugo V. Acosta Valer**

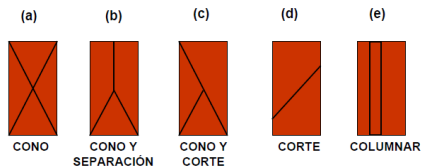
ROTURA DE MOLDES DE CONCRETO

Lugar de donde proviene la briqueta	CLIMA DE PACHACHACA
--	----------------------------

Codigo	Muestra	Fecha de elaboracion	Edad (Dias)	f'c de diseño (Kg/cm2)	Diametro (cm)	Altura (cm)	Area (cm2)	Resistencia (Kg)	Ecuacion de ajuste $y=0.9980x+138.21$	Resistencia (Kg/cm2)	Tipo de falla	Resistencia promedio	Porcentaje promedio
1	C-1	19/05/2017	7	210	15	30	176.71	47565	47608.08	269.41	CONO Y CORTE	267.68 kg/cm2	127.47%
2	C-1	19/05/2017	7	210	15	30	176.71	46955	46999.3	265.96	CORTE		
1	C-2	19/05/2017	7	210	15	30	176.71	42560	42613.09 Kg	241.14	COLUMNAR	242.74 kg/cm2	115.59%
2	C-2	19/05/2017	7	210	15	30	176.71	43125	43176.96 Kg	244.33	CORTE		
1	C-3	19/05/2017	7	210	15	30	176.71	37430	37493.35 Kg	212.17	COLUMNAR	214.20 kg/cm2	102.00%
2	C-3	19/05/2017	7	210	15	30	176.71	38150	38211.91 Kg	216.24	CORTE		

Tipo de cemento:	PORTLAND TIPO I	OBSERVACIONES:			
		<table border="1"> <tr> <td>C-1: BRIQUETAS TOTALMENTE SUMERGIDAS</td> <td>C-2: BRIQUETAS CURADAS</td> <td>C-3: BRIQUETAS DEJADAS A LA INTEMPERIE</td> </tr> </table>	C-1: BRIQUETAS TOTALMENTE SUMERGIDAS	C-2: BRIQUETAS CURADAS	C-3: BRIQUETAS DEJADAS A LA INTEMPERIE
C-1: BRIQUETAS TOTALMENTE SUMERGIDAS	C-2: BRIQUETAS CURADAS	C-3: BRIQUETAS DEJADAS A LA INTEMPERIE			

TIPOS DE FALLAS



LABORATORISTA: **LUCHO FARFAN HUAMANI**

ASESOR: **ING. HUGO V. ACOSTA VALER**

NORMAS EMPLEADAS:

- A. **Ensayo de resistencia a la compresion (NTP 339.034 - ASTM C 39)**

Imagen Nro.1



Equipos y herramientas utilizadas para proceder con la colocacion del CAPI a las muestras de concreto

Imagen Nro.2



Moldes ya sometidos a compresion

Imagen Nro.3



Imagen que muestra como el capi se retira de los moldes de concreto para luego ser reutilizados

“INFLUENCIA DEL CURADO EN LA RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL CONCRETO PREPARADO CON CEMENTO PORTLAND TIPO I Y CEMENTO PUZOLANICO IP EN LA CIUDAD DE ABANCAY - APURIMAC “

Lugar de rotura: **GEOLEF - laboratorio de suelos y concreto**

Elaborado por: **BACH. Cuellar Loaiza, Julio Cesar**
BACH. Sequeiros Arone, Walker

NUMERO DE FICHA:

11

Asesor: **ING: Hugo V. Acosta Valer**

ROTURA DE MOLDES DE CONCRETO

Lugar de donde proviene la briqueta	CLIMA DE PACHACHACA
--	---------------------

Codigo	Muestra	Fecha de elaboracion	Edad (Dias)	f'c de diseño (Kg/cm2)	Diametro (cm)	Altura (cm)	Area (cm2)	Resistencia (Kg)	Ecuacion de ajuste $y=0.9980x+138.21$	Resistencia (Kg/cm2)	Tipo de falla	Resistencia promedio	Porcentaje promedio
1	C-1	20/05/2017	21	210	15	30	176.71	32345	32418.52	183.45	CORTE	184.59 kg/cm2	87.90%
2	C-1	20/05/2017	21	210	15	30	176.71	32750	32822.71	185.74	CONO Y CORTE		
1	C-2	20/05/2017	21	210	15	30	176.71	26525	26610.16 Kg	150.58	COLUMNAR	152.26 kg/cm2	72.51%
2	C-2	20/05/2017	21	210	15	30	176.71	27120	27203.97 Kg	153.94	CORTE		
1	C-3	20/05/2017	21	210	15	30	176.71	22450	22543.31 Kg	127.57	CORTE	128.42 kg/cm2	61.15%
2	C-3	20/05/2017	21	210	15	30	176.71	22750	22842.71 Kg	129.26	COLUMNAR		

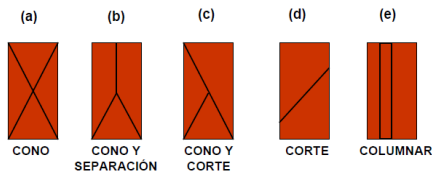
Tipo de cemento:

PUZOLANICO IP

OBSERVACIONES:

C-1: BRIQUETAS TOTALMENTE SUMERGIDAS	C-2: BRIQUETAS CURADAS	C-3: BRIQUETAS DEJADAS A LA INTEMPERIE
--------------------------------------	------------------------	--

TIPOS DE FALLAS



LABORATORISTA: **LUCHO FARFAN HUAMANI**

ASESOR. **ING. HUGO V. ACOSTA VALER**

NORMAS EMPLEADAS:

- A. **Ensayo de resistencia a la compresion (NTP 339.034 - ASTM C 39)**

Imagen Nro.1



Muestra colocada con CAPI (se muestra el procedimiento adecuado)

Imagen Nro.2



Molde en la prensa hidraulica mostrando falla

Imagen Nro.3



molde mostyrado la falla que se obtiene

“INFLUENCIA DEL CURADO EN LA RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL CONCRETO PREPARADO CON CEMENTO PORTLAND TIPO I Y CEMENTO PUZOLANICO IP EN LA CIUDAD DE ABANCAY - APURIMAC “

Lugar de rotura: **GEOLEF - laboratorio de suelos y concreto**

Elaborado por: **BACH. Cuellar Loaiza, Julio Cesar**

BACH. Sequeiros Arone, Walker

Asesor: **ING: Hugo V. Acosta Valer**

NUMERO DE FICHA:

12

ROTURA DE MOLDES DE CONCRETO

Lugar de donde proviene la briqueta	CLIMA DE PACHACHACA
-------------------------------------	----------------------------

Codigo	Muestra	Fecha de elaboracion	Edad (Dias)	f'c de diseño (Kg/cm2)	Diametro (cm)	Altura (cm)	Area (cm2)	Resistencia (Kg)	Ecuacion de ajuste $y=0.9980x+138.21$	Resistencia (Kg/cm2)	Tipo de falla	Resistencia promedio	Porcentaje promedio
1	C-1	22/05/2017	21	210	15	30	176.71	58620	58640.97	331.84	CORTE	329.96 kg/cm2	157.12%
2	C-1	22/05/2017	21	210	15	30	176.71	57955	57977.3	328.08	CORTE		
1	C-2	22/05/2017	21	210	15	30	176.71	53950	53980.31 Kg	305.47	CONO Y CORTE	305.95 kg/cm2	145.69%
2	C-2	22/05/2017	21	210	15	30	176.71	54120	54149.97 Kg	306.43	CORTE		
1	C-3	22/05/2017	21	210	15	30	176.71	50550	50587.11 Kg	286.26	CONO Y CORTE	284.67 kg/cm2	135.56%
2	C-3	22/05/2017	21	210	15	30	176.71	49985	50023.24 Kg	283.07	CONO Y CORTE		

