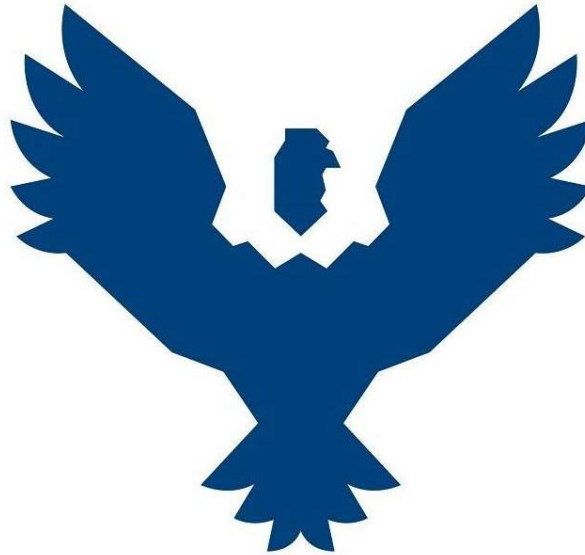




# UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



## T E S I S

---

“EVALUACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN AXIAL DEL CONCRETO  
F’c: 210 Kg/cm<sup>2</sup>, ELABORADO CON ADICIONES PORCENTUALES DE 5%, 10% Y  
15% DE DIATOMITA EN ESTADO CALCINADO CON RESPECTO A UN CONCRETO  
PATRÓN A LOS 7, 14 Y 28 DÍAS DE CURADO”.

---

Presentado por:

Bachiller Walter Rudi Perez Ramos.

Para Optar al Título Profesional de Ingeniero Civil.

Asesor:

Mgt.Ing. Jose Alberto Montesinos Cervantes.

CUSCO – PERÚ

2023



**Agradecimientos:**

*A mis hijos, Padres, Hermanos, Tíos y Sobrinos por brindarme su apoyo incondicional y sobre todo la confianza y seguridad que depositan en mí.*

*A mi apreciado asesor Ing. Víctor Chacón, Ing. José Alberto Montesinos Cervantes y María Isabel Callahui Ríos, por el esfuerzo y el tiempo dedicado para orientarme y encaminar en el transcurso de la presente investigación, puesto que, sin su aporte y experiencia, este trabajo no sería posible.*

*A mi Jurado Dictaminante: Ing. Rodé luz Orohuanca Sosa e Ing. Jorge Álvarez Espinoza, por haber contribuido en el desarrollo y conclusión de la presente Tesis.*

*A mis jurados replicantes Ing. Nico Yheison González Mamany e Ing. José Luis Ríos Rabelo.*

***Muchas Gracias.***



**Dedicatoria.**

*A mis hijos, Sebastián y Valery, quienes son la razón de mi existir y energía inagotable, a mis padres, Federico y Corina, mis hermanos Luzgarda, Mabel, Olga, Gilmer y Davis, quienes yacen en lo más profundo de mi corazón.*

*“El amor, energía inagotable con el que contamos todos nosotros”.*

*“Con Amor para mi pequeña hija Valery”.*

*“No existe, momento y circunstancia en el que, no estés en mis pensamientos y mi corazón, pronto iremos a jugar e ir de compras.”*

**Rudi Pérez.**



**Jurados de la presente tesis**

Mgt. Ing. Jorge Álvarez Espinoza (presidente del jurado)

Ing. Rode Luz Arohuanca sosa (jurado secretario de actas)

Mgt. Ing. José Luis Ríos Rabelo. (jurado replicante)

Mgt. Nico Yheison González Mamany. (jurado replicante)

Mgt. Ing. José A. Montesinos Cervantes (asesor de tesis)





## Índice general

Agradecimientos: .....	1
Dedicatoria. ....	2
Jurados de la presente tesis.....	3
Índice general .....	4
Índice de tablas. ....	13
Índice de figuras. ....	19
Introducción.....	23
Resumen. ....	24
Abstract. ....	26
<b>Capítulo I: introducción .....</b>	<b>28</b>
1.1 Planteamiento del problema.....	28
1.2 Formulación del problema.....	28
1.2.1. Problema general. ....	28
1.2.2 Problemas específicos.....	28
1.3 Justificación .....	29
1.3.1 Conveniencia. ....	29
1.3.2 Relevancia social. ....	29
1.3.3 Implicancia practica.....	29
1.3.4 Valor teórico. ....	30
1.3.5. Utilidad metodológica. ....	30
1.4 Objetivo de la investigación. ....	30
1.4.1 Objetivo general.....	30
1.4.2 Objetivos específicos. ....	30
1.5 Delimitación del estudio .....	31
1.5.1 Delimitación espacial.....	31
1.1.1.3 Villa Alpaorcona. ....	32
1.5.2 Delimitación temporal .....	33
<b>Capitulo II: Marco Teórico. ....</b>	<b>34</b>
2.1 Antecedentes de la investigación actual. ....	34
2.1.1 antecedente N°01 a nivel internacional: .....	34
2.1.2 Antecedente N°02 a nivel internacional: .....	34
2.1.3 Antecedente N° 01 a nivel nacional: .....	34
2.1.4 Antecedente N° 02 a nivel nacional: .....	35



2.1.5 Antecedente N° 03 a nivel nacional: .....	37
2.1.6 Antecedente N° 01 a nivel local: .....	38
2.1.7 Antecedente N° 02 a nivel local: .....	40
2.2 Bases teóricas. ....	42
2.2.1 El concreto. ....	42
2.2.1.1 Definición del concreto. ....	42
2.2.1.2 Tipos de concreto. ....	43
2.2.1.2.1 Concreto simple. ....	43
2.2.1.2.2 Concreto armado. ....	43
2.2.1.2.3 Concreto premezclado. ....	43
2.2.1.2.4 Concreto bombeado. ....	43
2.2.1.2.5 Concreto ciclópeo. ....	43
2.2.1.3 Propiedades del concreto. ....	43
2.2.1.3.1 Propiedades en estado plástico - fresco. ....	43
2.2.1.3.2 Propiedades en estado endurecido. ....	45
2.2.2 Componentes del concreto. ....	46
2.2.2.1 Cemento portland. ....	46
2.2.2.1.1 Definición. ....	46
2.2.2.1.2 Composición química del cemento portland. ....	47
2.2.2.1.3 Mecanismo de hidratación del cemento portland. ....	49
2.2.2.1.4 Tipos de cemento. ....	50
2.2.3 Puzolana. ....	51
2.2.3.1 Definición. ....	51
2.2.3.2. Tipos de puzolana. ....	51
2.2.3.3 Puzolanas naturales: ....	51
2.2.3.4 Puzolanas artificiales: ....	51
2.2.3.5 Propiedades de puzolana. ....	52
2.2.3.5 Principales usos y aplicaciones de la puzolana. ....	53
2.2.4 Cemento portland puzolánico tipo IP. ....	54
2.2.4.1 Definición. ....	54
2.2.4.2 Propiedades del cemento portland puzolánico tipo IP. ....	55
2.2.4.3 Beneficios del cemento portland puzolánico tipo IP. ....	55
2.2.5 Agua .....	<b>56</b>
2.2.5.1 Agua para la elaboración del concreto. ....	56



2.2.6 Agregados. ....	57
2.2.6.1 Definición. ....	57
2.2.6.2 Tipos de canteras de agregados. ....	58
2.2.6.3 Clasificación de los agregados. ....	59
2.2.6.3.1 Clasificación por su origen. ....	59
2.2.6.3.2 Clasificación por su tamaño. ....	59
2.2.6.3.3 Características físicas de los agregados. ....	60
2.2.2.3.5 Condiciones de saturación de los agregados. ....	60
2.2.6.4 Agregado grueso. ....	61
2.2.6.4.1 Definición. ....	61
2.2.6.4.2 Características de un buen agregado grueso para concreto. ....	61
2.2.6.5 Agregado fino. ....	62
2.2.6.5.1 Definición. ....	62
2.2.6.5.2 Características de un buen agregado fino para concreto. ....	62
2.2.7 Ensayo a los agregados. ....	63
2.2.7.1 Granulometría a los agregados. ....	63
2.2.7.1.1 Granulometría y módulo de fineza para el agregado fino. ....	63
2.2.7.1.2 Granulometría para el agregado grueso. ....	65
2.2.7.2 Resistencia a la abrasión. y/o desgaste. ....	67
2.2.7.3 Contenido de humedad de los agregados. ....	68
2.2.7.4 Peso específico y absorción del agregado fino. ....	70
2.2.7.4.1 Uso del cono de absorción. ....	70
2.2.7.5 Peso específico y absorción del agregado grueso. ....	72
2.2.7.6 Peso unitario de los agregados. ....	73
2.2.7.7 Contenido de vacíos en los agregados. ....	74
2.2.7.8 Resumen de ensayos a los agregados de esta investigación. ....	74
2.2.8 Diseño de mezclas. ....	75
2.2.8.1 Definición. ....	75
2.2.8.2 Objetivos del diseño de mezclas. ....	75
2.2.8.3 Secuencia de diseño. ....	75
2.2.8.4 Consideraciones de la resistencia de diseño. ....	75
2.2.8.5 Pasos del diseño de mezclas de concreto ACI - 211. ....	77
2.2.9 Ensayo del revenimiento del concreto. ....	82
2.2.10 Elaboración y curado de probetas-testigos de concreto. ....	84



2.2.10.1	Objetivos. ....	84
2.2.10.2	Equipos.....	85
2.2.10.3	Procedimiento.....	85
2.2.10.4	Curado estándar de probetas-testigos.....	86
2.2.10.5	Precauciones de probetas-testigos en su manipulación y transporte.....	88
2.2.11	Determinación del esfuerzo a la compresión en probetas-testigos de concreto. ....	88
2.2.11.1	Equipos a usar. ....	89
2.2.11.2	Muestras o probetas-testigos de concreto.....	90
2.2.11.3	Procedimiento.....	91
2.2.11.4	Cálculo y corrección de resultados: .....	94
2.2.11.5	Cálculos de la resistencia a la compresión del concreto. ....	94
2.2.11.6	Mecanismo de falla de una probeta testigo. ....	95
2.2.11.6.1	Deformación lineal.....	95
2.2.11.6.2	Porqué se fractura una probeta testigo. ....	96
2.2.11.6.3	Comportamiento mecánico de una probeta testigo.....	97
2.2.12	Temperatura del concreto fresco.....	99
2.2.13	Puzolanas .....	99
2.2.13.1	Puzolanas naturales. ....	100
2.2.13.2	Puzolanas naturales de origen mineral .....	100
2.2.13.3	Puzolanas naturales de origen orgánico. ....	100
2.2.13.4	Puzolanas artificiales.....	100
2.2.13.5	Clasificación de las puzolanas.....	101
2.2.14	Diatomita. ....	102
2.2.14.1	Depósitos de diatomita en Perú.....	104
2.2.14.2	Características químicas y físicas.....	104
2.2.14.3	Calcinación de la diatomita .....	106
2.3	Marco conceptual .....	107
2.4	Hipótesis.....	110
2.4.1	Hipótesis general .....	110
2.4.2	Hipótesis específicas.....	110
2.5	Variables e indicadores .....	111
2.5.1	Identificación de variables .....	111
2.5.1.1	Variables independientes.....	111
2.5.1.2	Variables dependientes.....	112



2.5.2 Cuadro de operacionalización de variables .....	110
<b>Capítulo III: Método .....</b>	<b>111</b>
3.1 Alcance del estudio.....	111
3.1.1 Tipo de investigación.....	111
3.1.1.1 Cuantitativo. ....	111
3.1.2 Nivel de investigación. ....	111
3.1.2.1 Descriptivo. ....	111
3.1.2.2 Correlacional. ....	111
3.1.3 Método de investigación.....	112
3.1.3.1 Hipotético - deductivo.....	112
3.2 Diseño de la investigación.....	112
3.2.1 Diseño experimental .....	112
3.2.1.1 Diseño cuasiexperimental. ....	112
3.3 Población.....	113
3.3.1 Descripción de la población.....	113
3.3.1.2 Cuantificación de la población.....	113
3.4 Muestra.....	114
3.4.1 Descripción de la muestra.....	114
3.4.2 Cuantificación de la muestra.....	114
3.4.3 Método de muestreo.....	114
3.4.4 Criterios de evaluación de la muestra.....	115
3.4.5 Criterios de inclusión.....	115
3.5 Técnicas e Instrumentos de recolección de datos.....	<b>116</b>
3.5.1 Instrumentos para la recolección de datos .....	116
3.5.1.1 Recolección de datos para el agregado fino.....	116
3.5.1.2 Recolección de datos para el agregado grueso.....	116
3.5.1.3 Recolección de datos durante la elaboración del concreto.....	116
3.5.1.4 Recolección de datos de resultados en el ensayo de resistencia a la compresión axial a los 7, 14 y 28 días.....	116
3.5.2 Instrumentos de ingeniería.....	129
3.5.3 Procedimientos de recolección de datos.....	134
3.5.3.1 Muestreo de los agregados.....	136
3.5.3.2 Ensayo, resistencia a la abrasión y/o desgaste de muestras de agregado grueso.....	137



3.5.3.3 Ensayo, granulometría para muestras de agregado fino.....	139
3.5.3.4 Ensayo, granulometría para muestras de agregado grueso. ....	142
3.5.3.5 Ensayo, contenido de humedad de los agregados. ....	144
3.5.3.6 Ensayo, peso específico y porcentaje de absorción del agregado fino.....	145
3.5.3.7 Ensayo, peso específico y porcentaje de absorción del agregado grueso. ....	148
3.5.3.8 Ensayo, peso unitario de los agregados.....	150
3.5.3.9 Preparación de la mezcla, verificación del revenimiento, temperatura y moldeado de probetas de concreto fresco. ....	153
3.5.3.10 Curado de probetas-testigos de concreto.....	161
3.5.3.11 Ensayo, resistencia a la compresión axial y corroboración de dimensiones de probetas- testigos. ....	163
3.5.4 Análisis de datos. ....	180
3.5.4.1 Análisis de resistencia a la abrasión y/o desgaste de muestras de agregado grueso.....	180
3.5.4.2 Análisis de resistencia a la abrasión y/o desgaste del agregado grueso.....	181
3.5.4.3 Análisis de granulometría y módulo de finura para el agregado fino. ....	182
3.5.4.4 Análisis de granulometría y módulo de finura del agregado fino de cantera de Mina Roja. ....	183
3.5.4.5 Análisis de granulometría y módulo de finura del agregado fino de la cantera de Cunyac. ....	185
3.5.4.6 Análisis de granulometría y módulo de finura del agregado fino, 35% mina roja y 65% Cunyac. ....	187
3.5.4.7 Análisis de granulometría para el agregado grueso. ....	189
3.5.4.8 Análisis del contenido de humedad para los agregados. ....	191
3.5.4.8.1 Análisis del contenido de humedad para el agregado fino.....	192
3.5.4.8.1 Análisis del contenido de humedad para el agregado grueso.....	193
3.5.4.9 Análisis del peso específico y absorción para el agregado fino. ....	194
3.5.4.10 Análisis del peso específico y porcentaje de absorción para el agregado grueso. .....	197
3.5.4.11 Análisis del peso unitario para los agregados.....	199
3.5.4.11.1 Análisis del peso unitario del agregado fino.....	200
3.5.4.11.2 Análisis del peso unitario del agregado grueso.....	201
3.5.4.12 Análisis del diseño de mezclas para el concreto $f'c: 210\text{kg/cm}^2$ .....	202
3.5.4.12.1 Características físicas y mecánicas de los componentes del concreto. ....	203



3.5.4.12.2 Cálculo de resistencia de diseño. ....	204
3.5.4.12.3 Pasos para el diseño de mezclas $f'c$ : 210 kg/cm <sup>2</sup> ACI - 211.....	204
3.5.4.12.4 Dosificación de concreto $f'c$ : 210 kg/cm <sup>2</sup> – patrón.....	211
3.5.4.12.6 Dosificación de concreto $f'c$ : 210 kg/cm <sup>2</sup> – adición de 10% de diatomita en estado calcinado.....	215
3.5.4.12.7 Dosificación de concreto $f'c$ : 210 kg/cm <sup>2</sup> – adición de 15% de diatomita en estado calcinado.....	217
3.5.4.13 Análisis del revenimiento del concreto.....	218
3.5.4.14 Análisis de la temperatura del concreto.....	220
3.5.4.15 Análisis, resistencia a la compresión axial del concreto.....	222
3.5.4.16 Análisis de la composición físico químico diatomita en estado natural.....	230
3.6 Validez y confiabilidad de los instrumentos.....	231
3.6.1 Ensayos de laboratorio para la elección de la diatomita en estado natural disponible en nuestra localidad.....	231
3.6.2 Ensayos de laboratorio para el agregado fino, UAC Facultad de Ingeniería Civil. ....	231
3.6.3 Ensayos de laboratorio para el agregado grueso, UAC Facultad de Ingeniería Civil. ....	232
3.6.4 Ensayos de laboratorio durante la elaboración del concreto UAC Facultad de Ingeniería Civil. ....	232
3.6.5 Ensayos de laboratorio de resultados de resistencia a la compresión axial a los 7, 14 y 28 días de curado, UAC Facultad de Ingeniería Civil. ....	232
3.7 Plan de análisis de datos .....	232
3.7.1 Pasos a seguir en la investigación - diseño de ingeniería. ....	232
3.7.2 Diagrama de flujo de ingeniería de la investigación de la tesis:.....	232
<b>Capítulo IV: Resultados de la investigación. ....</b>	<b>234</b>
4.1 Resultados del desarrollo de la resistencia a la compresión axial del concreto $f'c$ : 210 kg/cm <sup>2</sup> , con la adición de diatomita en estado calcinado en 5%,10% y 15% respecto a la resistencia a la compresión axial del concreto patrón, evaluado a los 7,14 y 28 días de curado. ....	234
4.1.1 Resumen de resultados de la resistencia a la compresión axial del concreto $f'c$ : 210 kg/cm <sup>2</sup> , con diferentes adiciones a los 7,14 y 28 días de curado.....	237



4.1.2 Grafica resumen del desarrollo de la resistencia a la compresión axial del concreto patrón $f'c$ : 210 kg/cm <sup>2</sup> , adicionado con diferentes porcentajes de diatomita en estado calcinado a los 7,14 y 28 días de curado. ....	239
4.2 Resultados de la máxima resistencia a la compresión axial del concreto $f'c$ : 210 kg/cm <sup>2</sup> adicionado con diferentes porcentajes de diatomita en estado calcinado y que porcentaje de diferencia significa respecto del concreto patrón. ....	241
4.2.1 Resistencia de concreto $f'c$ : 210 kg/cm <sup>2</sup> - patrón. ....	241
4.2.2 Resistencia de concreto $F'c$ : 210 kg/cm <sup>2</sup> – con adición de 5% de diatomita en estado calcinado. ....	242
4.2.3 Resistencia de concreto $f'c$ : 210 kg/cm <sup>2</sup> – con adición de 10% de diatomita en estado calcinado. ....	243
4.2.4 Resistencia de concreto $f'c$ :210 kg/cm <sup>2</sup> con adición de 15% de diatomita en estado calcinado. ....	244
4.2.5 Grafica resumen de la máxima resistencia a la compresión axial del concreto $f'c$ :210 kg/cm <sup>2</sup> adicionado con diferentes porcentajes de diatomita en estado calcinado y que porcentaje de diferencia significa respecto del concreto patrón. ...	245
4.3 Resultados del porcentaje de adición óptimo de diatomita en estado calcinado que presente una mejor resistencia a la compresión axial del concreto patrón. ....	247
4.4 Resultados de la temperatura del concreto en estado fresco con adiciones de diatomita en estado calcinado en diferentes porcentajes. ....	248
4.5 Resultados del revenimiento del concreto $F'c$ : 210kg/cm <sup>2</sup> con diferentes % de adición de diatomita en estado calcinado. ....	249
4.6 Resultados de análisis de la composición físico química de diatomita. ....	250
4.7 Resultados de análisis de precios unitarios. ....	251
4.7.1 Resultados de análisis de costo de elaboración de un m <sup>3</sup> de concreto patrón.....	251
4.7.2 Resultados de análisis de costo de elaboración de un m <sup>3</sup> de concreto patrón + 5% de adición de diatomita en estado calcinado.....	251
4.7.3 Resultados de análisis de costo de elaboración de un m <sup>3</sup> de concreto patrón + 10% de adición de diatomita en estado calcinado.....	252
4.7.4 Resultados de análisis de costo de elaboración de un m <sup>3</sup> de concreto patrón + 15% de adición de diatomita en estado calcinado.....	252
4.7.5 Comparación de costos por metro cubico de concreto en nuevos soles. ....	253
4.7.6 Comparación de costos por metro cubico de concreto en porcentaje (%). ....	253
4.7 Resultados respecto de los objetivos específicos. ....	254





4.8 Resultados respecto del objetivo general.....	254
<b>Capítulo V: Discusión. ....</b>	<b>255</b>
5.1 Descripción de los hallazgos más relevantes y significativos. ....	255
5.2 Limitaciones del estudio.....	<b>256</b>
5.3 Comparación crítica con la literatura existente. ....	257
5.4 Comentario de la demostración de la hipótesis. ....	258
5.5 Implicancias del estudio .....	258
<b>Conclusiones.....</b>	<b>260</b>
<b>Recomendaciones.....</b>	<b>261</b>
<b>Referencias. ....</b>	<b>263</b>
<b>Instrumentos de recolección de datos .....</b>	<b>265</b>
<b>Validación de instrumentos .....</b>	<b>277</b>
<b>Apéndice 01 .....</b>	<b>293</b>
<b>Panel fotográfico.....</b>	<b>293</b>
<b>Apéndice 02 .....</b>	<b>297</b>
<b>(Matriz de consistencia) .....</b>	<b>297</b>



### Índice de tablas.

Tabla 1	Componentes del cemento portland, antes de su fabricación. ....	47
Tabla 2	Resumen de componentes del cemento portland. ....	48
Tabla 3	Propiedades aportadas al cemento por componentes principales del Clinker. ....	48
Tabla 4	Composición de distintos tipos de cemento portland. ....	51
Tabla 5	Propiedades físicas de la puzolana. ....	52
Tabla 6	Propiedades químicas de la puzolana. ....	52
Tabla 7	Características técnicas del cemento portland puzolánico tipo IP – yura. ....	54
Tabla 8	Resistencia a los sulfatos del cemento portland puzolánico IP .....	55
Tabla 9	Calidad del agua para la elaboración y curado del concreto. ....	56
Tabla 10	Clasificación de los agregados según el tamaño. ....	59
Tabla 11	Análisis granulométrico del agregado fino. ....	64
Tabla 12	Requisitos granulométricos para el agregado grueso. ....	65
Tabla 13	Resistencia mecánica de los agregados. ....	67
Tabla 14	Gradación de las muestras para ensayo a realizar en la máquina de los ángeles. ....	67
Tabla 15	Factor de corrección para $F'_{cr}$ . ....	76
Tabla 16	Diferentes asentamientos para infraestructura. ....	77
Tabla 17	Volumen de agua por $m^3$ , agua en litros/ $m^3$ para (tmn) de agregados y consistencia indicada. ....	78
Tabla 18	Contenido de aire atrapado. ....	79
Tabla 19	Relación agua/cemento por resistencia, para $F'_{cr}$ . ....	79
Tabla 20	Peso del agregado grueso por unidad de volumen del concreto (b/bo). ....	80
Tabla 21	Determinación del volumen absoluto para el agregado fino. ....	81
Tabla 22	Clases de mezclas según su asentamiento. ....	84
Tabla 23	Tolerancia permisible de tiempo de ensayo. ....	91
Tabla 24	Factor de corrección según la relación l/d. ....	94
Tabla 25	Ventajas de las puzolanas en los cementos puzolánicos. ....	102
Tabla 26	Propiedades físicas de la diatomita. ....	103
Tabla 27	Análisis químico - Principales yacimientos de diatomitas de Perú. ....	105
Tabla 28	Características físicas de los principales yacimientos de diatomitas de Perú. ....	105
Tabla 29	Población de probetas testigo diseñadas con resistencia de $f'_{c}$ : 210 kg/cm <sup>2</sup> ....	113
Tabla 30	Distribución de muestras a ser evaluadas. ....	114
Tabla 31	Plantilla Excel, Ensayo Granulometría para el agregado fino .....	117
Tabla 32	Formato para el Ensayo Contenido de Humedad para agregado fino .....	118



Tabla 33	Formato para el Ensayo Peso específico y Porcentaje de Absorción para el Agregado fino. ....	119
Tabla 34	Formato para Ensayo Peso Unitario agregado fino .....	120
Tabla 35	Formato, Ensayo Desgaste por Abrasión, según categoría “B” agregado grueso. .	
Tabla 36	Plantilla Excel, Ensayo Granulometría para el agregado grueso.....	122
Tabla 37	Formato para el Ensayo Contenido de Humedad para el agregado grueso .....	123
Tabla 38	Formato para el Ensayo Peso específico y Porcentaje de Absorción para el agregado grueso. ....	124
Tabla 39	Formato para Ensayo Peso Unitario del agregado grueso. ....	125
Tabla 40	Formato de recolección de datos del revenimiento del Concreto durante su elaboración. ....	126
Tabla 41	Formato de recolección de datos de Temperatura del concreto en estado fresco y/o recién elaborado.....	127
Tabla 42	Formato recolección de datos, corroboración de dimensiones de Probetas- Testigos y apunte de lectura del resultado durante el ensayo de resistencia a la Compresión Axial. ....	128
Tabla 43	Extracción y calcinación de diatomita. ....	129
Tabla 44	Instrumentos usados en el laboratorio de tecnología de concreto.....	130
Tabla 45	Cantidad de materiales próximos por 06 probetas a usar en la investigación. ..	135
Tabla 46	Toma de datos, del ensayo de resistencia a la abrasión de muestras de agregado grueso. ....	139
Tabla 47	Toma de datos, peso retenido de granulometría de muestras de agregado fino.	141
Tabla 48	Toma de datos, granulometría de agregado grueso. ....	143
Tabla 49	Ensayo, contenido de humedad de los agregados.....	145
Tabla 50	Toma de datos, peso específico del agregado fino. ....	148
Tabla 51	Ensayo, peso específico del agregado grueso. ....	150
Tabla 52	Ensayo, peso unitario de los agregados. ....	152
Tabla 53	Ensayo Determinación del revenimiento del concreto patrón $f'c$ : 210 kg/cm <sup>2</sup> .	159
Tabla 54	Ensayo Determinación del revenimiento del concreto $f'c$ : 210 kg/cm <sup>2</sup> adicionado con diatomita en estado calcinado al 5%. ....	159
Tabla 55	Ensayo Determinación del revenimiento del concreto $f'c$ : 210 kg/cm <sup>2</sup> adicionado con diatomita en estado calcinado al 10%. ....	159
Tabla 56	Ensayo Determinación del revenimiento del concreto $f'c$ : 210 kg/cm <sup>2</sup> adicionado con diatomita en estado calcinado al 15%. ....	160