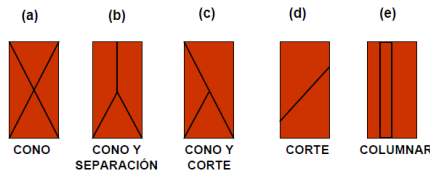
Tipo de cemento:

PORTLAND TIPO I

OBSERVACIONES:

C-1: BRIQUETAS TOTALMENTE SUMERGIDAS	C-2: BRIQUETAS CURADAS	C-3: BRIQUETAS DEJADAS A LA INTEMPERIE
--------------------------------------	------------------------	--

TIPOS DE FALLAS



LABORATORISTA: **LUCHO FARFAN HUAMANI**

ASESOR. **ING. HUGO V. ACOSTA VALER**

NORMAS EMPLEADAS:

- A. **Ensayo de resistencia a la compresion (NTP 339.034 - ASTM C 39)**

Imagen Nro.1



preparativos para proceder con las roturas correspondientes

Imagen Nro.2



verificacion de las roturas realizadas de los moldes de concreto a los 21 dias

Imagen Nro.3



Moldes de concreto rotos en la prensa hidraulica mostrado la falla obtenida

“INFLUENCIA DEL CURADO EN LA RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL CONCRETO PREPARADO CON CEMENTO PORTLAND TIPO I Y CEMENTO PUZOLANICO IP EN LA CIUDAD DE ABANCAY - APURIMAC “

Lugar de rotura: **GEOLEF - laboratorio de suelos y concreto**

Elaborado por: **BACH. Cuellar Loaiza, Julio Cesar**
BACH. Sequeiros Arone, Walker

NUMERO DE FICHA:

13

Asesor: **ING: Hugo V. Acosta Valer**

ROTURA DE MOLDES DE CONCRETO

Lugar de donde proviene la briqueta	CLIMA DE PACHACHACA
--	----------------------------

Codigo	Muestra	Fecha de elaboracion	Edad (Dias)	f'c de diseño (Kg/cm2)	Diametro (cm)	Altura (cm)	Area (cm2)	Resistencia (Kg)	Ecuacion de ajuste $y=0.9980x+138.21$	Resistencia (Kg/cm2)	Tipo de falla	Resistencia promedio	Porcentaje promedio
1	C-1	23/05/2017	28	210	15	30	176.71	36050	36116.11	204.38	CORTE	205.22 kg/cm2	97.73%
2	C-1	23/05/2017	28	210	15	30	176.71	36350	36415.51	206.07	CORTE		
1	C-2	10/05/2017	28	210	15	30	176.71	30815	30891.58 Kg	174.81	CORTE	172.38 kg/cm2	82.09%
2	C-2	10/05/2017	28	210	15	30	176.71	29955	30033.30 Kg	169.95	CORTE		
1	C-3	10/05/2017	28	210	15	30	176.71	26470	26555.27 Kg	150.27	CORTE	151.78 kg/cm2	72.28%
2	C-3	10/05/2017	28	210	15	30	176.71	27005	27089.20 Kg	153.29	CORTE		

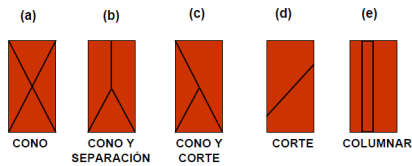
Tipo de cemento:

PUZOLANICO IP

OBSERVACIONES:

C-1: BRIQUETAS TOTALMENTE SUMERGIDAS	C-2: BRIQUETAS CURADAS	C-3: BRIQUETAS DEJADAS A LA INTEMPERIE
--------------------------------------	------------------------	--

TIPOS DE FALLAS



LABORATORISTA: **LUCHO FARFAN HUAMANI**

ASESOR. **ING. HUGO V. ACOSTA VALER**

NORMAS EMPLEADAS:

- A. **Ensayo de resistencia a la compresion (NTP 339.034 - ASTM C 39)**

Imagen Nro.1



Muestra colocada con CAPI en la prensa hidraulica antes de ser sometido a presion