Tabla 57	Ensayo Determinación de temperatura del concreto patrón $f'c$ : 210 kg/cm <sup>2</sup> ....	160
Tabla 58	Ensayo Determinación de temperatura del concreto $f'c$ : 210 kg/cm <sup>2</sup> adicionado con diatomita en estado calcinado al 5% .	160
Tabla 59	Ensayo Determinación de temperatura del concreto $f'c$ : 210 kg/cm <sup>2</sup> adicionado con diatomita en estado calcinado al 10% .	161
Tabla 60	Ensayo Determinación de temperatura del concreto $f'c$ : 210 kg/cm <sup>2</sup> adicionado con diatomita en estado calcinado al 15% .	161
Tabla 61	Toma de datos para la resistencia a la compresión axial a los 7 días de curado del concreto patrón.....	168
Tabla 62	Toma de datos a los 7 días de curado, resistencia a la compresión axial del concreto con adiciones de diatomita en estado calcinado en un 5%.....	169
Tabla 63	Toma de datos a los 7 días de curado, resistencia a la compresión axial del concreto con adiciones de diatomita en estado calcinado en un 10%.....	170
Tabla 64	Toma de datos a los 7 días de curado, resistencia a la compresión axial del concreto con adiciones de diatomita en estado calcinado en un 15%.....	171
Tabla 65	Toma de datos para la resistencia a la compresión axial a los 14 días de curado del concreto patrón.....	172
Tabla 66	Toma de datos a los 14 días de curado, resistencia a la compresión axial del concreto con adiciones de diatomita en estado calcinado en un 5%.....	173
Tabla 67	Toma de datos a los 14 días de curado, resistencia a la compresión axial del concreto con adiciones de diatomita en estado calcinado en un 10%.....	174
Tabla 68	Toma de datos a los 14 días de curado, resistencia a la compresión axial del concreto, con adiciones de diatomita en estado calcinado en un 15%.....	175
Tabla 69	Toma de datos para la resistencia a la compresión axial a los 28 días de curado del concreto patrón.....	176
Tabla 70	Toma de datos a los 28 días de curado, resistencia a la compresión axial del concreto con adiciones de diatomita en estado calcinado en un 5%.....	177
Tabla 71	Toma de datos a los 28 días de curado, resistencia a la compresión axial del concreto, con adiciones de diatomita en estado calcinado en un 10%.....	178
Tabla 72	Toma de datos a los 28 días de curado, resistencia a la compresión axial del concreto con adiciones de diatomita en estado calcinado en un 15%.....	179
Tabla 73	Selección de gradación de las muestras de ensayo a realizar en la máquina de los ángeles. ....	180
Tabla 74	Verificación de resistencia mecánica de los agregados. ....	180



Tabla 75	Desgaste a la abrasión de muestras de agregado grueso.....	181
Tabla 76	Desgaste a la abrasión de muestras del agregado grueso, realizado en la máquina de los ángeles.....	181
Tabla 77	Límites granulométricos del agregado fino.....	182
Tabla 78	Granulometría del agregado fino y módulo de fineza de la cantera de mina roja.	183
Tabla 79	Granulometría del agregado fino y módulo de fineza de la cantera de Cunyac.	185
Tabla 80	Granulometría del agregado fino y módulo de fineza, 35% mina roja y 65% Cunyac.	187
Tabla 81	Granulometría del agregado grueso de la cantera de vicho.....	190
Tabla 82	Contenido de humedad del agregado fino.....	192
Tabla 83	Contenido de humedad del agregado grueso.....	193
Tabla 84	Peso específico y absorción del agregado fino, cantera Cunyac.....	195
Tabla 85	Peso específico y absorción del agregado fino, cantera mina roja.....	195
Tabla 86	Peso específico de masa y peso específico saturado superficialmente seco del agregado fino – Cunyac.....	196
Tabla 87	Peso específico de masa y peso específico saturado superficialmente seco del agregado fino – mina roja.....	196
Tabla 88	Porcentaje de absorción del agregado fino (Cunyac).....	196
Tabla 89	Porcentaje de absorción del agregado fino (mina roja).....	197
Tabla 90	Resumen de peso específico y absorción del agregado fino.....	197
Tabla 91	Peso específico y absorción del agregado grueso.....	198
Tabla 92	Peso unitario seco suelto y peso unitario seco compactado de agregado fino...	200
Tabla 93	Peso unitario seco suelto y peso unitario seco compactado del agregado grueso Cantera Vicho.....	201
Tabla 94	Características del agregado grueso y agregado fino.....	203
Tabla 95	Características del cemento.....	203
Tabla 96	Selección del tipo de asentamiento (F'cr).....	204
Tabla 97	Selección del volumen de agua por m <sup>3</sup> , agua en litros/m <sup>3</sup> para (tmn) de agregados y consistencia indicada.....	205
Tabla 98	Selección, contenido de aire atrapado.....	205
Tabla 99	Selección, relación agua/cemento por resistencia, para F'cr.....	206
Tabla 100	Selección, peso del agregado grueso por unidad de volumen del concreto.....	207
Tabla 101	Valores de diseño para 01 metro cúbico en estado seco.....	209



Tabla 102 Dosificación final por 01 m <sup>3</sup> de concreto. ....	210
Tabla 103 Dosificación de concreto f'c: 210 kg/cm <sup>2</sup> – patrón.....	211
Tabla 104 Dosificación de concreto f'c: 210 kg/cm <sup>2</sup> – adición de 5% de diatomita en estado calcinado. ....	213
Tabla 105 Dosificación de concreto f'c: 210 kg/cm <sup>2</sup> +5% de diatomita. ....	213
Tabla 106 Dosificación de concreto f'c: 210 kg/cm <sup>2</sup> + 10% de diatomita. ....	215
Tabla 107 Dosificación en peso para 01 probeta de concreto f'c: 210 kg/cm <sup>2</sup> + 10% de diatomita. ....	216
Tabla 108 Dosificación de concreto f'c: 210 kg/cm <sup>2</sup> +15% diatomita. ....	217
Tabla 109 Dosificación en peso para 01 probeta de concreto f'c: 210 kg/cm <sup>2</sup> +15% diatomita.....	218
Tabla 110 Revenimiento del concreto patrón. ....	219
Tabla 111 Revenimiento del concreto con adición de diatomita en estado calcinado en 5%.....	219
Tabla 112 Revenimiento del concreto con adición de diatomita en estado calcinado en 10%.....	219
Tabla 113 Revenimiento del concreto con adición de diatomita en estado calcinado en 15%.....	220
Tabla 114 Temperatura del concreto patrón. ....	220
Tabla 115 Temperatura del concreto con adiciones de diatomita en estado calcinado en 5%. ....	221
Tabla 116 Temperatura del concreto con adiciones de diatomita en estado calcinado en 10%. ....	221
Tabla 117 Temperatura del concreto con adiciones de diatomita en estado calcinado en 15% ....	221
Tabla 118 Cálculo de resistencia a la compresión. del concreto patrón. ....	223
Tabla 119 Cálculo de resistencia a la compresión. del concreto con adiciones de diatomita en estado calcinado en 5%. ....	224
Tabla 120 Cálculo de resistencia a la compresión del concreto con adiciones de diatomita en estado calcinado en 10%. ....	225
Tabla 121 Cálculo de resistencia a la compresión del concreto con adiciones de diatomita en estado calcinado en 15%. ....	226
Tabla 123 Resultados de la resistencia de la compresión axial del concreto f'c: 210 kg/cm <sup>2</sup> a los 7 días.....	234



Tabla 124 Resultados de la resistencia a la compresión axial del concreto $f'c$ : 210 kg/cm <sup>2</sup> a los 14 días. ....	235
Tabla 125 Resultados de la resistencia a la compresión axial del concreto $f'c$ : 210 kg/cm <sup>2</sup> a los 28 días. ....	236
Tabla 126 Resistencia a la compresión del concreto $f'c$ :210 kg/cm <sup>2</sup> .-patrón. ....	241
Tabla 127 Resistencia a la compresión axial del concreto $f'c$ :210 kg/cm <sup>2</sup> con adición de 5% de diatomita en estado calcinado. ....	242
Tabla 128 Resistencia a la compresión del concreto $f'c$ :210 kg/cm <sup>2</sup> con adición de 10% de diatomita en estado calcinado. ....	243
Tabla 129 Resistencia a la compresión del concreto $f'c$ :210 kg/cm <sup>2</sup> con adición de 15% de diatomita en estado calcinado. ....	244
Tabla 130 Temperatura del concreto $F'c$ : 210 kg/cm <sup>2</sup> .....	248
Tabla 131 Revenimiento del concreto $F'c$ : 210 kg/cm <sup>2</sup> .....	249
Tabla 132 Análisis químico de diatomita en estado natural proveniente de la cantera del distrito de san Sebastián-Cusco. ....	250
Formato, Ensayo Desgaste por Abrasión, según categoría “B” agregado grueso. ....	269
Formato de recolección de datos del revenimiento del Concreto durante su elaboración. ....	274



### Índice de figuras.

Figura 1	Ubicación del distrito de san Sebastián (Cusco-Perú).....	32
Figura 2	Ubicación villa Alpaorcona. ....	32
Figura 3	Mezcla de concreto. ....	42
Figura 4	Componentes del Clinker.....	49
Figura 5	Agua de mezcla – bebible & potable. ....	57
Figura 6	Estados de saturación del agregado. ....	60
Figura 7	Límites granulométricos del agregado fino. ....	64
Figura 8	Estados de humedad del agregado. ....	69
Figura 9	Cono de absorción. ....	70
Figura 10	Comprobación visual del estado saturado con superficie seca del agregado fino en el cono de absorción.....	72
Figura 11	Criterios de la elección del tamaño máximo nominal.....	78
Figura 12	Equipo para el ensayo del revenimiento del concreto. ....	83
Figura 13	Procedimiento de la medición del revenimiento del concreto, según asentamiento en cono abrams. ....	84
Figura 14	Equipos para elaboración de probetas-testigos. ....	85
Figura 15	Factores que no debe existir en el lugar de elaboración de las probetas-testigos. ....	85
Figura 16	Llenado en capas, combeado e identificación de un espécimen. ....	86
Figura 17	Reducción de la resistencia a 28 días, y diferentes curados iniciales (2.5 días)..	87
Figura 18	Curado de probetas-testigos.....	87
Figura 19	Actos indebidos en la manipulación y transporte de probetas-testigos. ....	88
Figura 20	Máquina de compresión axial. ....	89
Figura 21	Partes principales de máquina de compresión axial .....	89
Figura 22	Medición del diámetro, chequeo de la perpendicularidad, verificación de la horizontalidad y altura de briquetas. ....	90
Figura 23	Probetas-testigos recién retirados de la cámara de curado e identificación.....	91
Figura 24	Preparación y acondicionamiento de probeta-testigos con refrenta o caping.....	92
Figura 25	Preparación y acondicionamiento de probeta-testigos con almohadillas de neopreno.....	92
Figura 26	Alineamiento de probeta-testigo y máquina de compresión axial.....	93
Figura 27	Tipos de falla de una probeta-testigo de concreto. ....	93





Figura 28	Espécimen colocado en la máquina de ensayo, válvula de inyección de aceite y reporte de la falla. ....	94
Figura 29	Mecanismo de falla de una probeta-testigo. ....	95
Figura 30	Curva esfuerzo deformación para compresión, con ilustración de los tramos elástico y plástico. ....	97
Figura 31	Clasificación de los materiales puzolánicos. ....	101
Figura 32	Formas de la diatomita (simetría bilateral, radial, reticulada, variantes).....	103
Figura 33	Lavado y almacenamiento de los agregados.....	134
Figura 34	Equipo de Protección Personal. ....	136
Figura 35	Muestreo del agregado grueso y agregado fino. ....	137
Figura 36	Ensayo de granulometría para las muestras de agregado fino. ....	140
Figura 37	Ensayo de granulometría para las muestras de agregado grueso. ....	143
Figura 38	Ensayo de granulometría para las muestras de agregado grueso. ....	144
Figura 39	Secado de muestras de agregado fino y ensayo superficie seca saturada en el cono de absorción. ....	146
Figura 40	Ensayo del peso específico del agregado fino en la fiola y bomba de vacíos. ..	147
Figura 41	Ensayo del peso específico y absorción del agregado grueso. ....	150
Figura 42	Determinación del peso unitario, pesado del molde más agregado. ....	152
Figura 43	Preparación del concreto. ....	154
Figura 45	Toma de la temperatura del concreto fresco. ....	157
Figura 46	Realizando el ensayo de cono de Abrams para la verificación del revenimiento. ....	157
Figura 47	Moldeado de probetas-testigos de concreto fresco. ....	158
Figura 48	Desmolde de probetas-testigos de concreto. ....	162
Figura 49	Curado de probetas-testigos de concreto. ....	163
Figura 50	Testigos de concreto. ....	164
Figura 51	Medición de probetas-testigos de concreto. ....	164
Figura 52	Pesado de probetas-testigos de concreto. ....	165
Figura 53	Ensayo de resistencia a la compresión axial de probetas-testigos de concreto..	166
Figura 54	Granulometría del agregado fino y módulo de fineza de la cantera de Mina Roja.....	184
Figura 55	Granulometría del agregado fino y módulo de fineza de la cantera de Cunyac.	186
Figura 56	Granulometría del agregado fino y módulo de fineza, 35% mina roja y 65% Cunyac.....	188



Figura 57 Selección del huso N° 06 granulométrico para el agregado grueso. ....	189
Figura 58 Granulometría del agregado grueso de la cantera de vicho. ....	191
Figura 59 Contenido de humedad del agregado fino. ....	192
Figura 60 Contenido de humedad del agregado grueso. ....	193
Figura 61 Peso específico de masa y peso específico saturado superficialmente seco del agregado grueso. ....	199
Figura 62 Porcentaje de absorción del agregado grueso. ....	199
Figura 63 Peso unitario seco suelto y peso unitario seco compactado de agregado fino... ..	201
Figura 64 Peso unitario seco suelto y peso unitario seco compactado del agregado grueso.....	202
Figura 65 Dosificación en peso para 01 probeta de concreto f'c: 210 kg/cm <sup>2</sup> – patrón... ..	212
Figura 66 Dosificación en peso para 01 probeta de concreto f'c: 210 kg/cm <sup>2</sup> +5% de diatomita... ..	214
Figura 67 Interpretación de resultados a la compresión, rotura de briquetas a los 7 días de curado, con adición de 5%,10% y 15% de diatomita en estado calcinado. ....	227
Figura 68 Interpretación de resultados a la compresión, rotura de briquetas a los 14 días de curado, con adición de 5%,10% y 15% de diatomita en estado calcinado. ....	228
Figura 69 Interpretación de resultados a la compresión, rotura de briquetas a los 28 días de curado, con adición de 5%,10% y 15% de diatomita en estado calcinado. ....	229
Figura 70 Diagrama de flujo de ingeniería de la presente tesis de investigación. ....	233
Figura 71 Resumen de la resistencia a la compresión a los 7 días.....	234
Figura 72 Resumen grafico de la resistencia a la compresión a los 14 días. ....	235
Figura 73 Resumen grafico de la resistencia a la compresión a los 28 días. ....	236
Figura 74 Comparación de la Resistencia a la compresión axial del concreto patrón, con adición en diferentes % de diatomita en estado calcinado respecto del concreto f'c: 210 kg/cm <sup>2</sup> a los 7,14 y 28 días de curado.....	237
Figura 75 Comparación de resistencia a compresión axial del concreto patrón y el concreto patrón con adición en diferentes % de diatomita en estado calcinado a los 7,14 y 28 días de curado.....	238
Figura 76 Resumen del desarrollo de la resistencia a la compresión axial del concreto a los 7,14 y 28 días de curado. ....	239
Figura 77 Representación gráfica de la resistencia a la compresión del concreto patrón. .	241
Figura 78 Representación gráfica de la resistencia a la compresión axial del concreto con adición de 5% de diatomita en estado calcinado. ....	242



Figura 79 Representación gráfica de la resistencia a la compresión axial del concreto con adición de 10% de diatomita en estado calcinado. ....	243
Figura 80 Representación gráfica de la resistencia a la compresión del concreto con adición de 15% de diatomita en estado calcinado. ....	244
Figura 81 Máxima resistencia a la compresión axial del concreto $f'_c$ :210 kg/cm <sup>2</sup> .....	245
Figura 82 Porcentaje óptimo de diatomita en estado calcinado .....	247
Figura 83 Temperatura del concreto en estado fresco.....	248
Figura 84 Revenimiento de concreto. ....	249



## Introducción.

La presente tesis trata sobre el estudio experimental de nuevos materiales adicionados al concreto, para mejorar la resistencia a la compresión axial y otras propiedades físicas del mismo, materiales que vienen siendo empleados con más frecuencia en nuestro país debido a la necesidad de contar con concretos de mayor resistencia y calidad a bajo costo, lo cual implica que se investigue nuevos materiales que puedan ser adicionados al concreto como es el caso de la presente investigación que, adiciona diatomita en estado calcinado en diferentes porcentajes al concreto para poder obtener una mejor resistencia a la compresión axial del mismo y otras propiedades en estado fresco y endurecido.

Nos interesa saber en cuanto se incrementa la resistencia a la compresión axial del concreto con adiciones porcentuales de diatomita en estado calcinado.

La diatomita es un material de naturaleza silíceo que aporta dureza al concreto por su contenido de óxido de silicio que se encuentra en la composición química de este material.

En el Perú contamos con yacimientos localizados en la ciudad de Cusco y otras regiones del Perú que ha sido empleado en diversas investigaciones tanto a nivel nacional como a nivel internacional.

Las propiedades físico mecánicas evaluadas en la presente investigación son: Resistencia a la Compresión axial, revenimiento y Temperatura.

Para tal efecto, realizamos la recolección del material a investigar cómo es la diatomita, la que posteriormente fue calcinada a una temperatura de 700 grados centígrados y adicionada al concreto en diferentes porcentajes, posteriormente elaboramos las probetas testigos las cuales fueron sometidas al ensayo de resistencia a la compresión axial en estado endurecido y temperatura y revenimiento en estado fresco.

**Palabras Claves:** Diatomita, resistencia a la compresión axial, revenimiento y temperatura.



### Resumen.

El presente trabajo de investigación se enfoca en el estudio experimental de la adición porcentual de diatomita en estado calcinado al concreto  $F'c: 210 \text{ Kg/cm}^2$ , con la finalidad de determinar en que difiere la resistencia a la compresión axial, el desarrollo de la temperatura en estado fresco y consistencia del mismo, adicionado con diatomita en estado calcinado con respecto de un concreto patrón.

Para tal efecto, en la presente investigación se elaboró 72 briquetas de concreto  $F'c: 210 \text{ Kg/cm}^2$  de resistencia a la compresión y concreto adicionado porcentualmente con diatomita en estado calcinado en 5%, 10% y 15%; posteriormente se realizó los ensayos de compresión axial a las muestras para determinar la resistencia y evolución de los mismos en el tiempo, así como realizar ensayos de temperatura y consistencia del concreto patrón y adicionado en estado fresco.

Y contando con los resultados obtenidos se determinó que la resistencia a la compresión axial en probetas- testigo de concreto de diseño  $F'c: 210 \text{ Kg/cm}^2$  incrementa significativamente su resistencia, así como la diatomita se comporta como acelerante de fragua del concreto por elevar la temperatura del mismo en estado fresco.

#### Capítulo I: Planteamiento del problema

A la presente fecha se tiene registro y/o conocimiento limitado respecto de un mejor desempeño del concreto  $F'c: 210 \text{ kg/cm}^2$  adicionado con diatomita en estado calcinado en la ciudad del Cusco, como así lo demuestra los antecedentes locales contenidos en la presente tesis.

La adición de este nuevo material al concreto incrementaría la resistencia a la compresión axial y reduciría el costo económico por metro cubico producido, reduciendo la cantidad de cemento utilizado en la elaboración de concreto, también se activaría la economía en los alrededores de los posibles yacimientos a explotar.

#### Capítulo II: Marco teórico

Presentamos los antecedentes tomados en cuenta en la presente investigación relacionada con el tema de estudio también, elegimos un autor y/o norma que tenga la capacidad de explicar y medir nuestros datos como lo es la NTP, Sirve para interpretar los datos, son un esquema explicativo para poder hacer el contraste con los datos que encuentre en la realidad para poder interpretarlo desde el enfoque técnico teórico.



### Capítulo III: Metodología

En el presente capítulo se aborda el tipo, nivel y el método de la investigación, así como también se indica el diseño de la investigación, la población y la muestra los instrumentos metodológicos o de recolección de datos e instrumentos de ingeniería, los procedimientos de recolección, análisis de datos y el diseño de ingeniería o flujograma de los trabajos realizados.

### Capítulo VI: Resultados

Se utilizó la NTP. En cuanto a la realización de todos los ensayos necesarios para los agregados finos, gruesos, necesarios para el diseño de mezcla de concreto y ensayos en cuanto a rotura de briquetas, temperatura y revenimiento del mismo, para posteriormente presentar las tablas y gráficos conteniendo los resultados de la presente investigación.

### Capítulo V: Discusión

En el presente capítulo se realizó un contraste en cuanto a similitudes y diferencias de los resultados y hallazgos obtenidos en la presente investigación con el marco teórico, antecedentes.

***“Con Amor para mi pequeña hija Valery”.***

*“No existe, momento y circunstancia en el que, no estés en mis pensamientos y mi corazón, ni existe obstáculo que impida que estemos juntos, pronto iremos a jugar e ir de compras.”*

***Rudi Perez.***

Palabras Clave: diatomita, concreto, resistencia a la compresión, temperatura, consistencia, ensayos, metodología, diseño de investigación, NTP, resultados, discusión, similitudes, diferencias, hallazgos, marco teórico, antecedentes.



### **Abstract.**

The present research work focuses on the experimental study of the percentage addition of calcined diatomite to concrete F'c: 210 Kg/cm<sup>2</sup>, in order to determine the differences in axial compressive strength, temperature development in fresh state, and consistency of the same, added with calcined diatomite with respect to a standard concrete. For this purpose, in the present research, 72 concrete F'c: 210 Kg/cm<sup>2</sup> strength briquettes with percentage addition of calcined diatomite at 5%, 10%, and 15% will be prepared; subsequently, axial compression tests will be carried out on the samples to determine their strength and evolution over time, as well as temperature and consistency tests of the standard and added concrete in fresh state. And based on the results obtained, it was determined that the axial compressive strength in control concrete test specimens of design F'c: 210 Kg/cm<sup>2</sup> significantly increases its strength, and diatomite behaves as an accelerating agent of concrete setting by increasing its temperature in the fresh state.

Chapter I: To date, there is a record and/or limited knowledge regarding a better performance of concrete F'c: 210 kg/cm<sup>2</sup> added with diatomite in a calcined state in the city of Cusco, as demonstrated by the local information contained in this document. thesis.

The addition of this new material to the concrete would increase the resistance to axial compression and would reduce the economic cost per cubic meter produced, reducing the amount of cement used in the preparation of concrete, it would also activate the economy in the surroundings of the possible deposits to blow

Chapter II: Theoretical framework We present the background taken into account in the present research related to the study topic as well, we chose an author and/or standard that has the ability to explain and measure our data such as the NTP. It serves to interpret the data. They are an explanatory scheme to be able to contrast the data found in reality in order to interpret it from the technical-theoretical approach.

Chapter III: Methodology In this chapter, the type, level, and method of research are addressed, as well as the research design, population and sample, methodological or data collection instruments, and engineering instruments, data collection procedures, data analysis, and the engineering design or flow chart of the work performed.

Chapter VI: Results the NTP was used. Regarding the performance of all necessary tests for fine and coarse aggregates, necessary for the design of concrete mix and tests on the rupture of



briquettes, temperature, and Slump of the same, to subsequently present the tables and graphs containing the results of the present research. Chapter V: Discussion In this chapter, a contrast was made regarding the similarities and differences of the results and findings obtained in the present research with the theoretical framework and background.

*"With love for my little daughter Valery".*

*"There is no moment and circumstance in which you are not in my thoughts and my heart, nor is there an obstacle that prevents us from being together, soon we will go play and go shopping."*

**Rudi Perez.**

Keywords: diatomite, concrete, compressive strength, temperature, consistency, tests, methodology, research design, NTP, results, discussion, similarities, differences, findings, theoretical framework, background.





# Tesis: Evaluación de la resistencia a la compresión axial del concreto.

*por* Walter Rudi Perez Ramos



*José Alberto Montesinos  
Cervantes*  
Mg. Ing. José Alberto Montesinos Cervantes  
Asesor de tesis

---

**Fecha de entrega:** 22-may-2023 10:42a.m. (UTC-0500)

**Identificador de la entrega:** 2099331431

**Nombre del archivo:** 12Tesis\_final\_PEREZ\_RAMOS\_SUSTENTADO\_corregido.docx (80.14M)

**Total de palabras:** 55107

**Total de caracteres:** 288149

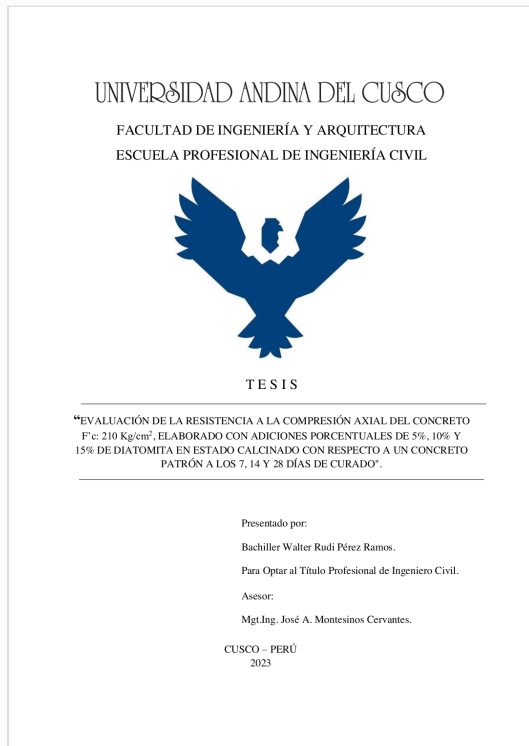


## Recibo digital

Este recibo confirma que su trabajo ha sido recibido por **Turnitin**. A continuación podrá ver la información del recibo con respecto a su entrega.

La primera página de tus entregas se muestra abajo.

Autor de la entrega: Walter Rudi Perez Ramos  
Título del ejercicio: Tesis: Evaluación de la resistencia a la compresión axial del ...  
Título de la entrega: Tesis: Evaluacion de la resistencia a la compresion axial del..  
Nombre del archivo: 12Tesis\_final\_PEREZ\_RAMOS\_SUSTENTADO\_corregido.docx  
Tamaño del archivo: 80.14M  
Total páginas: 304  
Total de palabras: 55,107  
Total de caracteres: 288,149  
Fecha de entrega: 22-may.-2023 10:42a. m. (UTC-0500)  
Identificador de la entre... 2099331431



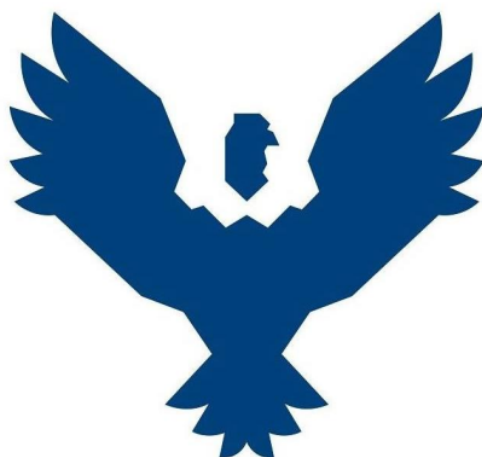
Mgt.Ing. José A. Montesinos Cervantes  
Asesor de tesis



# UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO

<sup>2</sup>  
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



## TESIS

---

<sup>1</sup>  
“EVALUACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN AXIAL DEL CONCRETO  
F'c: 210 Kg/cm<sup>2</sup>, ELABORADO CON ADICIONES PORCENTUALES DE 5%, 10% Y  
15% DE DIATOMITA EN ESTADO CALCINADO CON RESPECTO A UN CONCRETO  
PATRÓN A LOS 7, 14 Y 28 DÍAS DE CURADO”.

---

Presentado por:

Bachiller Walter Rudi Pérez Ramos.

<sup>2</sup>  
Para Optar al Título Profesional de Ingeniero Civil.

Asesor:

Mgt.Ing. José A. Montesinos Cervantes.

Mgt.Ing. José A. Montesinos Cervantes  
Asesor de tesis

CUSCO – PERÚ  
2023



INFORME DE ORIGINALIDAD

23%

INDICE DE SIMILITUD

8%

FUENTES DE INTERNET

6%

PUBLICACIONES

17%

TRABAJOS DEL  
ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1

Submitted to Universidad Andina del Cusco

Trabajo del estudiante

16%

2

repositorio.uandina.edu.pe

Fuente de Internet

4%

3

Hernández Cruz Alfonso. "Concreto de alta resistencia en la producción de durmientes para el STC-Metro", TESIUNAM, 2010

Publicación

<1%

4

GRUPO LLR E.I.R.L.. "Plan de Recuperación de Áreas Degradadas por Residuos Sólidos del Botadero El Molino del Distrito de Sicaya, Provincia de Huancayo, Departamento de Junín-IGA0016207", R.G.S.P. N° 404-2021-MPH/GSP, 2022

Publicación

<1%

5

Martinez Ricardo Javier. "Aspectos fundamentales de laboratorio para tecnología del concreto", TESIUNAM, 2001

Publicación

<1%



## Capítulo I: introducción

### 1.1 Planteamiento del problema.

A la presente fecha se tiene registro y/o conocimiento limitado respecto de un mejor desempeño del concreto  $F'c$ : 210 kg/cm<sup>2</sup> adicionado con diatomita en estado calcinado en la ciudad del Cusco, como así lo demuestra los antecedentes locales contenidos en la presente tesis.

La adición de este nuevo material al concreto incrementaría la resistencia a la compresión axial y reduciría el costo económico por metro cubico producido, reduciendo la cantidad de cemento utilizado en la elaboración de concreto, también se activaría la economía en los alrededores de los posibles yacimientos a explotar.

### 1.2 Formulación del problema.

En nuestro medio, hace tiempo atrás se viene utilizando la dosificación del concreto tradicional  $F'c=210$  kg/cm<sup>2</sup>, sin la utilización y/o adición de otros materiales que se encuentran en nuestro medio, que podrían mejorar la calidad y resistencia a la compresión axial del mismo y reducir su costo , como podría ser la diatomita en estado calcinado, y lo hace la presente tesis, que realiza un análisis, evaluación y registro de resultados obtenidos, adicionando diatomita en estado calcinado al concreto.

#### 1.2.1. Problema general.

¿Cuál es el efecto de la adición porcentual de diatomita en estado calcinado respecto del peso del cemento, en el ensayo de resistencia a la compresión axial del concreto  $F'c=210$  kg/cm<sup>2</sup>, a los 7, 14 y 28 días de curado.?

#### 1.2.2 Problemas específicos.

- **Formulación Interrogativa N°1:**

¿Cuál será la resistencia a la compresión axial del Concreto  $F'c$ : 210 kg/cm<sup>2</sup>, con la adición de diatomita en estado calcinado en 5%,10% y 15% respecto al concreto patrón evaluado a los 7, 14 y 28 días de curado?

- **Formulación Interrogativa N°2:**

¿Cuál será la máxima resistencia a la compresión axial del concreto  $F'c$ : 210 kg/cm<sup>2</sup>, adicionado con diferentes porcentajes de diatomita en estado calcinado?

- **Formulación Interrogativa N°3:**

¿Cuál será el porcentaje óptimo de diatomita en estado calcinado que presente una mejor resistencia a la compresión axial del concreto  $F'c$ : 210 kg/cm<sup>2</sup>?



- **Formulación Interrogativa N°4:**

¿Cómo varia la temperatura del concreto  $F'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ . recién elaborado, adicionado con diatomita en estado calcinado, en diferentes porcentajes, respecto a la temperatura del concreto patrón?

- **Formulación Interrogativa N°5:**

¿Cómo varia el revenimiento del concreto  $F'c: 210 \text{ kg/cm}^2$  adicionado con diatomita en estado calcinado en diferentes porcentajes, respecto al concreto patrón?

- **Formulación Interrogativa N°6:**

¿Cómo varia el costo económico por  $\text{m}^3$  del concreto  $F'c: 210 \text{ kg/cm}^2$  adicionado con diatomita en estado calcinado en diferentes porcentajes, respecto al concreto patrón?

### 1.3 Justificación

#### 1.3.1 Conveniencia.

La presente investigación se realiza con la finalidad dar a conocer un nuevo material que podría mejorar las propiedades físicas del concreto, y dar a conocer una nueva opción para la elaboración de concreto, asimismo determinar el efecto que tiene la utilización experimental de diatomita en estado calcinado en porcentajes controlados con respecto al peso del cemento, en el ensayo de resistencia a la compresión axial, el cual mostrara resultados positivos en la resistencia a la compresión axial del concreto.

#### 1.3.2 Relevancia social.

Al utilizar diatomita en estado calcinado como adición en el concreto se podría tener obras ejecutadas con un concreto de buena calidad y bajo costo y generar nuevos puestos de trabajo (Extracción, transporte, venta, elaboración de concreto y distribución del mismo), en las poblaciones cercanas a los yacimientos de este nuevo material de construcción a utilizar. Así mismo los beneficiados directos seremos la población del Cusco.

#### 1.3.3 Implicancia practica

La utilización de este material puzolánico en la presente investigación aportara una reducción en el costo de concreto por metro cubico por ser la diatomita un material nuevo y poco investigado el cual utilizamos en la presente investigación ya que, ayuda a mejorar la resistencia a la compresión axial del concreto y su empleo es factible, aunque en la ciudad del Cusco todavía no se utiliza por falta de investigación a pesar de existir posibles yacimientos de este material sin explorar, sin embargo, con el devenir de los años y el avance de la tecnológica,



el empleo de este material cementante sería una buena alternativa en la industria de la construcción de la región del Cusco.

#### **1.3.4 Valor teórico.**

Para analizar y/o medir los datos de las variables dependientes e independientes de la presente investigación, utilizamos la NTP. En cuanto refiere a todos los ensayos durante la toma de datos y resultados (3.5 Técnicas e Instrumentos de recolección de datos, pag.116 del presente documento); la mencionada norma nos brinda las pautas, metodología y esquema explicativo normado para poder tomar e interpretar los datos obtenidos en la presente tesis.

A la presente fecha se tiene un conocimiento limitado acerca de la utilización de diatomita en estado calcinado adicionado al concreto, la presente investigación aporta nuevos conocimientos al capítulo de tecnología del concreto, al incorporar diatomita al concreto.

#### **1.3.5. Utilidad metodológica.**

Es útil la presente investigación, ya que obtendremos resultados óptimos en la elaboración de concreto con la adición de diatomita en estado calcinado en 5%,10% y 15%, resultados que nos ayudaran a entender mejor el comportamiento del concreto en cuanto a la resistencia a la compresión axial, revenimiento y temperatura del mismo.

### **1.4 Objetivo de la investigación.**

#### **1.4.1 Objetivo general.**

Determinar el efecto de adición porcentual de diatomita en estado calcinado con respecto del peso del cemento, en el ensayo de resistencia a la compresión axial del concreto  $F'c$ : 210 kg/cm<sup>2</sup>, a los 7, 14 y 28 días de curado.

#### **1.4.2 Objetivos específicos.**

- **Objetivo Especifico N°1:**

Determinar el Desarrollo de la resistencia a la compresión axial del Concreto  $F'c$ = 210 kg/cm<sup>2</sup>, con la adición de diatomita en estado calcinado en 5%,10% y 15% respecto a la resistencia a la compresión axial del concreto patrón, evaluado a los 7, 14 y 28 días de curado.

- **Objetivo Especifico N°2:**

DeterminarCuál será la máxima resistencia a la compresión axial del concreto  $F'c$ : 210 kg/cm<sup>2</sup>, adicionado con diferentes porcentajes de diatomita en estado calcinado y determinar el porcentaje de diferencia que significa respecto del concreto patrón.



- **Objetivo Especifico N°3:**

Determinar Cuál será el porcentaje óptimo de diatomita en estado calcinado que presente una mejor resistencia a la compresión axial del concreto  $F'c$ : 210 kg/cm<sup>2</sup>.

- **Objetivo Especifico N°4:**

Comparar la temperatura del concreto  $F'c$ = 210 kg/cm<sup>2</sup> recién elaborado, adicionado con diatomita en estado calcinado en diferentes porcentajes, respecto a la temperatura del concreto patrón; con la toma de temperatura al momento de ser elaborado.

- **Objetivo Especifico N°5:**

Determinar el revenimiento del concreto  $F'c$ : 210 kg/cm<sup>2</sup> adicionado con diatomita en estado calcinado en diferentes porcentajes, respecto al concreto patrón, con la prueba del cono de Abrams.

- **Objetivo Especifico N°6:**

Determinar el costo económico del concreto  $F'c$ : 210 kg/cm<sup>2</sup> adicionado con diatomita en estado calcinado en diferentes porcentajes, respecto al concreto patrón.

## 1.5 Delimitación del estudio

### 1.5.1 Delimitación espacial

La presente investigación se encuentra limitada geográficamente en el distrito de San Sebastián, zona donde se llevará a cabo la investigación; siendo este uno de los ocho distritos que conforman la Provincia del Cuzco. Limita al norte con la provincia de Calca, al este con el distrito de San Jerónimo, al sur con la provincia de Paruro y al oeste con el distrito de Santiago.

El territorio de este distrito se extiende en 89,44 kilómetros cuadrados y tiene una altitud de 3 295 metros sobre el nivel del mar. Este distrito tiene una población aproximada de 75 000 (INEI, 2007) habitantes.

La zona donde se encuentra la diatomita a investigar se concentra en el distrito de san Sebastián en la zona denominada **Villa Alpaorcona** donde podemos encontrar abundantes canteras de diatomita, dicha diatomita será utilizada como materia prima en la presente investigación.



**Figura 1** Ubicación del distrito de san Sebastián (Cusco-Perú).

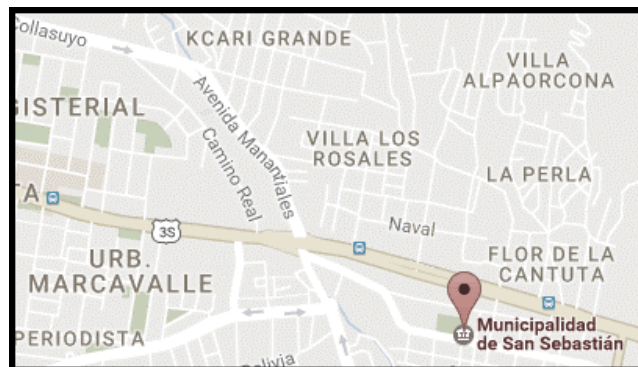


Fuente: Google Earth

### 1.1.1.3 Villa Alpaorcona.

Se encuentra ubicada en el distrito de san Sebastián a la altura del segundo paradero de la prolongación avenida de la cultura, lugar donde se encuentra la diatomita en estado natural, la cual vamos a extraer para realizar la presente investigación.

**Figura 2** Ubicación villa Alpaorcona.



Fuente: Google Earth

La villa Alpaorcona se encuentra ubicada en el distrito San Sebastián, en las coordenadas geográficas y coordenadas UTM, como se muestra a continuación:

Coordenadas de Ubicación	
Coordenadas Geográficas	13°33'5" S
	71°53'47" O
Coordenadas UTM	186484 E
	8500001 N

Fuente: Elaboración propia.



### **1.5.2 Delimitación temporal**

La presente investigación se realiza en el año 2018 – 2023 comprende elaboración y presentación de proyecto de tesis, ensayos de laboratorio en cuanto a agregado fino, grueso, y otros necesarios, elaboración de briquetas – testigo, curado y rotura de las mismas, recolección y procesamiento de datos, imágenes y presentación de los hallazgos.



## Capítulo II: Marco Teórico.

### 2.1 Antecedentes de la investigación actual.

#### 2.1.1 antecedente N°01 a nivel internacional:

**Título:** Tesis, "Concreto de alta resistencia (experimentación en Guatemala)".

**Por:** Carlos Eduardo Morataya Córdova, (Universidad de San Carlos de Guatemala).

**Fecha:** Guatemala - Julio 2005.

#### *“...Conclusiones:*

Dicha tesis de investigación utilizó en su mezcla el material micro sílice para disminuir la relación agua/cemento y para la obtención de concretos de alta resistencia, así también el uso de aditivos reductores de agua para darle mejor trabajabilidad al concreto. Los ensayos de resistencia se realizaron a los 7, 28 y 56 días, de los cuales se obtuvo la resistencia alcanzada poco arriba de 420 kg/cm<sup>2</sup> (sin utilización de micro sílice, ni aditivos), y mayores resistencias con el uso de micro sílice, aportando también disminución de porosidad en el concreto y durabilidad, con el uso de aditivos reductores de agua de alto rango y plastificantes se obtuvo asentamientos que van de 6" a 9"...”

#### 2.1.2 Antecedente N°02 a nivel internacional:

**Título:** Tesis, "Diseños de concreto de alta resistencia a partir de una puzolana natural"

**Por:** Jeimi Paola Mancipe Castañeda y Laura Milena Pereira monzón, Diego Gerardo Bermúdez Carvajal, (Universidad de La Salle).

**Fecha:** Colombia - diciembre 2007.

#### *“...Conclusiones:*

Se realiza estudios de resistencia a compresión del concreto adicionado con puzolanas naturales, pretendiendo que estos sean más durables y económicos, sin amenazar la calidad del producto. Se compara la resistencia del concreto tradicional con el concreto a base de una puzolana natural.

La proporción óptima fue la de reemplazar un 5% de cemento con puzolana natural, ya que dio como resultado a los 28 días 21 Mpa de resistencia...”

#### 2.1.3 Antecedente N° 01 a nivel nacional:

**Título:** Tesis, “Mejoramiento de las propiedades del concreto, mediante el uso de diatomita como sustituto parcial de cemento, lima, 2019”.



**Por:** Cristian Miguel Vargas Grandez, (Universidad Privada del Norte).

**Fecha:** Lima – Perú - 2020.

**“... Resumen:**

En la presente tesis se ha estudiado el concreto convencional con adiciones porcentuales de material DIATOMITA reemplazando en peso con cierto porcentaje de material cementante, de esta manera se estudió los cambios en lo referente a la durabilidad del concreto relacionándolo con el coeficiente de permeabilidad, además se tuvo en cuenta cómo reacciona este nuevo concreto en relación a la resistencia a la compresión debido a la sustitución parcial de cemento por diatomita ; se estudió con detalle los materiales que conforman el concreto con diatomita así como su diseño de mezcla y aplicaciones más usuales teniendo en cuenta su comportamiento en algunas características físicas y mecánicas. Al tratarse de un concreto con características nuevas, su empleo fue estudiado y se tuvo escaso rango de sus aplicaciones, las aplicaciones que fueron tomadas con mayor importancia serán las de concreto simple tales como veredas, losas; para ello es necesario seguir controles de calidad rigurosos y procedimientos para la fabricación y puesta en obra. Mediante esta investigación se demostró que la diatomita puede sustituir al cemento en un porcentaje sin alterar de forma negativa la resistencia a la compresión, además de lograr un cambio en la permeabilidad, asimismo se evaluó el peso y el costo unitario en relación a un concreto convencional.

Al finalizar el estudio se concluye que un concreto con sustitución al 15% en diatomita por cemento en peso, es el porcentaje con el que se logra una mayor resistencia pudiendo sobrepasar al concreto patrón en un 18% de su resistencia.

El siguiente estudio se dividió en distintos capítulos que pretenden exponer lo que se ha investigado sobre el concreto con diatomita...”

**2.1.4 Antecedente N° 02 a nivel nacional:**

**Título:** Tesis: “Estudio experimental del empleo de la diatomita proveniente de Ayacucho como aditivo natural para concretos de resistencias  $f'c = 210 \text{ kgf/cm}^2$  y  $280 \text{ kgf/cm}^2$  en la ciudad de Arequipa”.

**Por:** Rodrigo Romero, Erick Eduardo y Luis Miguel Torres Vargas,  
(Universidad Católica de Santa María).

**Fecha:** Arequipa - Perú 2019.



**“...Resumen:**

Inicialmente se determinaron las propiedades físicas de los agregados y la diatomita y luego se procedió a realizar diseños de mezcla de concreto sin adición de diatomita, denominado convencional, y de concreto con adición de diatomita proveniente de Ayacucho en porcentajes de 5%, 10%, 20% y 30%, para resistencias a la compresión de 210 kgf/cm<sup>2</sup> y 280 kgf/cm<sup>2</sup>, empleando para ello dos tipos de cemento : cemento Yura IP y cemento Yura HE y dos métodos de diseño: ACI y Módulo de Fineza de la Combinación de Agregados, haciendo un total de 40 diseños de mezcla.

Posteriormente se procedió a realizar el estudio experimental del concreto elaborado, a partir de los resultados obtenidos de sus propiedades en estado fresco: asentamiento, temperatura y peso unitario, y en estado endurecido: resistencia a la compresión, resistencia a la tracción, resistencia a la abrasión, capilaridad y porosidad.

Finalmente se realizó un análisis costo beneficio de todos los diseños de concreto, para poder determinar aquellos que cumplen con el objetivo planteado. Los ensayos se realizaron en el laboratorio de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Universidad Católica de Santa...”

**“... CONCLUSIONES**

1. Se empleó diatomita de Ayacucho como aditivo natural para realizar un estudio experimental, logrando mejorar las propiedades mecánicas de concretos con  $F'c = 210$  kgf/cm<sup>2</sup> y 280 kgf/cm<sup>2</sup> a menores costos en la ciudad de Arequipa.
2. Se determinaron las propiedades físicas de los agregados y la diatomita, se realizaron los diseños de mezcla para cada resistencia, se determinaron las propiedades en estado fresco y endurecido de concretos convencionales y concretos con porcentajes de adición de 5%, 10%, 20% y 30% de diatomita considerando las diferentes resistencias y los diferentes tipos de cemento, y posteriormente se hizo un análisis de los resultados obtenidos y el análisis costo beneficio correspondiente.
3. Los concretos elaborados con 5% de adición de diatomita son los que produjeron mejores resultados, puesto que presentaron mejores propiedades mecánicas y un costo inferior respecto a los concretos convencionales, cumpliendo con el objetivo general de la presente investigación.
4. A medida que se incrementa el porcentaje de adición de diatomita, se incrementa el asentamiento y por ende la trabajabilidad, siendo el mayor valor obtenido el de 3.875 pulgadas, correspondiente a los diseños de resistencia  $f'c = 280$  kgf/cm<sup>2</sup>, con cemento tipo HE y con



adición de 30% de diatomita. Cabe resaltar que los asentamientos obtenidos están dentro del intervalo seleccionado en el diseño de mezclas, que es de 3 a 4 pulgadas.

5. En la mayoría de los casos, los concretos elaborados con cemento tipo HE presentan mayor asentamiento que los concretos elaborados con cemento tipo IP; y los concretos elaborados para una resistencia  $f'c = 280 \text{ kgf/cm}^2$  presentan mayor asentamiento que los concretos elaborados para una resistencia  $f'c = 210 \text{ kgf/cm}^2$ .

6. A medida que se incrementa el porcentaje de adición de diatomita, el peso unitario decrece, siendo el menor valor obtenido el de  $2250.96 \text{ kg/m}^3$ , correspondiente al diseño de resistencia  $F'c = 210 \text{ kgf/cm}^2$ , con cemento tipo IP, con adición de 30% de diatomita y con el método del Módulo de Fineza de la Combinación de Agregados.

7. Los pesos unitarios obtenidos están dentro del intervalo entre  $2200 \text{ kg/m}^3$  y  $2400 \text{ kg/m}^3$  para concretos normales.

8. Las variaciones de temperatura son mínimas por ende no se identificó un determinante que marque la diferencia tanto del tipo de cemento, porcentaje de dosificación y método de diseño en el concreto en estado fresco...”

#### **2.1.5 Antecedente N° 03 a nivel nacional:**

**Título:** Tesis, “Producción de concreto con sustitución porcentual de diatomita por cemento portland tipo i en nuevo Chimbote. ”.

**Por:** José Justino Velásquez Matos (Universidad Nacional del Santa).

**Fecha:** Nuevo Chimbote - 2019.

#### **“... Resumen**

Se desarrolla con la finalidad de analizar la producción de concreto utilizando la diatomita como material cementante. El ahínco de este trabajo es averiguar acerca de un material que ofrezca resistencia a la compresión y excelentes características al concreto como disminución de la permeabilidad, trabajabilidad entre otras. Es así como se llega a la conclusión del uso de la diatomita ya que es un material puzolánico.

#### **“... Conclusiones:**

Se observa que conforme va aumentando la sustitución porcentual de diatomita por la cantidad de cemento en un 5%, 10% y 15% la exudación baja de manera considerable en 1.85, 1.17 y 0.70 respectivamente ya que esta absorbió el agua de mezcla.

Los resultados obtenidos de los ensayos de asentamiento varían entre los diferentes diseños observándose que en el porcentaje de sustitución al 5%, 10% y 15% es 2.7”, 0.8” y 0”



respectivamente, lo cual hace que el concreto no sea trabajable en las sustituciones de 10% y 15% ya que en estas la diatomita absorbió el agua de mezcla en la elaboración del concreto.

El contenido de aire en las diferentes mezclas se reduce conforme aumenta la sustitución porcentual del cemento con diatomita ya que la cantidad de vacíos disminuye así mismo esto conlleva a eliminar el aire de las mezclas ya que la diatomita se introduce en los espacios vacíos, es decir, se aglomera mejor y hace que llene mejor los espacios, esto conlleva a eliminar el aire de la mezcla.

Con respecto al ensayo de resistencia a la compresión, se concluye que, a diferentes reemplazos de cemento por diatomita a los 28 días, la más favorable fue la del 5% que tuvo una resistencia de 282.73 kg/cm<sup>2</sup> que al 10% y 15% de sustitución decaen a 257.46 kg/cm<sup>2</sup> y 220.78 kg/cm<sup>2</sup>, debido a la baja hidratación inicial que tuvo la mezcla ya que la diatomita por ser material con partículas más pequeñas que el cemento absorbió el agua de mezcla.

La mezcla más impermeable la del 5% con 1.84 cm haciéndola menos propensa al ataque por sulfatos y cloruros. Por tanto, el concreto es más durable; mientras que las mezclas con sustitución del 10% y 15% nos dan valores de 2.36 cm y 2.62 cm respectivamente esto debido a la baja hidratación inicial que tuvo la mezcla...”

### **2.1.6 Antecedente N° 01 a nivel local:**

**Título:** Tesis, “Estudio experimental del empleo de la diatomita en la producción de concreto con agregados de mina roja, Cunyac y vicho”.

**Por:** José Luis Astete García (Universidad Andina De Cusco).

**Fecha:** Cusco-Perú, Del 2015.

### **RESUMEN.**

El presente Tema de investigación se centra en el estudio experimental del empleo de la diatomita en la producción de concreto con agregados de las canteras de la región del Cusco, con la finalidad de mejorar las propiedades físicas y mecánicas del concreto en estado fresco y endurecido como: la resistencia a la compresión, baja permeabilidad, bajo calor de hidratación, etc.

### **“...Conclusiones.**

**Conclusión N°01.-** Se ha verificado la hipótesis general planteada, al incrementar la resistencia del concreto a compresión con un porcentaje de adición de diatomita, siendo la dosificación óptima del 25%.



**Conclusión N°02.-** Se alcanzó el objetivo específico, la de analizar la resistencia del concreto con diatomita, al alcanzar una resistencia de 220.75 Kg/cm<sup>2</sup>, que se considera mejorado con respecto a una resistencia de 210.75 Kg/cm<sup>2</sup>.

**Conclusión N°03.-** Al usar diatomita como aditivo natural en un porcentaje del 25% se logró alcanzar el objetivo específico N°2 al tener una resistencia de 220.75 Kg/cm<sup>2</sup>.

**Conclusión N°04.-** Se logró el objetivo N°3 por lo tanto se demostró la sub - hipótesis N°3 debido a que se fabricó concreto con agregados de mina roja, Cunyac y vicho alcanzando un valor de 210.75 Kg/cm<sup>2</sup>.

**Conclusión N°05.-** Al adicionar 25% de diatomita se logró obtener la resistencia a compresión axial optimo considerada de 220.75 Kg/cm<sup>2</sup> con lo que se logró el objetivo específico N°4 demostrándose la sub - hipótesis N°4.