Imagen Nro.2



cilindros de concreto con fallas adecuadas cada una de ellas sometidas a compresion a los 28 dias

Imagen Nro.3



forma en la que an fallado los moldes de concreto a los 28 dias

LABORATORISTA: LUCHO FARFAN HUAMANI

ASESOR: ING. HUGO V. ACOSTA VALER

“INFLUENCIA DEL CURADO EN LA RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL CONCRETO PREPARADO CON CEMENTO PORTLAND TIPO I Y CEMENTO PUZOLANICO IP EN LA CIUDAD DE ABANCAY - APURIMAC “

Lugar de rotura: **GEOLEF - laboratorio de suelos y concreto**

Elaborado por: **BACH. Cuellar Loaiza, Julio Cesar**
BACH. Sequeiros Arone, Walker

NUMERO DE FICHA:

14

Asesor: **ING: Hugo V. Acosta Valer**

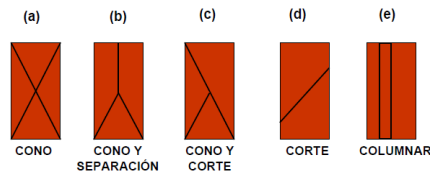
ROTURA DE MOLDES DE CONCRETO

Lugar de donde proviene la briqueta	CLIMA DE PACHACHACA
--	----------------------------

Codigo	Muestra	Fecha de elaboracion	Edad (Dias)	f'c de diseño (Kg/cm2)	Diametro (cm)	Altura (cm)	Area (cm2)	Resistencia (Kg)	Ecuacion de ajuste $y=0.9980x+138.21$	Resistencia (Kg/cm2)	Tipo de falla	Resistencia promedio	Porcentaje promedio
1	C-1	10/05/2017	28	210	15	30	176.71	63120	63131.97	357.25	CORTE	357.90 kg/cm2	170.43%
2	C-1	10/05/2017	28	210	15	30	176.71	63350	63361.51	358.55	CORTE		
1	C-2	10/05/2017	28	210	15	30	176.71	56155	56180.90 Kg	317.92	CORTE	315.97 kg/cm2	150.46%
2	C-2	10/05/2017	28	210	15	30	176.71	55465	55492.28 Kg	314.02	CORTE		
1	C-3	10/05/2017	28	210	15	30	176.71	50350	50387.51 Kg	285.13	CONO Y CORTE	290.50 kg/cm2	138.33%
2	C-3	10/05/2017	28	210	15	30	176.71	52250	52283.71 Kg	295.87	CONO Y CORTE		

Tipo de cemento:	PORTLAND TIPO I	OBSERVACIONES:			
		<table border="1"> <tr> <td align="center">C-1: BRIQUETAS TOTALMENTE SUMERGIDAS</td> <td align="center">C-2: BRIQUETAS CURADAS</td> <td align="center">C-3: BRIQUETAS DEJADAS A LA INTEMPERIE</td> </tr> </table>	C-1: BRIQUETAS TOTALMENTE SUMERGIDAS	C-2: BRIQUETAS CURADAS	C-3: BRIQUETAS DEJADAS A LA INTEMPERIE
C-1: BRIQUETAS TOTALMENTE SUMERGIDAS	C-2: BRIQUETAS CURADAS	C-3: BRIQUETAS DEJADAS A LA INTEMPERIE			

TIPOS DE FALLAS



LABORATORISTA: **LUCHO FARFAN HUAMANI**

ASESOR. **ING. HUGO V. ACOSTA VALER**

NORMAS EMPLEADAS:

- A. **Ensayo de resistencia a la compresion (NTP 339.034 - ASTM C 39)**

Imagen Nro.1



prensa hidraulica para someter los moldes (briquetas) a compresion

Imagen Nro.2



falla obtenida en el ensayo a compresion

Imagen Nro.3



Cilindros de concreto mostrando fallas en modo de corte

LABORATORISTA: LUCHO FARFAN HUAMANI

ASESOR: ING. HUGO V. ACOSTA VALER