**Conclusión N°06.-** Se demostró la sub - hipótesis N°5 al dosificar 25% de diatomita obteniéndose una resistencia 220.75 Kg/cm<sup>2</sup> en el concreto.

**Conclusión N°07.-** Con los resultados de los ensayos de actividad Puzolánico presentados se ha verificado que la diatomita es un material puzolánico alternativo apto para la producción de concreto.

**Conclusión N°08.-** Las características de la diatomita cambian entre lotes debido a que es un material que sólo es extraído y sometido a un proceso de molienda, variando el contenido de sílice. Estas variaciones se reflejan posteriormente en los resultados de los diferentes ensayos realizados al concreto.

**Conclusión N°09.-** A mayor cantidad de diatomita, la relación agua/cemento aumenta. A pesar de que la cantidad de agua en la mezcla fue siempre constante y la variante fue la cantidad de aditivo necesaria para los diferentes diseños.

**Conclusión N°10.-** Los resultados obtenidos de los ensayos de Asentamiento y peso unitario no varían entre los diferentes diseños, todos están en el rango entre 3” y 4” y 2400 Kg/m<sup>3</sup>, respectivamente.

**Conclusión N°11.-** Con respecto a la fragua, se puede decir que: a menor cantidad de diatomita, el tiempo de fraguado disminuye de manera directamente proporcional a la cantidad de aditivo usado.

**Conclusión N°12.-** El contenido de diatomita disminuye la contracción del concreto.





**Conclusión N°13.-** De los diferentes diseños que contienen puzolanas, la más económica es la que contiene 25% de diatomita en peso de bolsa de cemento...”

### **2.1.7 Antecedente N° 02 a nivel local:**

**Título:** Tesis, “Evaluación de la variación y desarrollo de la resistencia a compresión, consistencia y peso unitario del concreto adicionado con diatomita en diferentes porcentajes usando agregados de las canteras de vicho y cunyac”.

**Por:** Ciro Gaspar Cazorla Calderón (Universidad Andina De Cusco).

**Fecha:** Cusco-Perú, Del 2016.

#### **Resumen:**

Actualmente existen investigaciones donde se pretende mejorar la mezcla de concreto añadiendo diversos materiales para el incremento de la resistencia, por lo que amerita hacer un análisis, evaluación y un registro de los resultados. La presente tesis de investigación se centra en el empleo de diatomita proveniente de la empresa Agregados Calcáreos S.A, en adición porcentual del concreto de calidad  $F'c$  210 kg/cm<sup>2</sup>. Este proyecto de investigación procede su desarrollo a través del estudio comparativo de dos tipos de concreto: concreto convencional, normal o patrón y concreto en adición porcentual de diatomita en porcentajes de 5%, 7.5%, 10%, 15%; a una resistencia de diseño de  $F'c$  210 kg/cm<sup>2</sup>, para determinar en qué medida difiere la resistencia a la compresión y desarrollo de la resistencia a compresión en el tiempo; así como realizar ensayos de consistencia y peso unitario, respecto al concreto elaborado tradicionalmente en relación a las normas técnicas peruanas correspondientes. En base a los resultados obtenidos en las pruebas se pudo evidenciar que existe un incremento significativo de la resistencia a compresión y desarrollo de la resistencia a compresión en el tiempo del concreto, con una formulación óptima del 7.5% de diatomita proveniente de la empresa Agregados Calcáreos S.A, así mismo la mezcla, presento una mayor consistencia y menor peso unitario, respecto al concreto patrón.

#### **“...Conclusiones.**

**Conclusión 1:** Se cumplió la hipótesis general: un concreto fabricado con adición de diatomita, presentan diferencias significativas en relación a la resistencia y desarrollo de la resistencia, en el concreto adicionado con porcentajes entre 5% de diatomita y diferencias significativas relacionado al aumento de la consistencia y disminución del peso unitario con respecto al concreto patrón de calidad de diseño de  $F'c=210$  kg/cm<sup>2</sup>.



**Conclusión 2:** Se logró cumplir con el objetivo general: evaluando la resistencia a compresión, desarrollo de la resistencia a compresión, la consistencia y peso unitario del concreto adicionado con diatomita en diferentes porcentajes con respecto al concreto patrón de calidad de diseño de  $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ .

**Conclusión 3:** Se logró cumplir el objetivo específico N° 1 demostrando que la sub - hipótesis N° 1 se cumple, la consistencia del concreto fabricado con adición porcentual de diatomita presenta diferencias significativas frente a la fabricación del concreto patrón: fue evaluado con el cono de Abrams, dando resultados distintos, por lo que la diatomita altera la fluencia del concreto. Mostrándose en la figura N° 36.

**Conclusión 4:** Se logró cumplir el objetivo específico N°2 demostrando que se cumple la sub - hipótesis N°2, el peso unitario del concreto fabricado con adición porcentual de diatomita presenta diferencias significativas frente a la fabricación del concreto patrón, dando resultados distintos, por lo que la diatomita altera el peso unitario del concreto. Mostrándose en la figura N° 37.

**Conclusión 5:** Se logró cumplir el objetivo específico N°3 demostrando que la sub - hipótesis N° 03 no se cumple debido a que la máxima resistencia a la compresión del concreto fabricado con adición porcentual de diatomita no es mayor al 15% frente a la resistencia alcanzada a compresión del concreto patrón, dando resultados distintos, llegando a un máximo de porcentaje de resistencia promedio de 6.34% respecto al concreto patrón a los 28 días de madurez.

**Conclusión 6:** Se logró cumplir el objetivo específico N°4 demostrando que se cumple la sub - hipótesis N° 04, el porcentaje óptimo del concreto fabricado con adición porcentual de diatomita frente a la fabricación del concreto patrón, se encuentra entre el rango de 5% a 10% dando como el porcentaje más óptimo la adición de 7.5 % al cual permite alcanzar la máxima resistencia a compresión respecto al concreto patrón a los 28 días de madurez.

**Conclusión 7:** Se logró cumplir el objetivo específico N°5 demostrando que la sub - hipótesis N° 05 no se cumple debido a que el concreto fabricado con adición porcentual de diatomita presenta mayor desarrollo de la resistencia a compresión en los porcentajes de 5% y 7.5% incluido el 10% frente a la fabricación del concreto patrón, solo el fabricado con 15% presenta menor desarrollo de la resistencia a compresión respecto al desarrollo de la resistencia del concreto patrón.



## 2.2 Bases teóricas.

### 2.2.1 El concreto.

#### 2.2.1.1 Definición del concreto.

El autor, (Rivva López, 2000), indica que es un ligante artificial, lo podemos llamar: “pasta, que se encuentra mezcladas partículas, de un medio ligado denominado agregado. Siendo los elementos que conforman el Concreto, Según: (I.C.G., 2020)”

- **Elementos Activos:** Cemento + Arena + Piedra + Agua + Aditivo(opcional)
- **Elementos Pasivos:** Aire.

Proporción del Concreto en cuanto al Volumen, (I.C.G., 2020):

- **Aditivo** : 0.1% - 0.2%.
- **Aire** : 0.1% - 0.3%.
- **Cemento** : 7% - 15%
- **Agua** : 15% - 22%
- **Agregados** : 60% - 75%

**Figura 3** Mezcla de concreto.



Nota: Imagen obtenida de autoría propia.



### **2.2.1.2 Tipos de concreto.**

#### **2.2.1.2.1 Concreto simple.**

Es una mezcla de cemento portland, agregado fino, agregado grueso, y agua. En la mezcla el agregado grueso deberá estar totalmente envuelto por la pasta del cemento, el agregado fino deberá rellenar los espacios entre las unidades de agregado grueso y a la vez estar recubierto por la misma pasta. (ABANTO CASTILLO, 2009).

#### **2.2.1.2.2 Concreto armado.**

Se denomina así al concreto simple cuando este lleva armaduras de acero como refuerzo y que esta diseñado bajo la hipótesis de que los dos materiales trabajan conjuntamente, actuando la armadura para soportar los refuerzos de tracción y el concreto aporta e incrementar la resistencia a la compresión del concreto. (ABANTO CASTILLO, 2009)

#### **2.2.1.2.3 Concreto premezclado.**

Es el concreto que se dosifica en planta, que puede ser mezclado en la misma o en camiones mezcladores y que es transportado a obra. (E.060 RNE, 2009).

#### **2.2.1.2.4 Concreto bombeado.**

Concreto que es impulsado por bombeo a través de tuberías hacia su ubicación final (E.060 RNE, 2009)

#### **2.2.1.2.5 Concreto ciclópeo.**

Se denomina así al concreto simple que esta complementado con piedras de tamaño máximo de 10", cubriendo hasta el 30% como máximo, de volumen total. Las piedras deben ser introducidas previa selección y lavado, con el requisito indispensable que cada piedra, en su ubicación definitiva debe estar totalmente recubierta de concreto simple. (ABANTO CASTILLO, 2009).

### **2.2.1.3 Propiedades del concreto.**

#### **2.2.1.3.1 Propiedades en estado plástico - fresco.**

- **Trabajabilidad.** - Es la facilidad que presenta el concreto fresco para ser mezclado, colocado, compactado y acabado sin segregación y exudación durante un tiempo determinado según sea la calidad del concreto. Actualmente la trabajabilidad se puede medir con la aguja de Vicat en función del tiempo de fraguado o endurecimiento. (ABANTO CASTILLO, 2009)



- **Consistencia.** - Está definida por el grado de humedecimiento de la mezcla, depende principalmente de la cantidad de agua usada. Se determina mediante el ensayo del Revenimiento mediante la utilización del Cono de Abrams. (ABANTO CASTILLO, 2009),
- **Segregación.** - Es una propiedad del concreto fresco, que implica la descomposición de este en sus partes constituyentes o lo que es lo mismo, la separación del Agregado Grueso del Mortero. Las diferencias de densidades entre los componentes del concreto provocan una tendencia natural a que las partículas más pesadas descendan. Es un fenómeno perjudicial para el concreto, produciéndose en el elemento llenado, bolsones de piedra, capas arenosas, cangrejas, etc. La segregación está en función de la consistencia de la mezcla, siendo el riesgo mayor cuanto más húmeda es esta, y menor cuanto más seca lo es. Generalmente procesos inadecuados de manipulación y colocación son las causas del fenómeno de segregación en las mezclas. (ABANTO CASTILLO, 2009)
- **Exudación.** - Propiedad por la cual una parte del agua de mezcla se separa de la masa y sube hacia la superficie del concreto. Es un caso típico de sedimentación en que los sólidos se asientan dentro de la masa plástica. Está influenciada por la cantidad de finos en los agregados y la finura del cemento, por lo que cuanto más fina la molienda de este y mayor es el porcentaje de material menor que la malla #100, la exudación será menor, pues se retiene el agua de mezcla. La exudación se produce inevitablemente en el concreto, pues es una propiedad inherente a la estructura, luego lo importante es evaluarla y controlarla en cuanto a los efectos negativos que pudiera tener. (PASQUEL CARBAJAL, 1998).
- **Contracción.** - Es una de las propiedades más importantes en función de los problemas de fisuración que acarrea con frecuencia. La pasta de cemento necesariamente se contrae debido a la reducción del volumen original de agua por combinación química, y a esto se le llama contracción intrínseca que es un proceso irreversible. Pero además existe otro tipo de contracción inherente también a la pasta de cemento, y es la contracción por secado, que es la responsable de la mayor parte de los problemas de fisuración, dado que ocurre tanto en el estado plástico como el endurecido si se permite la pérdida de agua en la mezcla. Este proceso no es irreversible, ya que, si se repone el agua perdida por secado, se recupera gran parte de la contracción acaecida. (PASQUEL CARBAJAL, 1998).



#### 2.2.1.3.2 Propiedades en estado endurecido.

- **Elasticidad.** - Es la capacidad del concreto de deformarse bajo carga, sin tener deformación permanente. (PASQUEL CARBAJAL, 1998). El concreto no es un material completamente elástico y la relación esfuerzo deformación para una carga en constante incremento adopta generalmente la forma de una curva.
- **Módulo de Elasticidad.** - Es la relación del esfuerzo a la deformación medida en el punto donde la línea se aparta de la recta y comienza a ser curva. (RIVVA LÓPEZ, 2014), Los módulos de elasticidad normales oscilan entre 250,000 a 350,000 kg/cm<sup>2</sup>, y están en relación directa con la resistencia en compresión del concreto, y en relación inversa con la relación agua/cemento. Conceptualmente, las mezclas más ricas tienen módulos de elasticidad mayores, y mayor capacidad de deformación que las mezclas pobres. (PASQUEL CARBAJAL, 1998).
- **Resistencia.** - Es la capacidad de soportar cargas y esfuerzos, siendo su mejor comportamiento en compresión en comparación con la tracción y flexión, debido a las propiedades adherentes de la pasta de cemento. Depende principalmente de la concentración de la pasta de cemento, que se acostumbra a expresar en términos de la relación Agua/Cemento en peso. La afectan además los mismos factores que influyen en las características de la pasta, como son la temperatura y el tiempo, aunados a otros elementos adicionales constituidos por el tipo y características resistentes del cemento en particular que se use y de la calidad de los agregados, que completan la estructura del concreto. (PASQUEL CARBAJAL, 1998).
- **Extensibilidad.** - Es la propiedad del concreto de deformarse sin agrietarse, Se define en función de la deformación unitaria máxima que puede asumir el concreto sin que ocurran fisuraciones. Depende de la elasticidad y del flujo plástico, constituido por las deformaciones que tiene el concreto bajo carga constante en el tiempo. El flujo plástico tiene la particularidad de ser parcialmente recuperables, estando relacionado también con la contracción, pese a ser dos fenómenos nominalmente independientes. (PASQUEL CARBAJAL, 1998).
- **Durabilidad.** - Es la resistencia a los agentes externos como las bajas temperaturas, la penetración del agua, desgaste por abrasión, retracción al secado, eflorescencias, agentes corrosivos, o choques térmicos, entre otros, sin deterioro de sus condiciones físico-químicas con el tiempo. El concreto debe ser capaz de resistir a la intemperie,



acción de productos químicos y desgaste, a los cuales estará sometido en el servicio. Gran parte de los daños por intemperie sufrido por el concreto pueden atribuirse a los ciclos de congelación y descongelación. La resistencia del concreto a esos daños puede mejorarse aumentando la impermeabilidad incluyendo de 2% a 6% de aire con un agente inclusor de aire, o aplicando un revestimiento protector a la superficie. (ABANTO CASTILLO, 2009).

- **Impermeabilidad.** - Es la característica de dejar filtrar ya sea aire o agua. Es una importante propiedad del concreto que puede mejorarse, con frecuencia, reduciendo la cantidad de agua en la mezcla. El exceso de agua deja vacíos y cavidades, después de la evaporación, y, si están interconectadas, el agua puede penetrar o atravesar el concreto. La inclusión de aire, así como un curado adecuado por tiempo prolongado, suelen aumentar la impermeabilidad. (ABANTO CASTILLO, 2009).

### **2.2.2 Componentes del concreto.**

La Tecnología del concreto moderna define para este material cuatro componentes: Cemento, agua, agregados y aditivos como elementos activos y el aire como elemento pasivo. Si bien la definición tradicional consideraba a los aditivos como un elemento opcional, en la práctica moderna mundial estos constituyen un ingrediente normal, por cuanto está científicamente demostrada la conveniencia de su empleo en mejorar condiciones de trabajabilidad, resistencia y durabilidad, siendo a la larga una solución más económica si se toma en cuenta el ahorro en mano de obra y equipo de colocación y compactación, mantenimiento, reparaciones e incluso en reducción de uso de cemento. (PASQUEL CARBAJAL, 1998).

#### **2.2.2.1 Cemento portland.**

##### **2.2.2.1.1 Definición.**

El cemento portland es un conglomerante, producto de la calcinación de materiales calcáreos (rocas calizas), arcillas, areniscas (Sílice), Alúmina u óxidos de Hierro, procesados en altas temperaturas, molidas y mezclados con yeso de manera de obtener un polvo muy fino. Este material tiene la propiedad de fraguar y endurecer en presencia del agua, presentándose un proceso de reacción química llamado hidratación, de tal forma también sufre un cambio físico de estado plástico a un estado sólido.





**Tabla 1** Componentes del cemento portland, antes de su fabricación.

%	COMPONENTES	PROCEDENCIA USUAL
95%	Oxido de Calcio (Ca O) 50% – 75%	Rocas Calizas
	Oxido de Sílice (SiO <sub>2</sub> ) 15% - 30%	Areniscas
	Oxido de Aluminio (Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ) 5% - 15%	Piedras Arcillosas
	Oxido de Hierro (Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ) 5% - 15%	Arcillas, Minerales de Hierro, Pirita
5%	Oxido de Magnesio, Sodio	Minerales Varios
	Potasio, Titanio, Azufre	
	Fosforo y Magnesio	

*Nota:* Imagen obtenida de <http://ingcivil.org>

#### 2.2.2.1.2 Composición química del cemento portland.

Luego del proceso de formación del Clinker y molienda final con la adición de yeso (4% hasta 6%), se obtiene los siguientes compuestos establecidos que son los que definen el comportamiento del cemento hidratado y que detallamos con su fórmula química, abreviatura y nombre corriente.

Los químicos del cemento usan las siguientes abreviaturas para describir los compuestos:

- A=Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, C=CaO, F=Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, H=H<sub>2</sub>O, M=MgO, S=SiO<sub>2</sub>, S=SO<sub>3</sub>

A continuación, se muestran los principales componentes del cemento con sus respectivas abreviaturas químicas:



**Tabla 2** Resumen de componentes del cemento portland.

COMPO- NENTE	NOMBRE QUÍMICO	SÍMBOLO QUÍMICO	ABREVI- CIÓN QUÍMICA	NOMBRE MINERAL	% APROX. EN EL CEMENTO
Clinker	Silicato tricálcico.	$3\text{CaO-SiO}_2$	<b>C<sub>3</sub>S</b>	<b>Alita</b>	50% -70%
	Silicato dicálcico.	$2\text{CaO-SiO}_2$	<b>C<sub>2</sub>S</b>	<b>Belita</b>	15% -30%
	Aluminato tricálcico.	$3\text{CaO-Al}_2\text{O}_3$	<b>C<sub>3</sub>A</b>	----	5% -10%
	Ferroaluminato tetracálcico.	$4\text{CaO-}$ $\text{Al}_2\text{O}_3\text{-Fe}_2\text{O}_3$	<b>C<sub>4</sub>AF</b>	<b>Celita</b>	5% -15%
Sulfatos de calcio	Sulfato de calcio anhidro.	$\text{CaSO}_4 =$ $\text{CaO-SO}_3$	<b>C<math>\underline{\text{S}}</math></b>	<b>Anhidrita</b>	----
	Sulfato de calcio dihidratado.	$\text{CaSO}_4 -$ $2\text{H}_2\text{O} =$ $\text{CaO-SO}_3 -$ $2\text{H}_2\text{O}$	<b>C<math>\underline{\text{S}}\text{H}_2</math></b>	<b>Yeso</b>	3.5% -5%

Nota: Imagen obtenida de <http://ingcivil.org>.

Cada uno de ellos aporta de distinta manera a las características del cemento, y finalmente al comportamiento del concreto fresco y endurecido.

**Tabla 3** Propiedades aportadas al cemento por componentes principales del Clinker.

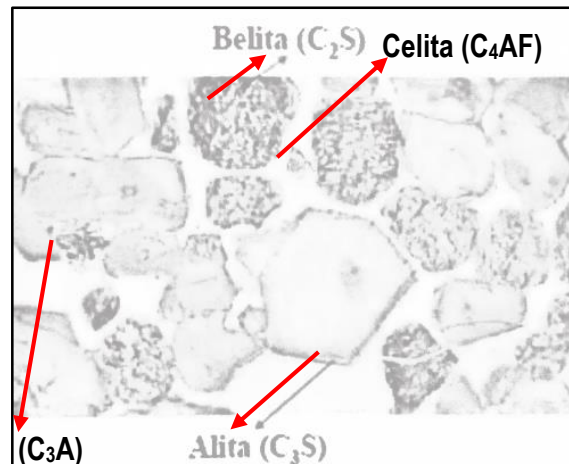
Compuesto	Fraguado	Desarrollo de resistencia	Contribución a la resistencia	Calor de hidratación	Estabilidad química
<b>C<sub>3</sub>S</b>	Rápido	Rápido	Alta (a poca edad)	Alto	Buena
<b>C<sub>2</sub>S</b>	Lento	Lento	Alta (a baja edad)	Regular	Muy buena
<b>C<sub>3</sub>A</b>	Muy rápido	Muy rápido	Baja	Muy alto	Mala
<b>C<sub>4</sub>AF</b>	Lento	Lento	Muy baja	Bajo	Buena

Nota: Imagen obtenida de fuente propia. TESIS - (CATALAN ARTEAGA, 2013).

Siendo los principales componentes del Clinker:

- **SILICATO TRICÁLCICO ( $3\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2 - \text{C}_3\text{S}$  – Alita).** - Define la resistencia inicial (primera semana) y tiene mucha importancia en el calor de hidratación y fraguado, Aporta resistencia a corto y largo plazo (a mayor Alita mayor es la resistencia).
- **SILICATO DICÁLCICO ( $2\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2 - \text{C}_2\text{S}$  – Bellita).** - Define a la resistencia a largo plazo (endurecimiento lento) y tiene menor incidencia en el calor de hidratación.

**Figura 4** Componentes del Clinker



*Nota:* Imagen obtenida de Tesis - (CARRASCO FLORES & QUINTANILLA CUELLAR, 2015).

- **ALUMINATO TRICÁLCICO ( $3\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3 - \text{C}_3\text{A}$ ).** - 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 su fabricación (3.5%- 5%) para controlarlo.

Libera una gran cantidad de calor durante los primeros días de hidratación y endurecimiento. Vulnerable a la acción de los sulfatos, puede formar un producto expansivo

- **FERROALUMINATO TETRACÁLCICO ( $4\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3\cdot\text{Fe}_2\text{O}_3 - \text{C}_4\text{AF}$  - Celita).** - Se hidrata con rapidez y contribuye muy poco en la resistencia, su formación reduce la temperatura de clinkerización.

### 2.2.2.1.3 Mecanismo de hidratación del cemento portland.

Se denomina hidratación al conjunto de reacciones químicas entre el agua y los componentes del cemento, que llevan consigo el cambio del estado plástico al endurecido, con las propiedades inherentes a los nuevos productos formados. La velocidad con que se desarrolla la hidratación es directamente proporcional a la finura del cemento e inversamente proporcional



al tiempo, por lo que inicialmente es muy rápida y va disminuyendo paulatinamente en el transcurso de los días, aunque nunca se llega a detener. (PASQUEL CARBAJAL, 1998).

Dependiendo de las temperaturas, el tiempo y la relación entre la cantidad de agua y cemento que reaccionan, se pueden definir los siguientes estados que se han establecido de manera arbitraria para distinguir las etapas del proceso de hidratación.

- **ESTADO PLÁSTICO.** -Unión del agua y el polvo de cemento formando una pasta moldeable. Cuanto menor es la relación Agua/Cemento, mayor es la concentración de partículas de cemento en la pasta compactada y por ende la estructura de los productos de hidratación es mucho más resistente. (PASQUEL CARBAJAL, 1998)
- **FRAGUADO INICIAL.** - Condición de la pasta de cemento en que se aceleran las reacciones químicas, empieza el endurecimiento y la pérdida de la plasticidad, midiéndose en términos de la resistencia a deformarse. Es la etapa en que se evidencia el proceso exotérmico donde se genera el ya mencionado calor de hidratación, que es consecuencia de las reacciones químicas descritas. (PASQUEL CARBAJAL, 1998).
- **FRAGUADO FINAL.** - Se obtiene el término de la etapa de fraguado inicial, caracterizándose por endurecimiento significativo y deformaciones permanentes. La estructura del gel está constituida por el ensamble definitivo de sus partículas endurecidas. (PASQUEL CARBAJAL, 1998).
- **ENDURECIMIENTO.** - Se produce a partir del fraguado final y es el estado en que se mantienen e incrementan con el tiempo las características resistentes. La reacción predominante es la hidratación permanente de los silicatos de calcio, y en teoría continua de manera indefinida. En el estado final de la pasta, en que se evidencian totalmente las influencias de la composición del cemento. Los sólidos de hidratación manifiestan su muy baja solubilidad por lo que el endurecimiento es factible aún bajo agua. (PASQUEL CARBAJAL, 1998).

#### 2.2.2.1.4 Tipos de cemento.

Los tipos de cemento portland se clasifican de la siguiente manera:

- **Tipo I:** (Común), destinado a obras en general que no le exigen propiedades especiales.
- **Tipo II:** Destinado a obras expuestas a la acción moderada de los sulfatos y a obras en donde se requiere moderado calor de hidratación.



- **Tipo III:** Desarrolla altas resistencias iniciales.
- **Tipo IV:** Desarrolla bajo calor de hidratación.
- **Tipo V:** Ofrece alta resistencia a la acción de los sulfatos.

**Tabla 4** Composición de distintos tipos de cemento portland.

Tipos de cemento portland	C3S	Composición en % peso		
		C2S	C3A	C4AF
Común	55	20	12	9
Moderado (calor y resistencia al sulfato)	45	30	7	12
Endurecimiento rápido	65	10	12	8
Bajo calor de hidratación	25	50	5	13
Resistente al sulfato	40	35	3	14

Nota: Imagen obtenida de TESIS - (CATALAN ARTEAGA, 2013).

### 2.2.3 Puzolana.

#### 2.2.3.1 Definición.

Según: ACI 116R, define la puzolana como: “material silíceo o sílico aluminoso, que en sí mismo puede poseer un pequeño o nulo valor cementante, pero finamente dividido y en presencia de humedad (H<sub>2</sub>O) reacciona químicamente con hidróxido de calcio a temperatura normal formando compuestos con propiedades cementicias”.

#### 2.2.3.2. Tipos de puzolana.

##### 2.2.3.3 Puzolanas naturales:

- **Rocas Volcánicas.** - Producido por enfriamiento brusco de lava volcánica (Cenizas volcánicas, piedra pómez, las tobas, escoria y obsidiana).
- **Rocas o suelos.** - Su constituyente silíceo contiene ópalo por precipitación de sílice o de los residuos de organismos (tierras diatomeas, arcillas calcinadas por calor de lava).

##### 2.2.3.4 Puzolanas artificiales:

- **Cenizas Volantes.** - Producidas por la combustión del mineral Lignito.
- **Arcillas Calcinadas.** - Producida de la quema de ladrillos de arcilla sometidas a temperaturas superiores a 800°.



- **Escorias de fundición.** - Producida en la fundición de aleaciones ferrosas en altos hornos.
- **Cenizas de restos agrícolas.** - Producida de la quema de cascarilla de arroz y la paja de la caña de azúcar.

### 2.2.3.5 Propiedades de puzolana.

La calidad de la puzolana depende de sus propiedades físico-químicas como el de su estructura interna. Se prefiere puzolanas con composición química tal que la presencia de la suma de los 03 óxidos ( $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  y  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) sean mayor del 70%, logrando que su estructura interna sea irregular (amorfa).

**Tabla 5** *Propiedades físicas de la puzolana.*

Ph	7
Punto de fusión	8000 - 9000C.
Punto de inflamabilidad	No Inflamable.
Aspecto físico	Sólido
Forma	Granulado o en rocas.
Colores	Rojizo-rosado o negro.
Olor	Inodora.
Solubilidad en agua	Insoluble.

Nota: Imagen obtenida de TESIS - (CARRASCO FLORES & QUINTANILLA CUELLAR, 2015).

**Tabla 6** *Propiedades químicas de la puzolana.*

ELEM ENTO	PORCENTAJE SOBRE LA MASA TOTAL (%)
Dióxido de Silicio ( $\text{SiO}_2$ )	65%
Oxido de Aluminio ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ )	14%
Oxido de Calcio ( $\text{CaO}$ )	5%
Oxido Férrico	4%
Oxido de Potasio ( $\text{K}_2\text{O}$ )	3%
Otros óxidos (**)	9%

Nota: Imagen obtenida de TESIS - (CARRASCO FLORES & QUINTANILLA CUELLAR, 2015).



### 2.2.3.5 Principales usos y aplicaciones de la puzolana.

- **Paisajismo:** Su bajo peso en relación con el tamaño y su aspecto rústico y exótico ofrecen una solución funcional y estéticamente innovadora en la jardinería creativa. Las rocas de lava representan la última tendencia entre los diseñadores y escultores de cascada, y son utilizadas como esculturas de arte natural. Adicionalmente, la puzolana es un sustituto eficaz del césped en zona con carencia de agua de riego y sustituto de otros materiales como la perlita, leca, etc.
- **Drenaje natural:** Por su calidad porosa, la puzolana es un drenaje natural para jardines e instalaciones deportivas al aire libre como los campos de fútbol.
- **Acuario:** Tanto la piedra volcánica como las rocas volcánicas son ideales y seguras para los acuarios, con PH neutro no distorsionan las propiedades naturales del agua ni afectan la salud de los peces, a la vez que, gracias a sus grietas y hendiduras, se convierten en atractivos naturales de los acuarios y peceras, dotando de un lugar de exploración para los peces y proporcionando zonas de interés y de refugio.
- **Medio de Cultivo:** La puzolana es un sustrato inerte, aireante y de alto drenaje.
- **Hormigones de baja densidad:** Su alta resistencia y su peso relativo bajo la constituyen en una opción muy adecuada para la elaboración de este tipo de compuestos.
- **Uso deportivo (Tenis, golf):** En sus diversos colores acentúa la belleza natural de los campos de golf y su calidad arenosa la hace ideal para el revestimiento de canchas de tenis.
- **Filtro natural:** Su alta porosidad la convierte en un filtro natural sumamente efectivo para líquidos.
- **Aislante Térmico:** Utilizada en la construcción debido a su capacidad como barrera al paso del calor.
- **Arqueología:** Como protector de restos arqueológicos de baja densidad para conservación.

## 2.2.4 Cemento portland puzolánico tipo IP.

### 2.2.4.1 Definición.

Cemento al que se le ha añadido puzolana en un porcentaje que oscila entre 15% y 40% del peso total.

Según, ((YURA), Ficha tecnica, 2014) , “Es un producto fabricado a base de Clinker de alta calidad, puzolana natural de origen volcánico de alta reactividad y yeso. Esta mezcla es molida industrialmente en molinos, logrando un alto grado de finura. Que le brinda propiedades especiales permitiendo que el concreto mejore su resistencia e impermeabilidad y también pueda resistir al intemperismo, ataques químicos (sulfatos, carbonatos y otros), y otros deterioros”.

**Tabla 7** Características técnicas del cemento portland puzolánico tipo IP – yura.

<b>REQUISITOS QUIMICOS</b>	<b>CEMENTO PORTLAND PUZOLÁNICO YURA TIPO IP</b>		<b>REQUISITOS NORMA NTP 334.090</b>	
MgO(%)	1.99		6.00 Max.	
SO <sub>3</sub> (%)	1,75		4,00 Max.	
Perdida por ignición (%)	2.14		5.00 Max.	
<b>REQUISITOS FISICOS</b>	<b>CEMENTO PORTLAND PUZOLÁNICO YURA TIPO IP</b>		<b>NORMA NTP 334.090 ASTM C-595</b>	
Peso específico (gr/cm <sup>3</sup> )	2.85		0	
Expansión en autoclave (°)	0		0.80 Max.	
Fraguado Vicat inicial (minutos)	170		45 min.	
Fraguado Vicat final (minutos)	270		420 Max.	
<b>Resistencia a la compresión</b>	<b>Kgf/cm<sup>2</sup></b>	<b>MPa</b>	<b>Kgf/cm<sup>2</sup></b>	<b>Mpa</b>
1 días	104	10		
3 días	199	20	133 min.	13
7 días	247	24	204 min.	20
28 días	342	34	255 min.	25
60 días	397	39	0	0

*Nota:* Imagen obtenida de Ficha Técnica Cemento Portland Puzolánico Yura IP (Alta Durabilidad), nov.2020.



#### 2.2.4.2 Propiedades del cemento portland puzolánico tipo IP.

- **Mayor resistencia a la compresión.** - Los aluminosilicatos de la puzolana reaccionan con el hidróxido de calcio liberando de la reacción de hidratación del cemento formando silicatos cálcicos que son compuestos hidráulicos que le dan resistencia adicional al cemento.
- **Mayor permeabilidad.** - La puzolana que contiene este cemento, reacciona con el hidróxido de calcio, produciendo más silicato de calcio, sellando los poros y haciendo un concreto más impermeable, y protege a la estructura metálica de la corrosión.
- **Resistencia a los sulfatos.** - con el contenido de puzolana que tiene este cemento es impermeable el cual protege o es más resistente a los sulfatos y otros ataques químicos.

**Tabla 8** Resistencia a los sulfatos del cemento portland puzolánico IP

Resistencia a los sulfatos	Resultado Cemento YURA IP	Resultado Cemento YURA Tipo V	Requisitos de Norma NTP
Máximo % de Expansión a los 14 días	0.018	0.029	0.040 Max.

*Nota:* Imagen obtenida de Ficha Técnica Cemento Portland Puzolánico Yura IP (Alta Durabilidad), nov.2014.

- **Disminuye la reacción nociva álcali-agregado.** - El contenido de puzolana remueve los álcalis de la pasta de cemento antes que estos puedan reaccionar con los agregados evitando así la fisuración del concreto debido a la reacción expansiva Álcali-Agregado, ante la presencia de agregados álcali reactivos.
- **Menor calor de hidratación.** - la presencia de puzolana al reaccionar con el hidróxido de calcio inhibe esta reacción generando menor calor de hidratación, evitando contracciones y fisuraciones.

#### 2.2.4.3 Beneficios del cemento portland puzolánico tipo IP.

- Menor consumo energético.
- Cemento fabricado con menor emisión de CO<sub>2</sub>.





Para esta investigación se utilizó el Cemento Portland Puzolánico tipo IP (YURA), que es un derivado del cemento Portland tipo I, además es el cemento más comercializado en nuestro medio.

## 2.2.5 Agua

### 2.2.5.1 Agua para la elaboración del concreto.

Siendo el agua un elemento indispensable para el proceso de 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.

El agua de mezcla en el concreto, deberá cumplir con los parámetros (N.T.P. 339.088, 2014), y tiene como funciones los siguientes puntos:

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

**Tabla 9** *Calidad del agua para la elaboración y curado del concreto.*

<b>Límites permisibles para el agua de mezcla y de curado según la norma NTP 339.088</b>	
Descripción	Limite permisible
1) Limite en suspensión	5000 ppm máxima
2) Materia orgánica	3 ppm máxima
3) Alcalinidad (NaHCO <sub>3</sub> )	1000 ppm máximo
4) Suelo (ion SO <sub>4</sub> )	600 ppm máxima
5) Cloruros (Ion Cl)	1000 ppm máximo
6) PH	5 a 8

*Nota:* Imagen obtenida de Norma Técnica Peruana - (N.T.P. 339.088, 2014).

- Por lo tanto, la cantidad de agua que interviene en la mezcla 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 estas, que ocasionan reacciones químicas que alteran el comportamiento normal de la pasta de cemento.



- Para la utilización del agua de mezcla nos basamos en obra la utilización del agua potable, apta para consumo humano.
- Hay que destacar que incluso aguas no aptas para el consumo humano sirven para la elaboración de mortero y concreto, siendo el tipo de cemento y las impurezas de los demás ingredientes.
- Para la elaboración del concreto, el PH del agua estará comprendida entre 5. y 8.

**Figura 5** Agua de mezcla – bebible & potable.



*Nota:* Imagen obtenida de Fuente propia.

## 2.2.6 Agregados.

### 2.2.6.1 Definición.

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. (RIVVA LÓPEZ, 2014).

Los agregados son la fase discontinua del concreto y son materiales que están embebidos en la pasta y que ocupan aproximadamente el 75% del volumen de la unidad cúbica de concreto.

Los agregados conforman el esqueleto granular del concreto y son el elemento mayoritario ya que representan el 80-90% del peso total de concreto, por lo que son responsables de gran parte de las características del mismo. Los agregados son generalmente inertes y estables en sus dimensiones.



### 2.2.6.2 Tipos de canteras de agregados.

Las canteras son la fuente principal de materiales pétreos los cuales se constituyen en uno de los insumos fundamentales en el sector de la construcción de obras civiles, estructuras, vías, presas y embalses, entre otros.

Existen dos tipos fundamentales de canteras:

- **Canteras Fluviales.**- Las de formación de aluvión, llamadas también canteras fluviales, en las cuales los ríos como agentes naturales de erosión, transportan durante grandes recorridos las rocas aprovechando su energía cinética para depositarlas en zonas de menor potencialidad formando grandes depósitos de estos materiales entre los cuales se encuentran desde cantos rodados y gravas hasta arena, limos y arcillas; la dinámica propia de las corrientes de agua permite que aparentemente estas canteras tengan ciclos de autoabastecimiento, lo cual implica una explotación económica, pero de gran afectación a los cuerpos de agua y a su dinámica natural. Dentro del entorno ambiental una cantera de aluvión tiene mayor aceptación en terrazas alejadas del área de influencia del cauce que directamente sobre él. De estas canteras obtenemos agregados como: lastre, arena fina, arena gruesa, piedra canto rodado, etc.
- **Cantera de Roca.** - Otro tipo de canteras son las denominadas de roca, más conocidas como canteras de peña, las cuales tienen su origen en la formación geológica de una zona determinada, donde pueden ser sedimentarias, ígneas o metamórficas; estas canteras por su condición estática, no presentan esa característica de autoabastecimiento lo cual las hace fuentes limitadas de materiales. Sus características físicas como dureza, elasticidad, flexión, cristalización, rugosidad, etc. dependen de la historia geológica de la región, permitiendo producir agregados susceptibles para su utilización industrial; estas canteras se explotan haciendo cortes o excavaciones en los depósitos. De estas canteras obtenemos agregados como: Piedra chancada de diferentes tamaños, confitillo, piedra mediana, piedra grande.

Estos dos tipos de canteras se diferencian básicamente en dos factores, los tipos de materiales que se explotan y los métodos de extracción empleados para obtenerlos.



### 2.2.6.3 Clasificación de los agregados.

#### 2.2.6.3.1 Clasificación por su origen.

Por su origen los agregados se clasifican en Agregados Naturales y Agregados Artificiales. Se considera como:

- **Agregados Naturales:** Son los formados por los procesos geológicos naturales que han ocurrido en el planeta durante miles de años, y que son extraídos, seleccionados y procesados para optimizar su empleo en la producción de concreto. (RIVVA LÓPEZ, 2014).
- **Agregados Artificiales:** Proviene de un proceso de transformación de materiales naturales, que proveen productos secundarios que con un tratamiento adicional se habilitan para emplearse en la producción de concreto.

#### 2.2.6.3.2 Clasificación por su tamaño.

- **Agregado Fino:** Es aquel que pasa íntegramente el tamiz de 3/8" y mínimamente en un 95% el Tamiz N° 4, quedando retenido en el Tamiz N° 200. (RIVVA LÓPEZ, 2014).
- **Agregado Grueso:** Es aquel material que queda retenido, como mínimo, en un 95% en el Tamiz N° 4. (RIVVA LÓPEZ, 2014).

**Tabla 10** Clasificación de los agregados según el tamaño.

Tamaño de partícula en (mm)tamiz	Denominación corriente	Clasificación agregado para concreto.
<0.002	Arcilla	Fracción muy Fina
0.002 - 0.074 (#200)	Limo	
0.075-4.76 (#200 - #4)	Arena	Agregado Fino
4.76-19.1 (#4 - 3/4')	Gravilla	Agregado Grueso.
19.1 -50.8 (3/4' - 2)	Grava	
50.8-152.4 (2' - 6')	Piedra Mediana	
> 152.4 (6')	Piedra Grande, Rajón, Bolón	



*Nota:* Imagen obtenida de Elaborado por GÓMEZ JURADO SARRIA.

### 2.2.6.3.3 Características físicas de los agregados.

(PASQUEL CARBAJAL, 1998), manifestó lo siguiente:

“En general son primordiales en los agregados las características de densidad, resistencia, porosidad, y la distribución volumétrica de las partículas, que se acostumbra a denominar granulometría o gradación.

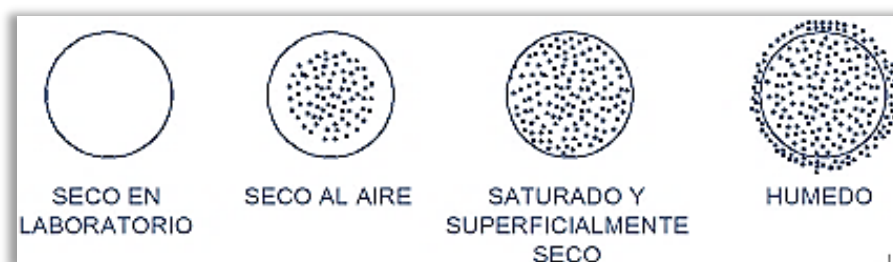
Asociadas a estas características se encuentran una serie de ensayos o pruebas estándar que miden estas propiedades para compararlas con valores de referencia establecidos o para emplearlas en el diseño de mezclas”.

- Condiciones de Saturación.
- Peso Unitario.
- Peso Específico.
- Porcentaje de Vacíos.
- Absorción.
- Porosidad.
- Humedad.

### 2.2.2.3.5 Condiciones de saturación de los agregados.

En la (Figura 6) se han esquematizado las condiciones de saturación de una partícula ideal de agregado, partiendo de la condición seca hasta cuando tiene humedad superficial, pudiéndose asimilar visualmente los conceptos de saturación en sus diferentes etapas, que servirán durante el desarrollo del presente capítulo.

**Figura 6** *Estados de saturación del agregado.*



*Nota:* Imagen obtenida de Fuente propia.

Dónde:



1. Seco (Secado al horno)
2. Parcialmente Saturado (Estado Natural en el Medio ambiente)
3. Saturado con la superficie seca; poros llenos de agua y seco en la superficie.
4. Saturado húmedo en la superficie; poros llenos de agua y húmedo en la superficie (con una película de Agua).

#### **2.2.6.4 Agregado grueso.**

##### **2.2.6.4.1 Definición.**

Se define como agregado grueso al material retenido en el tamiz 4.75 mm. (#4), proveniente de la desagregación natural o artificial de la Roca y que cumple con los límites establecidos en la (N.T.P. 400.037, 2014). El agregado grueso podrá consistir de grava natural o triturada, piedra partida, o agregados metálicos naturales o artificiales. El agregado grueso empleado en la preparación de concretos livianos podrá ser natural o artificial, teniendo en cuenta que el concreto es una piedra artificial, el agregado grueso es la materia prima para fabricar el concreto. En consecuencia, se debe usar la mayor cantidad posible y del tamaño mayor, teniendo en cuenta los requisitos de colocación y resistencia.

Se llama eficiencia del concreto a la relación entre la resistencia del concreto y el contenido de cemento en concreto de alta resistencia, mientras más alta sea esta, menor deberá ser el tamaño máximo para que la eficiencia sea máxima. Para cada resistencia existe un margen estrecho del valor del tamaño máximo por debajo del cual es necesario aumentar el contenido del cemento.

En concretos de mediana y baja resistencia mientras mayor sea el tamaño mayor es la eficiencia. (PASQUEL CARBAJAL, 1998).

La elección de una serie granulométrica de efectuarse de acuerdo con el tamaño máximo del agregado, asegurando una adecuada trabajabilidad, de manera que el concreto pueda ser consolidada sin exigir demasiado trabajo mecánico.

Las mallas utilizadas para determinar la granulometría de los agregados gruesos se designan por el tamaño de abertura cuadrada en pulgadas. Las mallas son las siguientes 4", 3 ½", 3", 2 ½", 2", 1 ½", 1", ¾", ½", 3/8", #4, según la norma (N.T.P. 400.037, 2014).

##### **2.2.6.4.2 Características de un buen agregado grueso para concreto.**

Un buen agregado grueso debe poseer las siguientes características:

- Una buena gradación con tamaños intermedios, la falta de dos o más tamaños sucesivos puede producir problemas de segregación.



- Un tamaño máximo adecuado a las condiciones de la estructura.
- Debe evitarse el uso de agregados planos o alargados, ya que además de producir bajas masas unitarias y baja resistencia mecánica, tienen tendencia a colocarse horizontalmente formándose bajo su superficie bolsas de agua cuando esta sube a la superficie debido a la sedimentación de las partículas sólidas; esta agua almacenada bajo las partículas deja un espacio vacío cuando después del fraguado el agua evapora, por lo cual trae como consecuencia una notable reducción de la resistencia del concreto.
- Una adecuada densidad aparente está entre 2.3 y 2.9 gr/cm<sup>3</sup>. Cuanto mayor es su densidad mejor es su calidad y mejor su absorción, que oscila entre 1 y 5%.
- Las partículas con formas angulosas producen mezclas ásperas y difíciles de manejar, con una superficie rugosa, limpia y sin capa de arcilla.
- No debe contener terrones de arcilla, ni partículas deleznable; generalmente se limita al contenido de finos entre 1 y 3%, para que permita una adecuada adherencia de las partículas y el cemento en las mezclas. (PASQUEL CARBAJAL, 1998).
- El agregado grueso debe tener una resistencia al desgaste en la máquina de los ángeles que garantice su dureza. Los límites recomendados son: si el agregado va a ser usado en lozas de concreto o en pavimentos rígidos el desgaste debe ser menor del 30%, si va a ser usado en otras estructuras el desgaste debe ser menor del 40%.

### **2.2.6.5 Agregado fino.**

#### **2.2.6.5.1 Definición.**

Se define como Agregado Fino al proveniente de la desagregación natural o artificial de las rocas, que pasan el tamiz normalizado 9.5 mm (3/8") y queda retenido en el tamiz 74 (# 200) que cumple con los límites establecidos en la (N.T.P. 400.037, 2014).

La arena natural consistirá de arena de río, arena de mar o arena de tajo. La arena manufacturada consistirá de polvo de piedra en su condición natural o lavado que se ajusta a los requisitos de calidad especificados.

#### **2.2.6.5.2 Características de un buen agregado fino para concreto.**

- Un buen agregado fino al igual que el agregado grueso debe ser bien graduado para que puedan llenar todos los espacios y producir mezclas más compactas.



- La cantidad de agregado fino que pasa los tamices #50 y #100 afecta la manejabilidad, la facilidad para lograr buenos acabados, la textura superficial y la exudación del concreto. (PASQUEL CARBAJAL, 1998).
- Las especificaciones permiten que el porcentaje que pasa por el tamiz No 50 este entre 10% y 30%; se recomienda el límite inferior cuando la colocación es fácil o cuando los acabados se hacen mecánicamente, como en los pavimentos, sin embargo, en los pisos de concreto acabado a mano, o cuando se desea una textura superficial tersa, deberá usarse un agregado fino que pase cuando menos el 15% el tamiz #50 y 3% el tamiz #100.
- El módulo de finura del agregado fino utilizado en la elaboración de mezclas de concreto, deberá estar entre 2.3 y 3.1 para evitar segregación del agregado grueso cuando la arena es muy fina; cuando la arena es muy gruesa se obtienen mezclas ásperas.
- La presencia de materia orgánica en la arena que va a utilizarse en la mezcla de concreto llega a interrumpir parcial o totalmente el proceso de fraguado del cemento, si la arena presenta alto contenido de materia orgánica, se le puede lavar o elegir otra, dependiendo del análisis de costos.
- Para concreto de alta calidad de resistencia se utiliza las arenas gruesas, clasificadas y limpias.
- Las arenas medías y las arenas finas se utilizan para concretos de menores resistencias.

### **2.2.7 Ensayo a los agregados.**

La determinación de las propiedades Físico – Mecánicas, para la obtención de los valores para el diseño de Mezclas, será bajo las consideraciones de la Norma Técnica Peruana.

#### **2.2.7.1 Granulometría a los agregados.**

Para la determinación de la granulometría del Agregado Grueso y al Agregado Fino, se adopta los criterios de la (N.T.P. 400.037, 2014), donde tiene como objetivo, a establecer los requisitos de gradación (granulometría), para el uso en la elaboración de un concreto normal.

##### **2.2.7.1.1 Granulometría y módulo de fineza para el agregado fino.**

Para la granulometría del Agregado Fino se tendrá las siguientes consideraciones según la (N.T.P. 400.037, 2014).



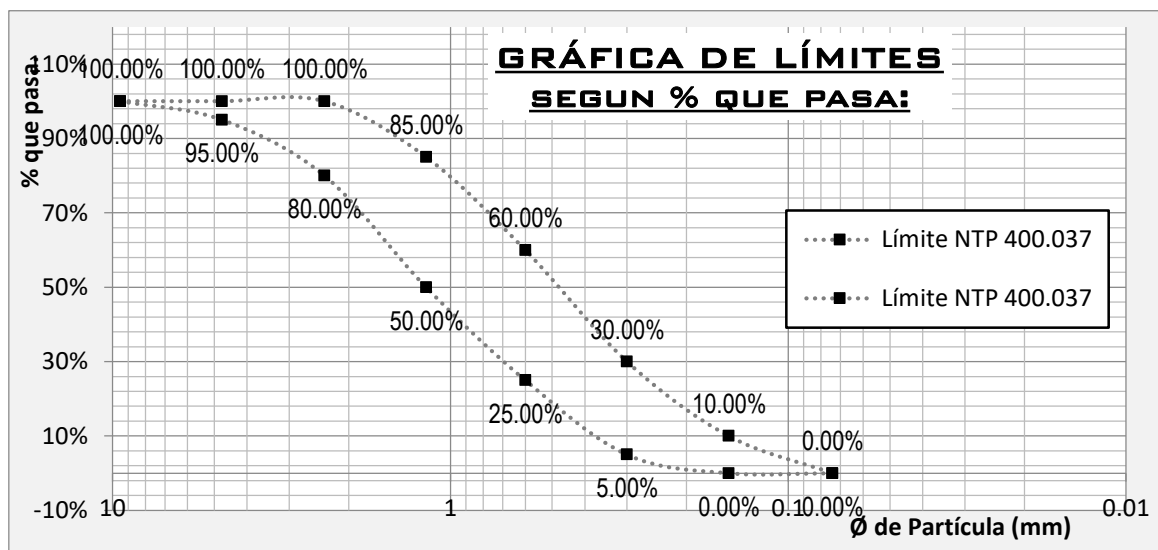


**Tabla 11** Análisis granulométrico del agregado fino.

Tamiz	Porcentaje que Pasa	
9.5mm (3/8")	100%	
4.75mm (#4)	95%	100%
2.36mm (#8)	80%	100%
1.18mm (#16)	50%	85%
600mm (#30)	25%	60%
300mm (#50)	5%	30%
150mm (#100)	0%	10%

Nota: Imagen obtenida de Norma Técnica Peruana (N.T.P. 400.037, 2014).

**Figura 7** Límites granulométricos del agregado fino.



Nota: Imagen obtenida de Norma Técnica Peruana (N.T.P. 400.037, 2014).

La granulometría del Agregado Fino estará dentro de los límites del porcentaje que pasa.

Según (N.T.P. 400.037, 2014), el Módulo de Fineza recomendable estará entre 2.3 y 3.1.

Siendo la determinación de cálculo bajo la siguiente expresión.

$$\text{Módulo de Fineza} = \frac{\sum \% \text{Retenido. Acum. Tamices} (\#4 + \#8 + \#16 + \#30 + \#50 + \#100)}{100}$$



*“...Es aconsejable utilizar arena de depósito (arena para hacer concreto), de forma que no más del 10% del material pase por tamiz #200. (E. BOWLES, 1980, pág. 36).*

#### **2.2.7.1.2 Granulometría para el agregado grueso.**

Para la granulometría del Agregado Grueso se tendrá las siguientes consideraciones según la (N.T.P. 400.037, 2014).

**Tabla 12** *Requisitos granulométricos para el agregado grueso.*



HUSO	TAMAÑO MAXIMO NOMINAL	PORCENTAJE QUE FASA FOR LOS TAMICES NORMALIZADOS									
		60 mm (2 pulg)	37,5 mm (1 1/2 pulg)	26,0 mm (1 pulg)	19,0 mm (3/4 pulg)	12.5 mm (1/2 pulg]	9,5 mm (3/6 pulg)	4,75 mm (No. 4)	2,36 mm (No. 8)	1,15 mm (No. 16)	4,75 pm (No. 50)
4	37,6 mm a 19,0 mm {1 1/2 a 3/4 pulg.)	100	90 a 100	20 a 55	0 a 5		0 a 5				
467	37,5 mm a 4,75 mm (1 1/2 pulg. a No. 4)	100	95 a 100		35 a 70		10 a 30	0 a 5			-
5	25,0 mm a 12,5 mm (1 a 1/2 pulg.)		100 ,	99 a 100	20 a 55	0 a 10	0 a 5				
56	25,0 mm a 9,5 mm (1 a 3/4 pulg.)		100	90 a 100	40 a 85	10 a 40	9 a 15	0 a 5			
57	260 mm a 4,76 mm (1 pulg. a No. 4)		100	95 a 100		25 a 60		0 a 10	0 a 5		
6	19,0 mm a,5 mm (3/4 a 3/8 pulg.)			100	90 a 100	20 a 66	0 a 15	0 a 5			
67	19,0 mm a 4,75 mm (3/4 pulg. a No. 4)			100	90 a 100		20 a 55	0 a 10	0 a 5		
7	12,5 mm a 4,75 mm (1/2 pulg. a No. 4)				100	90 a 100	40 a 70	0 a 15	0 a 10		
8	36 9,6 mm a 2, mm (3/8 pulg. a No. 8)					100	85 a 100	10 a 30	0 a 10	0 a 5	
89	9,5 mm a 1,18 mm (3/8 pulg a No. 113)					100	90 a 100	20 a 35	5 a 30	0 a 10	0 a 5
9	4,75 mm a 1,18 mm (No. 4 a No. 16)						100	85 a 100	10 a 40	0 a 10	0 a 5

*Nota:* Imagen obtenida de Norma Técnica Peruana (N.T.P. 400.037, 2014).

En el proceso de los análisis de granulometría con respecto al Agregado Grueso se utilizará las siguientes Expresiones.

$$\%Retenido = \frac{\text{Peso del Material Retenido}}{\text{Peso Total de la Muestra Evaluada}} \times 100$$



$$\%Retenido\ Acumulado = \%Retenido + \%Retenido\ acumulado\ anterior$$

$$\% que\ pasa = 100 - \%Retenido\ acumulado\ anterior$$

Para la utilización de un buen Agregado Grueso, este deberá tener una buena resistencia mecánica con respecto a la abrasión y/o desgaste e impacto, siendo así los valores realizados no excedan a los valores de la siguiente Tabla.

**Tabla 13** Resistencia mecánica de los agregados.

Métodos alternativos	No Mayor que (%)
Abrasión (Método de los Ángeles)	50%
Valor de Impacto del Agregado	30%

*Nota:* Imagen obtenida de Norma Técnica Peruana (N.T.P. 400.037, 2014).

### 2.2.7.2 Resistencia a la abrasión. y/o desgaste.

El análisis con respecto a este tema se realizará en función de las siguientes tablas estipuladas en (N.T.P. 400.019, 2002).

Esta Norma establece ensayar Agregados gruesos de tamaños menores que 37.5 mm (1 ½”), para determinar la resistencia a la degradación en la máquina de los Ángeles.

- **Abrasión en la Máquina de los Ángeles.** Este método de ensayo es una medida de la degradación de agregados minerales de gradaciones normalizadas resultantes de una combinación de acciones las cuales incluyen abrasión y/o desgaste, impacto y trituración en un tambor de acero en rotación, que contiene un número especificado de esferas de acero, dependiendo de la gradación de las muestras del ensayo. Al rotar el tambor, las muestra y las bolas de acero son recogidas por una pestaña de acero, creando un efecto de trituración por impacto. Es ciclo es repetido mientras el tambor gira con su contenido, luego de un número de revoluciones establecido, el agregado es retirado del tambor y tamizado para medir su degradación como porcentaje de pérdida.

**Tabla 14** Gradación de las muestras para ensayo a realizar en la máquina de los ángeles.

Método gradación	Retenido	A	B	C	D
------------------	----------	---	---	---	---



Diámetro tamices que pasa		Cantidad de material a usar (gr)			
1 1/2(38.1mm)	1(25.0mm)	1250 ±25			
1(25.0mm)	3/4(19.0mm)	1250 ±25			
3/4(19.0mm)	1/2(12.5mm)	1250 ± 10	2500 ± 10		
1/2(12.5mm)	3/8(9.5mm)	1250 ± 10	2500 ± 10		
3/8" (9.5mm)	1/4" (6.3mm)			2500 ± 10	
1/4" (6.3mm)	N°4 (4.75mm)			2500 ± 10	
N°4 (4.75mm)	N°8 (2.36mm)				5000 ± 10
<b>PESOTOTAL</b>		<b>5000 ±10</b>	<b>5000 ±10</b>	<b>5000 ±10</b>	<b>5000±10</b>
N° de Esferas		12	11	8	6
N° de Revoluciones		500	500	500	500
Tiempo de Rotación (Minutos)		15	15	15	15

*Nota:* Imagen obtenida de Norma Técnica Peruana (N.T.P. 400.019, 2002).

#### Porcentaje de Desgastes (De):

$$De = \frac{(P1-P2)}{P1} \times 100$$

Donde:

P1: Peso original de la muestra antes de ingresar a la Máquina de los Ángeles.

P2: Peso o suma de pesos de los tamices retenidos después de la Abrasión.

Para la verificación de los valores máximos permisibles de este ensayo verificar la (tabla 13).

#### 2.2.7.3 Contenido de humedad de los agregados.

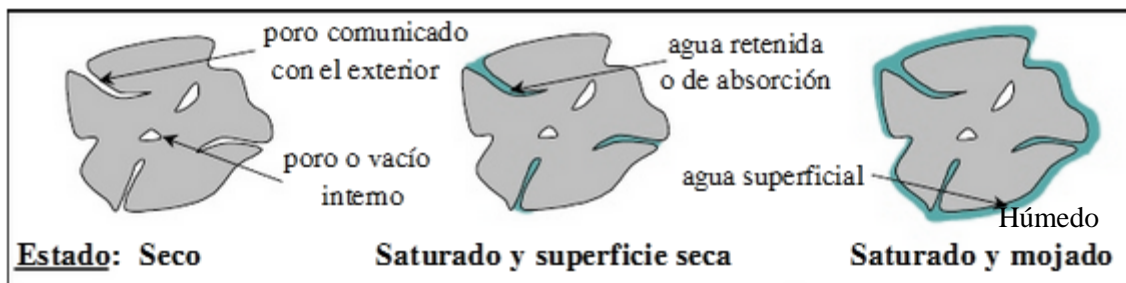
La teoría descrita a continuación es basada según (N.T.P. 339.185, 2002), el cual son aplicados para el Agregado Grueso y el Agregado fino.

Es la cantidad de agua que contiene el agregado en un momento dado. Cuando dicha cantidad se exprese como porcentaje de la muestra seca (Horno eléctrico), se denomina Porcentaje de humedad, pudiendo ser mayor o menor que el porcentaje de absorción.

Los agregados generalmente se los encuentra húmedos, y varían con el estado del tiempo, razón por la cual se debe determinar frecuentemente el contenido de humedad, para luego corregir las proporciones de una mezcla.

- **Seco:**  
No existe humedad en el agregado. Se lo consigue mediante un secado prolongado en una estufa a una temperatura de  $105 \pm 5^\circ \text{C}$ .
- **Seco al aire:**  
Cuando existe algo de humedad en el interior del árido. Es característica, en los agregados que se han dejado secar al medio ambiente.
- **Ambiente.**  
Al igual que en estado anterior, el contenido de humedad es menor que el porcentaje de absorción.
- **Saturado y Superficialmente Seco:**  
Estado en el cual, todos los poros del agregado se encuentran llenos de agua. Condición ideal de un agregado, en la cual no absorbe ni cede agua.
- **Húmedo:**  
En este estado existe una película de agua que rodea el agregado, llamado agua libre, que viene a ser la cantidad de exceso, respecto al estado saturado superficialmente seco. El contenido de humedad es mayor que el porcentaje de absorción.

**Figura 8** Estados de humedad del agregado.



*Nota:* Imagen obtenida de [www.http:// es.scribd.com/doc/propiedades-físicas-de-los-agregados](http://es.scribd.com/doc/propiedades-físicas-de-los-agregados)

El agregado fino retiene mayor cantidad de agua que el agregado grueso. El contenido de humedad de una muestra estará condicionado por el estado en el que se encuentre dicho material, es decir que el contenido de humedad variará teniendo en cuenta la variabilidad climatológica.

El cálculo del contenido de humedad se realizará bajo la siguiente expresión:

$$\text{Contenido de Humedad (\% P)} = \frac{W - D}{D}$$



Donde:

W: Peso del agregado en estado Natural (g).

D: Peso del Agregado secado al horno (g).

#### 2.2.7.4 Peso específico y absorción del agregado fino.

La teoría descrita a continuación es basada según (N.T.P. 400.022, 2013), el cual es aplicado para el Agregado Fino.

Se dice peso específico a la relación entre el peso de muestra a evaluar y su cantidad de volumen de agua desplazado en un envase controlado.

Para la determinación de los valores del Peso Específico y Porcentaje de Absorción del Agregado Fino se utilizarán las siguientes expresiones:

<p><b><u>Peso Específico de Masa:</u></b></p> $(P_{em}) = \frac{W_o}{(V_f - V_a)}$	<p><b><u>Peso Específico de Masa Saturado con Superficie Seca:</u></b></p> $(P_{eSSS}) = \frac{500}{(V_f - V_a)}$	<p><b><u>Absorción:</u></b></p> $(Abs) = \frac{500 - W_o}{W_o} \times 100$
--	---	--

Donde:

$P_{em}$  : Peso Específico de Masa ( $g/cm^3$ ).

$P_{eSSS}$  : Peso Específico de Masa Saturado con Superficie Seca ( $g/cm^3$ ).

Abs : Porcentaje de Absorción (%).

$W_o$  : Peso del Agregado Fino secado al horno, expresado en (g).

$V_f$  : Volumen de la Fiola expresado en ( $cm^3$ ).

$V_a$  : Volumen de agua añadido a la Fiola cuando el agregado está dentro de la Fiola ( $cm^3$ )

500 : Cantidad de Agregado Fino Saturado Superficialmente Seco expresado (g).

##### 2.2.7.4.1 Uso del cono de absorción.

Instrumento que sirve para determinar la característica del Agregado Fino en estado Saturado con Superficie Seca.

**Figura 9** Cono de absorción.



*Nota:* Imagen obtenida de Fuente Propia.

#### Características:

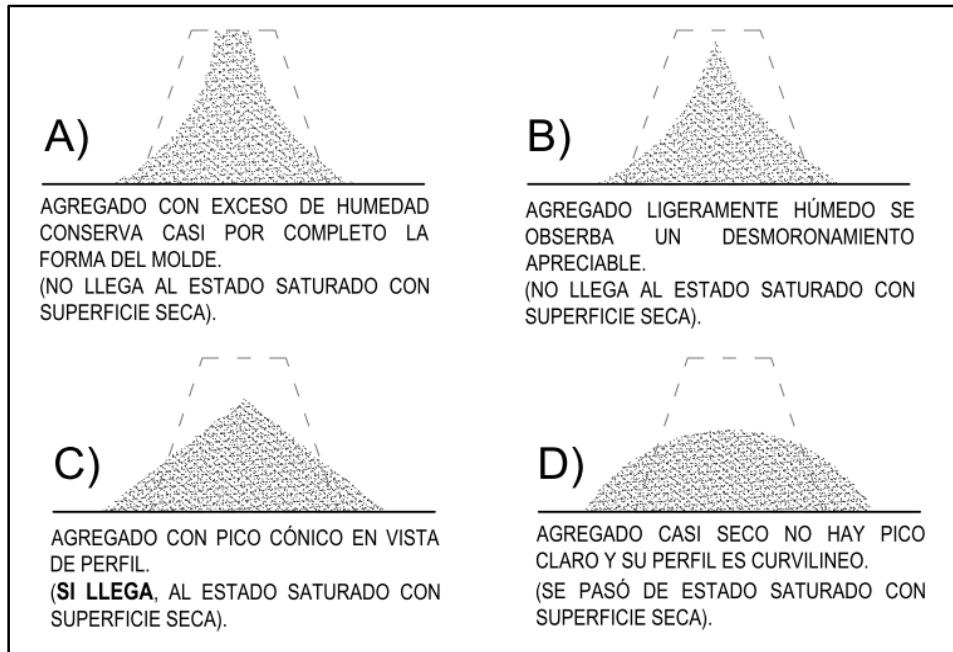
- Cono de Absorción. - El material es metálico de forma cónica de  $40\text{mm} \pm 3\text{mm}$  de diámetro en la parte superior,  $90\text{mm} \pm 3\text{mm}$  de diámetro en la parte inferior y  $75\text{mm} \pm 3\text{mm}$  de altura.
- Apisonador. - con un peso de  $340\text{g} \pm 15\text{g}$ , con un extremo de superficie plana circular de  $25\text{mm} \pm 3\text{mm}$  de diámetro de contacto.

#### Procedimiento:

- Se sumerge totalmente el Agregado Fino en un recipiente con agua durante 24 horas.
- El material se extrae del recipiente y se empieza a secar solo la superficie con la ayuda de una estufa u otro elemento.
- A medida que se va secando solo la superficie del Agregado Fino se realiza la comprobación en el cono de absorción.
- Se llena el cono de Absorción en 03 etapas, los cuales en cada etapa se apisona 25 veces de forma distribuida con el apisonador metálico, de tal forma que en la última etapa se debe enrasar.
- Se retira el molde cono de absorción de manera vertical.
- Debe verificarse los resultados de pico perfil.
- Resultado o interpretación:



**Figura 10** Comprobación visual del estado saturado con superficie seca del agregado fino en el cono de absorción.



*Nota:* Imagen obtenida de Fuente Propia.

### 2.2.7.5 Peso específico y absorción del agregado grueso.

La teoría descrita a continuación es basada según (N.T.P. 400.021, 2013), el cual es aplicado para el Agregado Grueso.

Se dice peso específico a la relación entre el peso de muestra a evaluar y su cantidad de volumen de agua desplazado en un envase controlado.

También se cumple este mismo propósito si tenemos el peso de la muestra a evaluar y lo dividimos con la diferencia del peso de la muestra en el aire y el peso de la muestra dentro del agua. Esta diferencia significa el peso o volumen de la muestra evaluada en función del agua, ya que sabemos que:  $1\text{g (H}_2\text{O)} = 1\text{ cm}^3\text{ (H}_2\text{O)}$ .

Para la determinación de los valores del Peso Específico y Porcentaje de Absorción del Agregado Grueso se utilizarán las siguientes expresiones:

$$\text{Peso Específico de Masa:} \\ \text{(Pem)} = \frac{A}{B}$$

$$\text{Peso Específico de Masa Saturado con Superficie Seca:} \\ \text{(PeSSS)} = \frac{B}{B-C}$$

$$\text{Absorción:} \\ \text{(Abs)} = \frac{B-A}{A} \times 100$$

Donde:

Pem : Peso Específico de Masa ( $\text{g/cm}^3$ ).



- PeSSS : Peso específico de Masa Saturado con Superficie Seca ( $\text{g}/\text{cm}^3$ ).
- Abs : Absorción en Porcentaje (%).
- A : Peso del Agregado Grueso secado al horno, expresado en (g).
- B : Peso del Agregado Grueso Saturado Superficialmente Seco (g).
- C : Peso Del Agregado Grueso Saturado dentro del Agua (g).

En este caso para lograr la característica y/o característica del Agregado Grueso en estado Saturado con Superficie Seca, se realiza los siguientes pasos.

- Se sumerge totalmente el Agregado Grueso en un recipiente con agua durante 24 horas.
- Seguidamente se extrae y se extiende en una bandeja el agregado grueso.
- Inmediatamente se realiza el secado solo de la superficie.
- Este proceso de secado de solo la superficie se realiza con la ayuda de paños secos, toallas, franelas, etc.

#### 2.2.7.6 Peso unitario de los agregados.

La teoría descrita a continuación es basada según (N.T.P. 400.017, 1999), el cual son aplicados para el Agregado Grueso y el Agregado fino.

Este método de ensayo cubre la determinación del peso unitario suelto o compactado y el cálculo de vacíos en el agregado fino, grueso o en una mezcla de ambos, basados en la misma determinación. Este método se aplica a agregados de tamaño máximo nominal de 150 mm.

El cálculo del Peso Unitario se realizará bajo las siguientes expresiones:

$$\text{PUS} = \frac{\text{Gsc} - \text{T}}{\text{Ve}}$$

$$\text{PUC} = \frac{\text{Gco} - \text{T}}{\text{Ve}}$$

Donde:

- PUS : Peso Unitario Seco Suelto ( $\text{g}/\text{cm}^3$ )
- PUC : Peso Unitario Seco Compactado ( $\text{g}/\text{cm}^3$ )
- Gsc : Peso del envase más la muestra seca, sin compactar (g).
- Gco : Peso del envase más la muestra seca, compactado (g).
- T : Peso del envase (g).
- Gsc - T : Muestra (Sin Compactar) (g).
- Gco - T : Muestra (Compactado) (g).
- Ve : Volumen del envase ( $\text{cm}^3$ ).



### 2.2.7.7 Contenido de vacíos en los agregados.

Es el volumen expresado en porcentaje de los espacios entre partículas de los agregados se calcula el contenido de vacíos en el agregado utilizando el peso unitario calculado según (N.T.P. 400.017, 1999), como sigue:

$$\text{Contenido de Vacíos:}$$
$$\% \text{ vacios} = \frac{100[(S \times W) - M]}{S \times W}$$

Donde:

M = Peso Unitario del agregado en  $\text{kg/m}^3$ .

S = Peso Específico de masa (base seca) determinado de acuerdo con la norma NTP 400.022.

W = Densidad del agua,  $1000 \text{ kg/m}^3$ .

### 2.2.7.8 Resumen de ensayos a los agregados de esta investigación.

En esta parte del estudio se determina las propiedades de los agregados finos y gruesos según lo requerido en las normas como son las siguientes:

**Para Agregado Fino** (cantera): estos ensayos se realizarán a la mezcla de ambos agregados 35% (Mina Roja) y 65% (Cunyac).

- Análisis Granulométrico (Módulo de Fineza), (N.T.P. 400.037, 2014).
- Contenido de Humedad, (N.T.P. 339.185, 2002).
- Peso Específico Seco & Porcentaje de Humedad, (N.T.P. 400.022, 2013).
- Peso Unitario, (N.T.P. 400.017, 1999).

#### **Para Agregado Grueso:**

- Abrasión – desgaste, (N.T.P. 400.019, 2002).
- Análisis Granulométrico (Tamaño Máximo Nominal), (N.T.P. 400.037, 2014).
- Contenido de Humedad, (N.T.P. 339.185, 2002).
- Peso Específico Seco & Porcentaje de Humedad, (N.T.P. 400.021, 2013).
- Peso Unitario, (N.T.P. 400.017, 1999).



## 2.2.8 Diseño de mezclas.

### 2.2.8.1 Definición.

“... El diseño de mezclas de concreto, es conceptualmente, la aplicación técnica y práctica de los conocimientos científicos sobre sus componentes y la interacción entre ellos, para lograr un material resultante que satisfaga de la manera más eficiente los requerimientos particulares del proyecto constructivo. Es usual el suponer que esta técnica consiste en la aplicación sistemática de ciertas tablas y proporciones ya establecidas que satisfacen prácticamente todas las situaciones normales en las obras”, (*PASQUEL CARBAJAL, 1998, pág. 171*).

### 2.2.8.2 Objetivos del diseño de mezclas.

Determinar la combinación más eficiente de los materiales (componentes del concreto) donde se conoce sus propiedades de cada componente mediante la aplicación de tablas normalizadas, con los que se dispone para producir un concreto que satisfaga los requisitos de comportamiento bajo las condiciones particulares de uso.

El método más utilizado en nuestro medio es el ACI - 211.

### 2.2.8.3 Secuencia de diseño.

“...Independientemente que las características finales del concreto sean indicadas en las especificaciones o dejadas al criterio del profesional responsable del diseño de la mezcla las cantidades de materiales por metro cubico pueden ser determinadas, cuando se emplea el Método del Comité 211 del ACI”. (*RIVVA LÓPEZ, 2014, pág. 91*).

Asumiendo que se conocen todas las características de los materiales: Cemento elegido y sus propiedades, los agregados y sus pesos específicos secos y pesos unitarios secos, granulometrías, humedades, absorciones y las condiciones particulares de la obra a ejecutar.

### 2.2.8.4 Consideraciones de la resistencia de diseño.

Cuando no se conoce propiedades estadísticas (Factor de seguridad) y/o registros de resultados de ensayos que posibilite el cálculo de desviación estándar de la resistencia del Concreto, se pueden tomar los siguientes valores:

- Si:  $F'c < 210 \text{ Kg/cm}^2 \rightarrow F'cr = (F'c + 70) \text{ Kg/cm}^2$ .
- Si:  $210 \text{ Kg/cm}^2 \leq F'c \leq 350 \text{ Kg/cm}^2 \rightarrow F'cr = (F'c + 85) \text{ Kg/cm}^2$ .
- Si:  $350 \text{ Kg/cm}^2 < F'c \rightarrow F'cr = (1.1F'c + 50) \text{ Kg/cm}^2$ .

✓ Estos valores dados están formulados en el reglamento (E.060 RNE, 2009).



Cuando se conoce las propiedades estadísticas de la resistencia del concreto.

Según (RIVVA LÓPEZ, 2014),  $F'_{cr}$  es el mayor obtenido de las siguientes formulas.

- $F'_{cr} = F'_{c} + 1.34 * D_s$  ..... (Ecuación 01).
- $F'_{cr} = F'_{c} + 2.33 * D_s - 35$  ..... (Ecuación 02).

Donde:

- $F'_{c}$  : Resistencia especificada por el diseñador (planos) (Kg/cm<sup>2</sup>).
- $F'_{cr}$  : Resistencia promedio requerida en obra (Kg/cm<sup>2</sup>).
- $D_s$  : Desviación Estándar (kg/cm<sup>2</sup>).

**Tabla 15** Factor de corrección para  $F'_{cr}$ .

Ensayos	Factor de corrección
Menos de 15	(Ecuación 02)
15	1.16
20	1.08
25	1.03
30	1.00

Fuente: Diseño de Mezclas (Tomo 2) - (RIVVA LÓPEZ, 2014)

- Se utilizará la (Ecuación 02) en el caso de que haya un registro menor a 15 ensayos y no se realiza ninguna multiplicación de factor de corrección.
- Se utilizará el mayor valor de la (Ecuación 01) y (Ecuación 02) en el caso de que haya un registro de 15 a 30 ensayos de forma consecutiva y se multiplicará a la desviación estándar por el factor de corrección de la (Tabla 15) y si los valores son intermedios interpolar.

Siendo la desviación estándar denominado con la siguiente expresión:

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

Donde:

- $D_s$  : Desviación Estándar (kg/cm<sup>2</sup>).
- $n$  : Número de ensayos de la serie.
- $X$  : Resultados de resistencia de muestra de ensayo individuales.
- $\bar{X}_{prom}$  : Promedio de todos los ensayos individuales de una serie.



### 2.2.8.5 Pasos del diseño de mezclas de concreto ACI - 211.

El siguiente diseño de Mezcla ACI - 211, se encuentra sujeto a las consideraciones del “Manual de la Construcción” de la Agenda Técnica del (I.C.G., 2020).

#### **PASO 1: “Selección del Asentamiento”**

**Tabla 16** *Diferentes asentamientos para infraestructura.*

Tipo de estructura	Revenimiento máximo	Revenimiento mínimo
Reforzados	3"	1"
Cimentaciones simples y calzaduras	3"	1"
Vigas y muros armados	4"	1"
Columnas	4"	1"
Losas y pavimentos	3"	1"
Concreto ciclópeo	2"	1"

*Nota:* Imagen obtenida de Manual de la Construcción - Agenda Técnica (I.C.G., 2020).

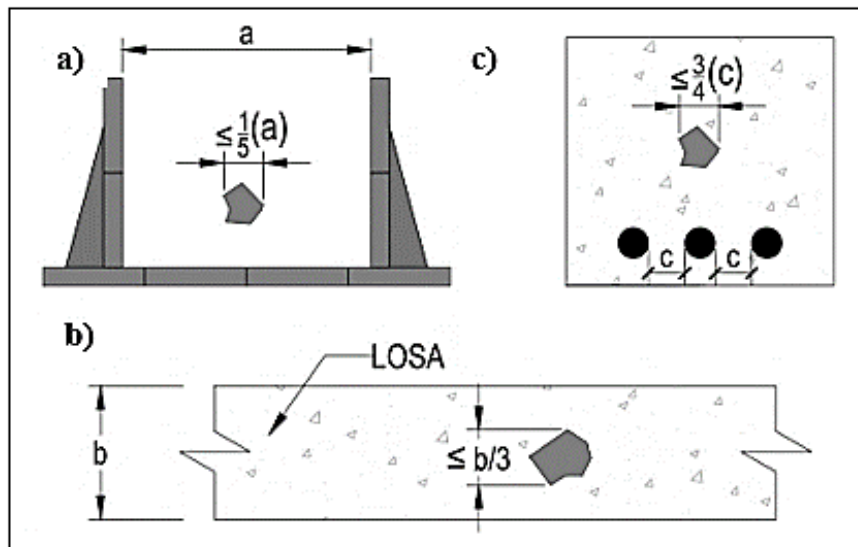
#### **PASO 2: “Selección del Tamaño Máximo Nominal (TMN) del Agregado Grueso”.**

El Agregado grueso está conformado por partículas limpias, de perfil preferente angular o semi angular, duras, compactas, resistentes y de textura rugosa, para lo cual se deberá tener el Tamaño Máximo Nominal (TMN), dato que proviene del ensayo de granulometría del Agregado Grueso.

EL TMN (Tamaño Máximo Nominal) no deberá ser mayor de:

- a. 1/5 de la menor dimensión entre caras de encofrados.
- b. 1/3 del peralte de las Losas.
- c. 3/4 del espacio libre mínimo entre barras o alambres individuales de refuerzo; paquetes de barras de acero.

**Figura 11** Criterios de la elección del tamaño máximo nominal.



*Nota:* Imagen obtenida de Manual de la Construcción - Agenda Técnica (I.C.G., 2020).

**PASO 3:** “Selección del Contenido de Agua y selección del Aire atrapado”.

**Tabla 17** Volumen de agua por  $m^3$ , agua en litros/ $m^3$  para (tmn) de agregados y consistencia indicada.

Revenimiento (1" =25mm)	Tamaño máximo de agregado							
	3/8"	1/2"	3/4"	1"	1 1/2"	2"	3"	4"
<b>Concreto sin aire incorporado</b>								
1" a 2"	207	199	190	179	166	154	130	113
3" a 4"	228	216	205	193	181	169	145	124
6" a 7"	243	228	216	202	190	178	160	--
<b>Concreto con aire incorporado</b>								
1" a 2"	181	175	168	160	150	142	122	107
3" a 4"	202	193	184	175	165	157	133	119
6" a 7"	216	205	197	184	174	166	154	--
<b>% De aire incorporado en función del grado de exposición</b>								
Normal	4.5	4.0	3.5	3.0	2.5	2.0	1.5	1.0
Moderada	8.0	5.5	5.0	4.5	4.5	4.0	3.5	3.0
Extrema	7.5	7.0	6.0	6.0	5.5	5.0	5.0	4.0

*Nota:* Imagen obtenida de Manual de la Construcción - Agenda Técnica (I.C.G., 2020).



**Tabla 18** *Contenido de aire atrapado.*

TMN Agregado Grueso		Aire Atrapado (%)
3/8"	9.5 mm	3.0
1/2"	12.5 mm	3.
3/4"	19.0 mm	2.0
1"	25.0 mm	2.
1 1/2"	37.5 mm	1.0
2"	50.0 mm	0.5
3"	75.0 mm	0.3
6"	150.0 mm	0.2

*Nota:* Imagen obtenida de Manual de la Construcción - Agenda Técnica (I.C.G., 2020).

De acuerdo a la (Tabla 17) sabemos que 1 litro de Agua = 1 Kg de Agua, equivalencia para determinar el peso del agua.

De acuerdo a la (Tabla 18) sabemos que 1% de aire =  $0.01\text{m}^3$  de Aire.

**PASO 4:** “Selección de la relación Agua/Cemento (A/C), sea a la resistencia a Compresión”.

**Tabla 19** *Relación agua/cemento por resistencia, para  $F'_{cr}$ .*

F'c (Kg/cm <sup>2</sup> )	Relación Agua/Cemento en Peso	
	Concreto sin aire incorporado	Concreto con aire incorporado
140	0.82	0.74
150	0.80	0.71
200	0.70	0.61
210	0.68	0.59
250	0.62	0.53
280	0.57	0.48
300	0.55	0.46
350	0.48	0.40
400	0.43	0.0

*Nota:* Imagen obtenida de Manual de la Construcción - Agenda Técnica (I.C.G., 2020).





**PASO 5: “Cálculo del Contenido de Cemento”.**

Para el cálculo del contenido de Cemento se dividirá: (**Paso 3/Paso 4**) dividido entre 42.5 Kg (Peso por Bolsa), se obtiene el número de bolsas de cemento en 01 m<sup>3</sup> de concreto.

**PASO 6: “Cálculo del Contenido del Agregado Grueso”.**

Seleccionar el peso del Agregado Grueso (Tabla 20) proporciona el valor de b/bo, donde “bo” y “b” son los pesos unitarios secos con y sin compactar respectivamente del agregado grueso.

**Tabla 20** Peso del agregado grueso por unidad de volumen del concreto (b/bo).

<b>RELACION ENTRE PESO UNITARIO SECO CON Y SIN COMPACTAR DEL AGREGADO GRUESO, POR UNIDAD DE VOLUMEN DEL DEL CONCRETO.</b>						
(TMN) Tamaño Máximo Nominal, Agregado Grueso.		Módulo de Fineza Agregado fino				
		2.40	2.60	2.80	3.00	Und
3/8"	9.5 mm	0.50	0.48	0.46	0.44	m3
1/2"	12.5mm	0.59	0.57	0.55	0.53	m3
3/4"	19.0 mm	0.66	0.64	0.62	0.60	m3
1"	25.0 mm	0.71	0.69	0.67	0.65	m3
1 1/2"	37.5 mm	0.76	0.74	0.72	0.70	m3
2"	50.0 mm	0.78	0.76	0.74	0.72	m3
3"	75.0 mm	0.81	0.79	0.77	0.75	m3
6"	150.0 mm	0.87	0.85	0.83	0.81	m3

*Nota:* Imagen obtenida de Manual de la Construcción - Agenda Técnica (I.C.G., 2020).

Se calculará el contenido del Agregado Grueso (b/bo) en función al Tamaño Máximo Nominal, según ratifica el Módulo de Fineza del Agregado Fino de (Tabla 20) sino existe procedemos a interpolar.

El Contenido de Agregado Grueso se determina bajo la siguiente expresión:

$$\text{Agreg. Grueso (kg)} = \frac{b}{bo} (m^3) \times \text{PesoUnitarioCompactadoPiedra} \left( \frac{kg}{m^3} \right)$$



**PASO 7: “Cálculo del Contenido Agregado Fino. (Método del Volumen Absoluto).**

Se procede a realizar el reporte de los **pesos** de todos los materiales sin considerar el Agregado Fino:

- ✓ *Cemento* : (de Paso 5) → = \_\_\_\_\_ kg.
- ✓ *Agua* : (de Paso 3) → = \_\_\_\_\_ kg.
- ✓ *Agregado Grueso* : (de Paso 6) → = \_\_\_\_\_ kg.
- ✓ *Aire (Volumen Absoluto)* : (de paso 3) → = \_\_\_\_\_ m<sup>3</sup>.

Para este paso usaremos el Método del Volumen Absoluto.

Se halla en función al volumen de materiales que forman el metro cubico de concreto.

**Tabla 21** *Determinación del volumen absoluto para el agregado fino.*

<b>Materiales</b>	<b>Peso seco (kg)</b>	<b>Peso específico (kg/m3)</b>	<b>Vol. absoluto (m3)</b>
Cemento	P. Cemento	I P.E. Cemento	= Vol. Cemento
Agua	P. Agua	I P.E. Agua.	= Vol. Agua
Aire	0.00	0.000	= (Paso 3)
Agregado grueso	P. Agregado Grueso	I P.E. Agregado Grueso	= Vol. Agreg. Grueso
Agregado fino	P. Agregado Fino = P.E. Agregado. Fino x Vol. Agregado. Fino		
Sumatoria [Vol. (Cemento + Agua + Agregado Grueso + Aire)]			
1-Sumatoria			

*Nota:* Imagen obtenida de Manual de la Construcción - Agenda Técnica (I.C.G., 2020).

Se reportará los valores de todos los componentes del concreto en función del peso Seco y se realiza su presentación del diseño en estado Seco.

**PASO 8: “Ajuste por humedad del Agregado”.**

- ✓ Corrección del Peso por humedad de cada agregado (Agregado Grueso y Agregado Fino) en 01 m<sup>3</sup> de material:

$$Peso\ Corregido = (1 + ContenidoHumedad) \times PesoSeco$$

- ✓ Luego se procede a calcular el Balance de Agua de cada agregado (Agregado Grueso y Agregado Fino) en 01 m<sup>3</sup> de material:

$$Balance\ H_2O = \%Humedad - \%Absorción$$



- ✓ Luego se procede a calcular la contribución del Agua (aporte de agua) de cada agregado (Agregado Grueso y Agregado Fino) en 01 m<sup>3</sup> de material:

$$\text{Contribución } H_2O = \text{PesoCorregido} \times \text{Balance } H_2O$$

- ✓ Enseguida se determinó el Agua final de mezcla”.

$$\text{Agua Final} = \text{PesoAbs } (H_2O) - [\text{Contribución } H_2O_{\text{Agreg. Grueso}} + \text{Contribución } H_2O_{\text{Agreg. Fino}}]$$

- ✓ Finalmente se realizará la presentación de los nuevos valores de los componentes del concreto según el ajuste de humedad.

### **PASO 9: Ajuste del Concreto de Prueba.**

- ✓ Se realiza las dosificaciones de los componentes del concreto en función a su peso y/o volumen, para una cantidad determinada.

#### **2.2.9 Ensayo del revenimiento del concreto.**

Ensayo que se realiza al concreto fresco. La prueba de revenimiento se realiza antes de la puesta en obra, analizando cual es la más adecuada para la colocación según los medios de diseño.

El ensayo de consistencia, llamado también de revenimiento, es utilizado para caracterizar el comportamiento del concreto fresco. Esta prueba, desarrollada por Duft Abrams, fue adoptada en 1921 por el ASTM y revisada finalmente en 1978.

En nuestro medio este ensayo esta adoptado por la (N.T.P. 339.035, 1999), Método de ensayo para la medición del asentamiento del concreto con el cono de Abrams.

El ensayo consiste en consolidar una muestra de concreto fresco en un molde troncocónico, midiendo el asentamiento de la mezcla luego de desmoldarlo.

El comportamiento del concreto en la prueba indica su consistencia, es decir, su capacidad para adaptarse al encofrado o molde con facilidad, manteniéndose homogéneo con un mínimo de vacíos.

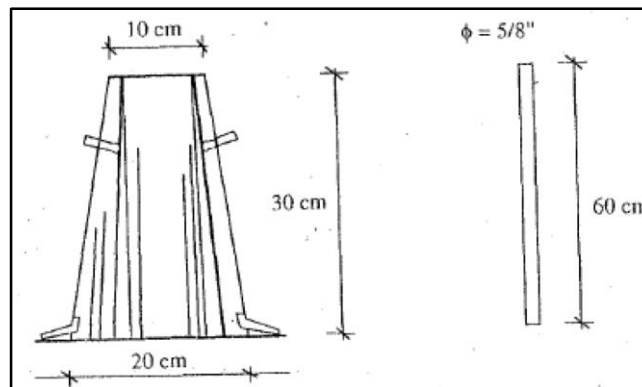
La consistencia se modifica, fundamentalmente, por variaciones del contenido del agua de mezcla.



### EQUIPOS:

- **Cono de Abrams (Tronco de Cono).** - Los dos círculos de las bases son paralelos entre sí, midiendo 20 cm y 10 cm los diámetros respectivos, la altura del molde es de 30 cm. Con 02 asas y aletas de pie soldados en el cono para facilitar la operación.
- **Barra compactadora.** - barra de acero liso para compactar el concreto, generalmente se utiliza una varilla de 5/8" de diámetro y 60 cm de longitud y puntas esféricas.

**Figura 12** Equipo para el ensayo del revenimiento del concreto.

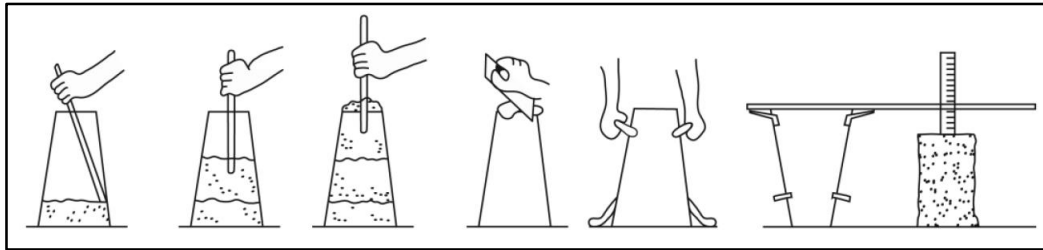


*Nota:* Imagen obtenida de Tecnología del Concreto - (ABANTO CASTILLO, 2009).

### PROCEDIMIENTO DE ENSAYO:

- Entre los ensayos que existen para determinar el revenimiento el más empleado es el cono de Abrams.
- El molde se coloca sobre una superficie plana y humedecida, manteniéndose inmóvil pisando las aletas. Seguidamente se vierte una capa de concreto hasta un tercio del volumen. Se apisona con la varilla aplicando 25 golpes distribuidos uniformemente.
- En seguida se colocan otras dos capas con el mismo procedimiento a un tercio del volumen y consolidando, de manera que la barra penetre en la capa inmediata inferior.
- La tercera capa se deberá llenar en exceso, para luego enrasar al término de la consolidación. Lleno y enrasado el molde, se levanta lenta y cuidadosamente en dirección vertical.
- El concreto moldeado fresco se asentará, y la diferencia entre la altura del molde y la altura de la mezcla fresca se denomina revenimiento.
- Se estima que desde el inicio de la operación hasta el término no deben transcurrir más de dos minutos, de los cuales el proceso de desmolde no toma más de 5 segundos.
- La pérdida de altura que se produce cuando se desmoldea es la medida que define la consistencia o revenimiento.

**Figura 13** Procedimiento de la medición del revenimiento del concreto, según asentamiento en cono Abrams.



Nota: Imagen obtenida de <http://ingcivil.org>

- Los concretos se clasifican por su consistencia en secos, plásticos, blandos y fluidos tal como se indica en la tabla siguiente.

**Tabla 22** Clases de mezclas según su asentamiento.

Consistencia	Revenimiento		Trabajabilidad
	(Pu 1g.)	(Centímetros)	
Seca	0" - 2"	0cm - 5cm	Poco Trabajable
Plástica	3" - 4"	7.5cm - 10cm	Trabajable
Fluida	> 5"	> 12.5cm	Muy trabajable

Nota: Imagen obtenida de Tecnología del Concreto - (ABANTO CASTILLO, 2009).

### 2.2.10 Elaboración y curado de probetas-testigos de concreto.

Para el curado de las Probetas-Testigos de concreto se realizará bajo inmersión total en agua, para evaluar al concreto a los 7, 14 y 28 días.

La presente elaboración teórica esta resguardado bajo las consideraciones de la (N.T.P. 339.033, 2009), Práctica normalizada para la elaboración y curado de especímenes de concreto en campo (Obra).

#### 2.2.10.1 Objetivos.

El objetivo es la elaboración, curado y transporte de probetas cilíndricas representativas del potencial del concreto colocado en obra.

Este procedimiento aplica para cilindros de 4 x 8 pulgadas (10 x 20 cm) usando concreto con un asentamiento  $\geq 1$  pulgada (2.5 cm).

### 2.2.10.2 Equipos.

Serán los siguientes, equipos estandarizados y calibrados.

- **Moldes cilíndricos:** preferente metálico y calibrado de (10 x 20cm).
- **Varilla (Apisonador):** de diámetro  $\varnothing$  (5/8”), Long 500 mm  $\pm$  100 mm, puntas semiesféricas.
- **Mazo de goma:** Peso 600 g  $\pm$  200 g.
- Pala, plancha de albañil, regla para enrasar.
- Carretilla u otro recipiente para muestreo y remezclado.

**Figura 14** Equipos para elaboración de probetas-testigos.



*Nota:* Imagen obtenida de Control de Calidad del Concreto - (GASTAÑADUI RUIZ, 2014).

### 2.2.10.3 Procedimiento.

La mezcla de concreto que se utilizará tendrá que ver de acuerdo a la dosificación del diseño de mezclas que se estipula, esta secuencia se aprecia de mejor manera en el “**Capítulo 3.6.8**” y la toma de datos como la secuencia en el “**Capítulo 3.5.9**” de la presente investigación.

Se deberá proseguir con los siguientes pasos.

- Colocar los moldes cilíndricos en una superficie nivelada, libre de vibraciones, tránsito vehicular o peatonal, y evitando la exposición directa al sol.

**Figura 15** Factores que no debe existir en el lugar de elaboración de las probetas-testigos.

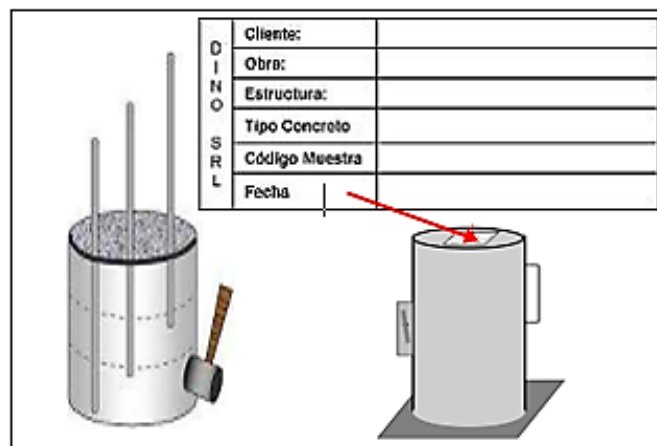


*Nota:* Imagen obtenida de Control de Calidad del Concreto - (GASTAÑADUI RUIZ, 2014).



- Los moldes deben estar calibrados, limpios y cubiertos en el interior con aceite mineral.
- Se deberá humedecer todas las herramientas.
- Llenar y compactar simultáneamente en todos los moldes en tres capas, evitando la segregación de la mezcla, para ello se deberá utilizar un cucharón pequeño (1/2 L) para poder distribuir el material uniformemente alrededor del perímetro del molde.
- Llenar y compactar en tres capas iguales, llenar en exceso la última capa.
- Para cada capa de llenado se deberá realizar lo siguiente: 25 golpes con la varilla o apisonador el cual penetrará hasta 2,5 cm (1") en la capa anterior y 10 a 15 golpes laterales con el mazo de goma.

**Figura 16** Llenado en capas e identificación de un espécimen.



*Nota:* Imagen obtenida de Control de Calidad del Concreto - (GASTAÑADUI RUIZ, 2014).

- Seguidamente el enrazado de cada molde llenado con badilejo o plancha de albañil, (un mal acabado de la cara del cilindro afecta la resistencia del concreto).
- Se deberá identificar los especímenes.

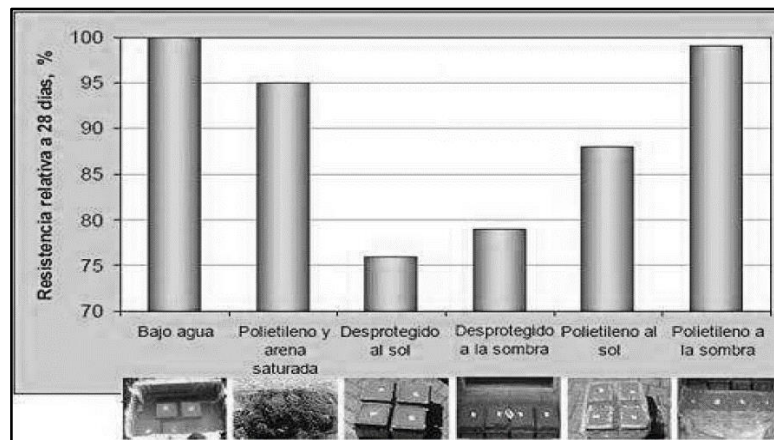
#### 2.2.10.4 Curado estándar de probetas-testigos.

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 obras es usual el empleo de la misma fuente de suministro de agua tanto para la preparación como para el curado.

- Las probetas que evalúan la calidad del concreto se desmoldan antes de las 48 horas después de moldeadas.
- Máximo en 30 min después de desmoldar, colocar las probetas en una solución de agua de cal 3 g/Litro.
- El propósito del curado húmedo es para maximizar la hidratación del cemento.



**Figura 17** Reducción de la resistencia a 28 días, y diferentes curados iniciales (2.5 días).



Fuente: Imagen obtenida de Control de Calidad del Concreto - (GASTAÑADUI RUIZ, 2014).

Las limitaciones para el caso del agua de curado pueden ser menos exigentes que en el caso de la mezcla.

### ¿Por qué añadimos cal a la poza de curado?

- Reducción de la alcalinidad.
- Pérdida de la masa.
- Reducción de la resistencia y rigidez.
- La adición de cal al agua busca subirle el PH hasta un rango de 13 o 14 para que no le quite cal al concreto (evita lixiviación).

**Figura 18** Curado de probetas-testigos.



Nota: Imagen obtenida de fuente propia.





### 2.2.10.5 Precauciones de probetas-testigos en su manipulación y transporte.

Se deberá tratar de cuidar en lo posible a cada probeta-testigo, en su manipulación y transporte ya que estos factores causarían pérdida significativa en la resistencia del concreto.

Para ello se da las siguientes precauciones:

- Durante su manipulación no deberá astillarse las aristas de las probetas-testigos, ni golpearse.
- Si se envía probetas a un laboratorio lejano estas no deben ser transportadas por más de 4 horas.
- Las probetas-testigos deben ser amortiguados durante el transporte y manipulados con cuidado en todo momento.
- Los rodamientos y choques en la parte trasera de una camioneta o carro pueden ocasionar más de un 7% de pérdida de resistencia.

**Figura 19** Actos indebidos en la manipulación y transporte de probetas-testigos.



*Nota:* Imagen obtenida de Control de Calidad del Concreto - (GASTAÑADUI RUIZ, 2014).

### 2.2.11 Determinación del esfuerzo a la compresión en probetas-testigos de concreto.

Para este caso adoptaremos a la Norma (N.T.P. 339.034, 2013), donde determinaremos el esfuerzo de compresión axial con especímenes cilíndricos de concretos moldeados.

Determina la resistencia a la compresión de testigos cilíndricos de concreto para concretos con pesos unitarios superiores a  $800 \text{ kg/m}^3$ .

Consiste en aplicar una carga axial de compresión a testigos preparados a una velocidad de carga prescrita, hasta que se presente la falla. La resistencia a la compresión del espécimen se determina dividiendo la carga aplicada durante el ensayo por la sección transversal de éste.

Los resultados a la compresión obtenidos pueden depender de forma y el tamaño del espécimen la pasta del cemento los procedimientos de mezcla, los métodos de muestreo, fabricación y la edad y las condiciones de humedad durante el curado.

### 2.2.11.1 Equipos a usar.

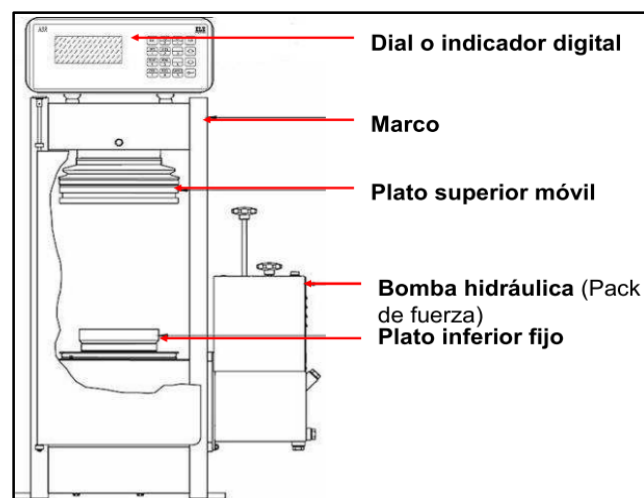
- **Máquina de Ensayo.** - La máquina de ensayo deberá tener la suficiente capacidad para abastecer el índice de cargas solicitadas de forma constante.

**Figura 20** *Máquina de compresión axial.*



*Nota:* Imagen obtenida de fuente propia.

**Figura 21** *Partes principales de máquina de compresión axial*



*Nota:* Imagen obtenida de Control de Calidad del Concreto - (GASTAÑADUI RUIZ, 2014)

- Se debe calibrar la máquina o equipo por lo menos cada 13 meses.
- Se deberá operar mecánicamente y aplicar la carga de una manera continua y no en forma intermitente, y sin choques.
- El porcentaje de error permitido para máquinas de ensayo no deberá exceder el  $\pm 1.0\%$  de la carga indicada.



**Equipo adicional.** - Está compuesto de los siguientes materiales:

- Escuadras metálicas. - Deben ser como mínimo de 30cm. de longitud, para chequear la perpendicularidad.
- Equipo de láminas graduadas. - El cual está provisto de láminas de espesor determinado que sirve para chequear la horizontalidad y las depresiones en las caras del espécimen de concreto.
- Cinta métrica. - Dispositivo para medir (cinta métrica 03m).
- Vernier. - Se lo utiliza para medir el diámetro del cilindro, con una aproximación de 0.25mm.

### 2.2.11.2 Muestras o probetas-testigos de concreto.

Las probetas cilíndricas de concreto deberán cumplir con lo siguiente:

- Medir dos diámetros en ángulo recto en la parte media de la altura del espécimen, con una aproximación de 0.25 mm. “sí un diámetro difiere del otro en más del 2% los especímenes no serán probados”
  - Chequear que el eje axial de perpendicularidad y los extremos planos del espécimen, no se alejen más de  $0.5^\circ$  (1 mm en 100 mm).
  - Los especímenes que no tengan sus extremos planos dentro de 0.05 mm se pulirán, esmerilarán o capearán.

**Figura 22** *Medición del diámetro, chequeo de la perpendicularidad, verificación de la horizontalidad y altura de briquetas.*



*Fuente:* Imagen obtenida de [www.utpl.edu.ec/aci](http://www.utpl.edu.ec/aci)

La longitud o altura del espécimen, deberá ser medida con precisión de 1mm. En tres lugares espaciados alrededor de la circunferencia.

### 2.2.11.3 Procedimiento.

1. Empezar el ensayo tan pronto como el espécimen ha sido retirado de la cámara de curado y conservar sus condiciones de humedad.

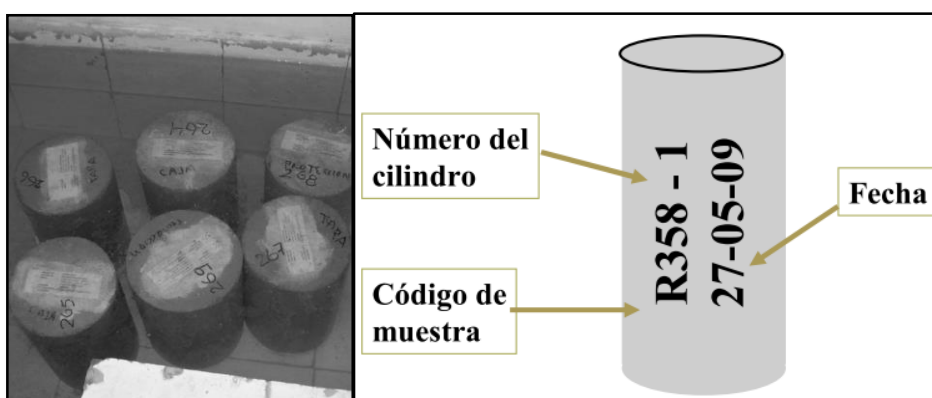
**Tabla 23** Tolerancia permisible de tiempo de ensayo.

Edad	Tolerancia permisible de tiempo de ensayo
24 Hrs	$\pm 0.5$ h o` 2.1 %
3 días	2 h o` 2.8%
7 días	6 h o` 3.6 %
28 días	20 h o` 3.0 %
90 días	2 días o` 2.2%

Fuente: Imagen obtenida de Norma Técnica Peruana - (N.T.P. 339.034, 2013).

2. Las Probetas-Testigos deben estar siempre identificadas antes de refrendarlas o almorhadarlas.
3. No se debe permitir que las probetas-testigos se sequen antes de la prueba.
4. Seguidamente se prepara y acondiciona las probetas para conseguir una distribución uniforme de carga.

**Figura 23** Probetas-testigos recién retirados de la cámara de curado e identificación.



Fuente: Imagen obtenida de Control de Calidad del Concreto - (GASTAÑADUI RUIZ, 2014).

**Figura 24** Preparación y acondicionamiento de probeta-testigos con capping.



*Fuente:* Imagen obtenida de Control de Calidad del Concreto - (GASTAÑADUI RUIZ, 2014).

**Figura 25** Preparación y acondicionamiento de probeta-testigos con almohadillas de neopreno.

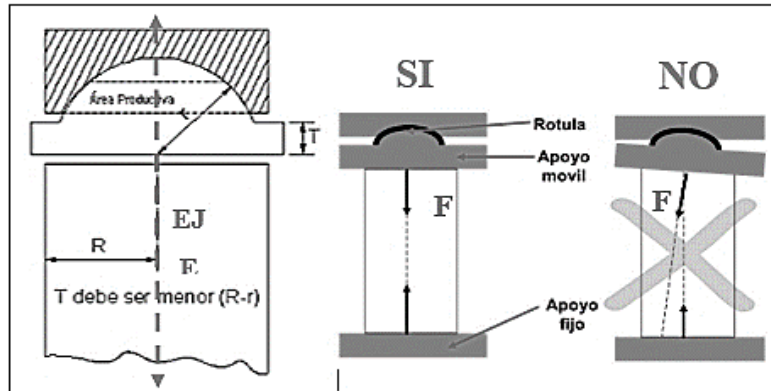


*Fuente:* Imagen obtenida de Control de Calidad del Concreto - (GASTAÑADUI RUIZ, 2014).

5. Para conseguir la distribución uniforme de carga se usa cualquiera de estas dos formas (Figura 22) o (Figura 23) según sea la cualidad de la probeta-testigo de concreto.
6. Limpiar la superficie superior e inferior de los soportes (platos) de la prensa como de las probetas testigos.
7. Colocar el espécimen en el bloque de soporte (Plato) inferior.
8. Alinear y/o centrar los ejes del espécimen con el centro del bloque de empuje superior (soporte con cabeza movable).

9. Antes del ensayo, ninguna base de las probetas-testigos de ensayo, se apartarán de la perpendicularidad a los ejes por más de  $0.5^\circ$  (1 en 100 mm).

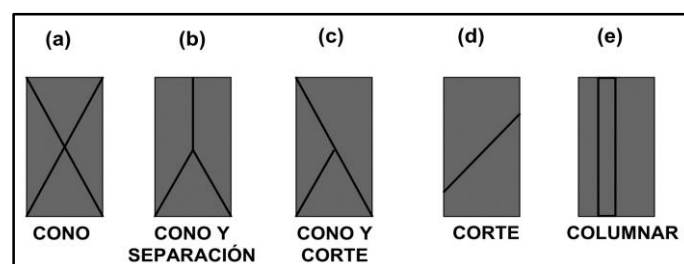
**Figura 26** Alineamiento de probeta-testigo y máquina de compresión axial.



Fuente: Imagen obtenida de Control de Calidad del Concreto - (GASTAÑADUI RUIZ, 2014).

10. Verificar que el indicador de carga se encuentre en cero.
11. Mover el bloque de soporte inferior lentamente para poner el espécimen en contacto con los platos de compresión de la prensa.
12. Aplicar carga continuamente (sin choque) con un rango de velocidad de  $0.25 \pm 0.05$  MPa/s, para equipos modernos de 14 a 53 MPa/s
13. En el tablero digital o dial, debe de controlarse que la fuerza aplicada por el plato superior móvil este lo más cercano posible al eje axial.
14. La carga hasta completar la rotura debe ser axial, ver (Figura 24)  
Aplicar la carga hasta que el espécimen falle.
15. Registrar la máxima carga soportada por el espécimen.
16. Anotar el tipo de fractura y la apariencia del concreto.

**Figura 27** Tipos de falla de una probeta-testigo de concreto.





*Fuente:* Imagen obtenida de Adoptado de la Norma (N.T.P. 339.034, 2013).

#### 2.2.11.4 Cálculo y corrección de resultados:

El promedio de la resistencia de cilindros en condiciones de campo de la misma muestra no debe variar en más de 8% para 2 resultados y en más de 9.5% para tres resultados.

Si la relación entre la Longitud o altura de la probeta dividido entre su diámetro (L/D) es mayor a 1.75 entonces calcúlese solo la resistencia a la compresión, dividiendo la carga máxima soportada por el espécimen durante el ensayo, por el promedio de su área de sección transversal. Si la relación entre la Longitud o altura de la probeta dividido entre su diámetro (L/D) es menor o igual a 1.75, entonces el valor calculado de esfuerzo se deberá multiplicar por el factor de corrección determinado en la (Tala 24) o de lo contrario interpolar.

**Tabla 24** *Factor de corrección según la relación l/d.*

L/D	1.75	1.5	1.25	1
Factor	0.98	0.96	0.93	0.87

*Fuente:* Imagen obtenida de Técnica Peruana (N.T.P. 339.034, 2013).

#### 2.2.11.5 Cálculos de la resistencia a la compresión del concreto.

Calcular la resistencia a la compresión mediante la siguiente expresión.

$$R_c = \frac{P}{A}$$

Donde:

R<sub>c</sub>= Resistencia o Esfuerzo a la compresión del espécimen (Kg/cm<sup>2</sup>).

P= Máxima carga aplicada en Peso (kg).

A= Área de la cara circular axial del espécimen (cm<sup>2</sup>).

**Figura 28** *Especimen colocado en la máquina de ensayo, válvula de inyección de aceite y reporte de la falla.*



*Fuente:* Imagen obtenida de fuente propia

### **2.2.11.6 Mecanismo de falla de una probeta testigo.**

Las propiedades mecánicas definen la capacidad del material para resistir acciones externas o internas que implican la aplicación de fuerzas sobre el mismo.

En este caso, la resistencia a la compresión axial o un axial (longitudinal) se mide en una prensa hidráulica que registra el esfuerzo compresor aplicado sobre una probeta-testigo de material en una dirección del espacio, y la deformación lineal inducida en esa misma dirección.

El mecanismo de falla de una probeta-testigo ocurre por la aplicación de fuerza constante realizada en la máquina de compresión axial, sabemos que todo cuerpo tiene resistencia a la deformación hasta cierto límite pasado este punto el cuerpo falla o se quiebra.

#### **2.2.11.6.1 Deformación lineal.**

Es igual al cambio de longitud experimentado por la longitud original de la probeta, Verificar (Figura 40).

$$\epsilon_l = \frac{l_1 - l_0}{l_0} = \frac{\Delta l}{l_0}$$

Donde:

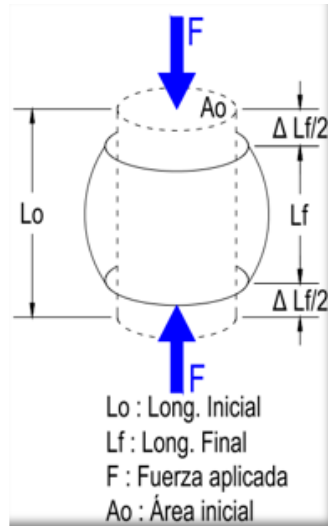
$l_0$  (m): es la longitud original

$l_1$  (m): es la longitud final.

$\Delta L$  (m) es la variación de longitud de la probeta.

**Figura 29** *Mecanismo de falla de una probeta-testigo.*





*Fuente:* Imagen obtenida de Propia.

De acuerdo a la ilustración esquemática de cómo una carga de compresión produce una contracción, por lo tanto, la DEFORMACIÓN LINEAL es negativa. Puesto que al comprimir “Lo” es siempre mayor que “Lf”.

#### **2.2.11.6.2 Porqué se fractura una probeta testigo.**

De acuerdo al esquema de la (Figura 27) se produce la contracción aplicada por una fuerza constante en donde el espécimen empieza a achatarsse y expandirse en los costados.

Para producirse la fractura, la acción de la fuerza (esfuerzo) busca en el espécimen a la partícula más débil de acuerdo al siguiente esquema, empezando del:

- 1) Aire.
- 2) Agentes orgánicos.
- 3) Arcillas.
- 4) Pizarra.
- 5) Lutitas.
- 6) Otras partículas de resistencia débil.

De tal forma que el esfuerzo aplicado encuentra a estos agentes hasta producir la fractura o falla del espécimen.

La deformación inducida sobre un cuerpo es debida a la acción de un campo de fuerzas exteriores puede ser elástica o plástica. La deformación es elástica cuando el cuerpo recupera su forma y volumen iniciales una vez cesada la acción de las fuerzas externas. En caso contrario, la deformación es plástica (esto es, si la deformación persiste en parte). El que la



deformación sea elástica o plástica depende de la naturaleza del cuerpo, de la temperatura, y del grado y tasa (velocidad) de deformación al que ha sido sometido.

### 2.2.11.6.3 Comportamiento mecánico de una probeta testigo.

Para estudiar el comportamiento mecánico de los materiales, se recurre a la experimentación sometiendo a los mismos a esfuerzos progresivos y registrando la deformación resultante.

Este comportamiento constituye la LEY DE HOOKE, que aplica solo para pequeñas deformaciones, hasta un límite denominado límite de proporcionalidad, representado en la (Figura 28)

$$E = \frac{\sigma_l}{\epsilon_l}$$

Donde:

$E$  (kg/cm<sup>2</sup>): Módulo de Young o módulo de elasticidad

$\sigma_l$  (kg/cm<sup>2</sup>): Esfuerzo a la Compresión

$\epsilon_l$  (adimensional): Deformación.

Donde el módulo de elasticidad ( $E$ ) es positivo ( $\sigma_l$  y  $\epsilon_l$  son negativos) y presenta las mismas dimensiones por compresión.

Siendo el Módulo de Elasticidad del concreto ( $E$ ) de acuerdo a la siguiente expresión:

$$E = 15000x\sqrt{f'c}$$

Donde:

$E$  (kg/cm<sup>2</sup>): Módulo de Young o módulo de elasticidad

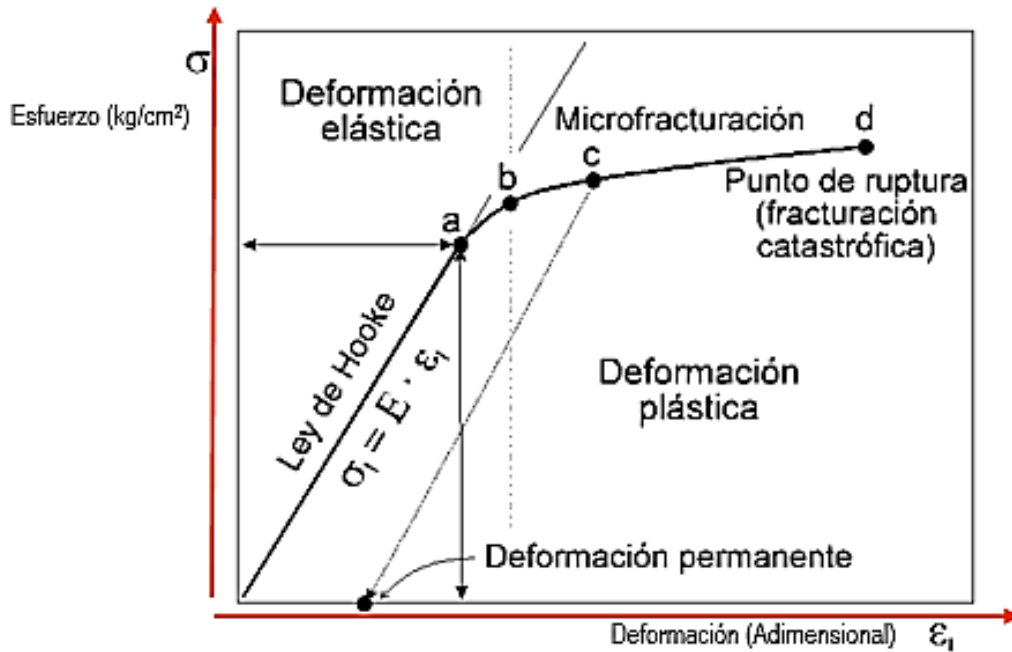
$F'c$  (kg/cm<sup>2</sup>): Esfuerzo a la Compresión.

Si:  $F'c: 175 \text{ kg/cm}^2 \rightarrow 1.98 \times 10^5 \text{ kg/cm}^2$ .

$F'c: 210 \text{ kg/cm}^2 \rightarrow 2.17 \times 10^5 \text{ kg/cm}^2$ .

$F'c: 280 \text{ kg/cm}^2 \rightarrow 2.51 \times 10^5 \text{ kg/cm}^2$ .

**Figura 30** *Curva esfuerzo deformación para compresión, con ilustración de los tramos elástico y plástico.*



Fuente: <http://www.ugr.es/~agcasco/personal/restauracion/teoria/TEMA05.htm>

### Interpretación:

- En este tramo, el comportamiento del material es elástico, esto es, si se disminuye el esfuerzo aplicado lentamente, se recorre el mismo tramo de la curva en sentido contrario, hasta alcanzar el punto de origen donde el esfuerzo y la deformación son nulos.
- El límite en el que el comportamiento del material deja de ser elástico se denomina límite elástico, representado por el punto **b**.
- Al aumentar el esfuerzo y superarse el límite elástico (punto **b**), la deformación aumenta rápidamente y es en parte permanente. Así, si se disminuye el esfuerzo aplicado lentamente a partir del punto **c** de la curva, se recorrerá el trayecto indicado por una flecha de puntos hasta alcanzar el punto donde el esfuerzo es nulo, pero existe una cierta deformación permanente (el cuerpo no recupera su longitud original).
- Al seguir aumentando el esfuerzo se llega finalmente al punto **d**, denominado punto de ruptura, donde el cuerpo experimenta una fracturación catastrófica por cizalla o fisuración extensional. Este punto de ruptura define, en términos del esfuerzo compresivo, la resistencia a la compresión (**R**).

La resistencia a la compresión de los materiales de construcción es muy variable, oscilando desde materiales:



- Muy débiles ( $<70 \text{ kg/cm}^2$ )
- Débiles ( $70\text{-}200 \text{ kg/cm}^2$ )
- Moderadamente resistentes ( $200\text{-}700 \text{ kg/cm}^2$ )
- Fuertes ( $700\text{-}1400 \text{ kg/cm}^2$ ) hasta
- Muy fuertes ( $>1400 \text{ kg/cm}^2$ ).

### **2.2.12 Temperatura del concreto fresco.**

La temperatura integral de la composición de hormigón fresco será determinada por la sumatoria de la temperatura de cada uno de sus componentes de acuerdo a las proporciones que se integren a la mezcla. De acuerdo a la United States Bureau of Reclamation, USBR, (1975), la temperatura es estimable por aproximación siempre y cuando se tenga conocimiento de los valores de temperatura y cantidades aportadas.

De acuerdo a investigaciones anteriores realizadas respecto a la elevación de temperatura del hormigón a  $10^\circ\text{C}$  de lo normal, nos reporta un menor asentamiento inicial; del mismo modo si en el concreto se eleva  $10^\circ\text{C}$  de temperatura, entonces se requiere entre 4 y  $6 \text{ kg/m}^3$  de agua para poder adquirir un asentamiento uniforme. La instalación del concreto debe realizarse dentro de un intervalo de temperaturas de  $13^\circ\text{C}$  y  $32^\circ\text{C}$ . Si se conserva las temperaturas mínimas establecidas por un lapso de tiempo de 3 días, se obtendrá las propiedades ideales requeridas (Rivva, 2010).

En el presente trabajo de investigación será tomada la NTP 339.184 2023.

### **2.2.13 Puzolanas**

Según (Blanco.F, 2000) las puzolanas son materiales naturales o artificiales que contienen sílice y/o alúmina. No son cementosas en sí, pero cuando son molidos finamente y mezcladas con cal, la mezcla fraguará y endurecerá a temperaturas normales en presencia de a para, como el cemento. Las puzolanas pueden reemplazar de 15 a 40% del cemento portland sin reducir significativamente la resistencia del concreto. Básicamente hay dos tipos de puzolana, llamadas puzolanas naturales y artificiales.

- Las puzolanas naturales esencialmente son cenizas volcánicas de actividades volcánicas geológicamente recientes. Las puzolanas artificiales son el resultado de diversos procesos industriales y agrícolas, generalmente como subproductos.
- Las puzolanas artificiales más importantes son arcilla cocida, cenizas de combustible pulverizado, escoria de altos hornos granulada y molida y ceniza de cascara de arroz.



### **2.2.13.1 Puzolanas naturales.**

Según (Alejandro, 2002) los materiales denominados puzolanas naturales pueden tener dos orígenes distintos, uno puramente mineral y otro orgánico.

### **2.2.13.2 Puzolanas naturales de origen mineral**

Son productos de transformación del polvo y “cenizas” volcánicas que, como materiales piroclásticos incoherentes procedentes de erupciones explosivas, ricos en vidrio y en estado especial de reactividad, son aptos para sufrir acciones endógenas (neolitización y cementación) o exógenas (agilización), de las cuales las primeras son favorables y las segundas desfavorables.

Por una continuada acción atmosférica (meteorización) se convirtieron en tobas, esto es en rocas volcánicas, más o menos consolidadas y compactas, cristalinas, líticas o vítreas, según su naturaleza.

El origen volcánico de las puzolanas naturales es determinante de su estructura. La estructura de las rocas, que se han originado por el enfriamiento de grandes masas de lava que han fluido completamente, depende de la velocidad en que se ha producido el fenómeno.

### **2.2.13.3 Puzolanas naturales de origen orgánico.**

Son rocas sedimentarias abundantes en sílice hidratada y formada en yacimientos o depósitos que en su origen fueron submarinos, por acumulación de esqueletos y caparazones silíceos de animales (infusorios radiolarios) o plantas (algas diatomeas). Los materiales puzolánicos naturales están constituidos principalmente por rocas eruptivas y en particular efusivas y volcánicas, y dentro de éstas, por extrusivas, salvo las de naturaleza orgánica que son de origen y formación sedimentaria.

### **2.2.14.4 Puzolanas artificiales.**

Según (Alejandro, 2002), se definen éstas como materiales que deben su condición de tales a un tratamiento térmico adecuado. Dentro de esta condición cabe distinguir dos grupos.

I. El formado por materiales naturales solicitadas de naturaleza arcillosa y esquistosa, que adquieren el carácter puzolánico por sometimiento a procesos térmicos “exprofeso”, a estos grupos pueden asimilarse, por su analogía, las puzolanas designadas como mixtas o intermedias, o semi artificiales, es decir, aquellas, naturales que por su origen se mejoran por un posterior tratamiento. Representantes típicos de este grupo son el polvo de ladrillo obtenido de productos de desecho de la cerámica de alfarería y las bauxitas naturales.

II. El constituido por subproductos de determinadas operaciones industriales, que, en virtud de su naturaleza y de las transformaciones sufridas en las mismas, adquieren las propiedades puzolánicas.

### 2.2.13.5 Clasificación de las puzolanas.

Las puzolanas se clasifican en dos grupos, como son:

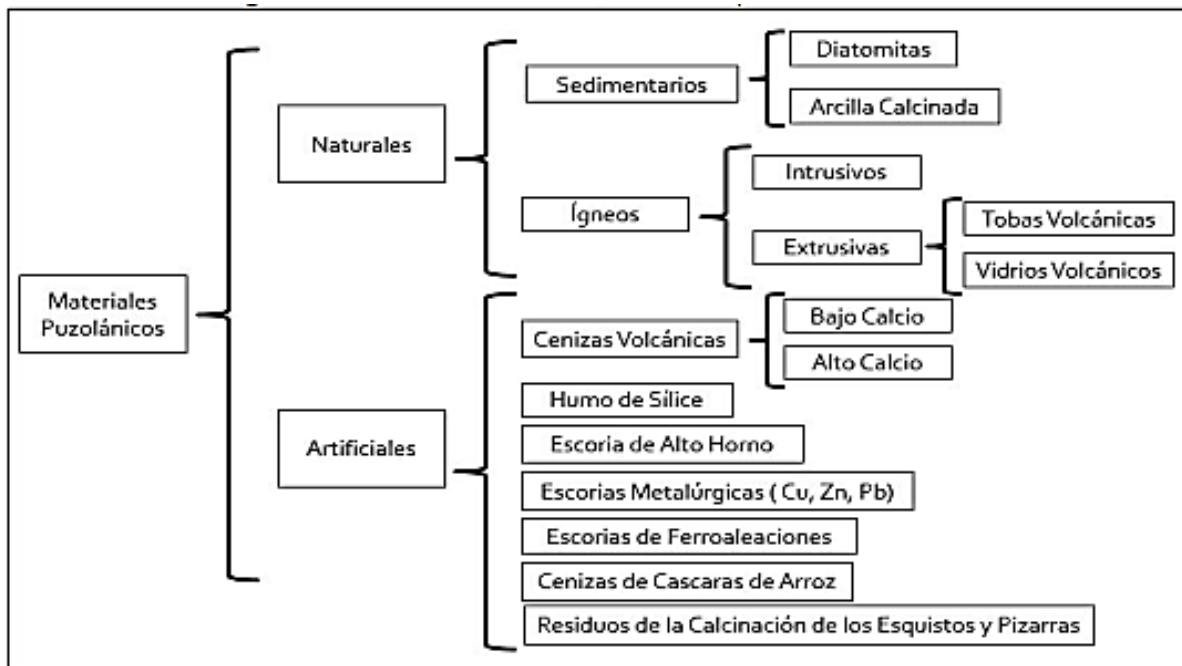
- **Puzolanas Naturales:**

Cenizas volcánicas, Tufos o tobas volcánicas (zeolitas), Tierras de diatomeas (diatomitas)

- **Puzolanas Artificiales:**

Cenizas volantes, Arcillas activadas térmicamente, Micro sílice (sílice fume), Cenizas de cáscara de arroz También están otro grupo de puzolanas, escoria de Alto Horno y Filler.

**Figura 31** Clasificación de los materiales puzolánicos.



*Nota:* Imagen obtenida de Clasificación de las puzolanas y Definición de puzolanas, Texto Elaborado por Alejandro Salazar.



**Tabla 25** Ventajas de las puzolanas en los cementos puzolánicos.

<b>A. En la resistencia mecánica</b>	<b>E. En la plasticidad</b>
A.1 A largo plazo, al prolongar el período de endurecimiento	D.1 Rebajando la relación a/c
A.1.1 A tracción	D.2 Reduciendo la segregación
A.1.2 A compresión	D.3 Evitando la exudación y el sangrado
A.1.3 Mejor relación tracción - compresión	
<b>B. En la estabilidad</b>	
B.1 Frente a la expansión por cal libre	<b>F. En la impermeabilidad</b>
B.2 Frente a la expansión por sulfatos	F.1 Reduciendo la porosidad
B.3 Frente a la expansión por la reacción álcalis - agregado	F.2 Evitando la formación de eflorescencias
B.4 Frente a la retracción hidráulica de secado, por la menor relación a/c	F.3 Produciendo la mayor cantidad de Tobermorita
B.5 Frente a la retracción térmica por enfriamiento	
B.6 Frente a la fisuración	
<b>C. En la durabilidad</b>	
C.1 Frente a ataques por agua puras y ácidas	<b>G. En la adherencia</b>
C.2 Frente a ataques por aguas y suelos sulfatados	G.1 Del agregado a la pasta
C.3 Frente a ataques por agua de mar	G.2 Del mortero a las armaduras
C.4 Frente a ataques por gases de descomposición y fermentación de materias orgánicas	<b>H. En el comportamiento térmico</b>
C.5 Frente a la desintegración.	H.1 Al liberar menor calor de hidratación
<b>D. En el rendimiento y la economía</b>	H.2 Al producir menor elevación de temperatura
D.1 Al corresponder a los cementos puzolánicos mayor volumen que a peso	<b>H. En el comportamiento térmico</b>
D.2 Al ser los cementos puzolánicos, en general, conglomerantes más baratos	H.1 Al liberar menor calor de hidratación
	H.2 Al producir menor elevación de temperatura

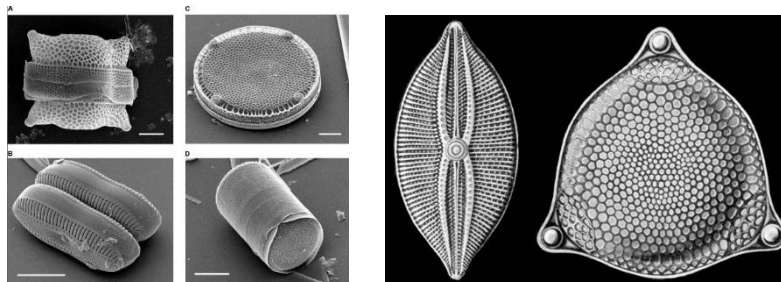
*Nota:* imagen obtenida de Puzolanas Naturales Texto Elaborado por Alejandro Salazar J.

#### 2.2.14 Diatomita.

Es un mineral no metálico compuesta mayormente y fundamentalmente por SiO<sub>2</sub>(óxido de sílice) originada por la petrificación de microorganismos acuáticos, que se encuentra en la naturaleza. Las diatomitas son rocas formadas por acumulación de sedimentos silíceos de fino grano, constituidas durante la aglomeración de frústulas de diatomeas, que se componen de

ópalo (sílice amorfa), provienen de ambientes sedimentarios poco profundos y extensos, muy abundante en casi todos los habitats acuáticos, en agua salada o dulce de acuerdo a la especie, en el que existe una lenta acumulación de sedimentos clásticos, en la que el agua tiene una concentración rica en nutrientes y sílice (Díaz y Ramírez, 2009, pág. 140). La diatomita posee unas propiedades químicas y físicas la cual le permite usarse en diversas aplicaciones en la ingeniería, que no le son permisibles en otro tipo de mineral compuesto de sílice. Su baja densidad, estabilidad química, alta capacidad de adsorción, baja capacidad de abrasión, gran área superficial y su particular estructura, hacen que el material se usado como relleno, ayuda filtrante, aislador térmico, soporte en cromatografía, agente pulidor y abrasivo, fuente de sílice, así como un aditivo apropiado para diversos y numerosas aplicaciones industriales (Verdeja, García, Vázquez, Barranzuela y Pastor, 1992, pág. 427).

**Figura 32** Formas de la diatomita (simetría bilateral, radial, reticulada, variantes)



Nota: Imagen obtenida de INGEMMET - Instituto Geológico Minero y Metalúrgico.

**Tabla 26** Propiedades físicas de la diatomita

Dureza	4.5 a 5.0 Mohs (sin calcinar); 5.5 a 6.0 (calcificada)
Peso específico	2.0 gr/cm <sup>3</sup> (sin calcinar); 2.3 gr/cm <sup>3</sup> (calcificada)
Área superficial	10 a 30 m <sup>2</sup> /g (sin calcinar); 0.5 a 5 m <sup>2</sup> /g (calcificada)
Índice de refracción	1.40 a 1.46 (sin calcinar); 1.49 (calcificada)
Gravedad específica	1.90 - 2.35
Punto de fusión	1400°C y 1750°C
Contenido humedad	10 a 60% (Varía de acuerdo a su depósito)

Fuente: Imagen obtenida de Tesis: “Estudio experimental del empleo de la diatomita Arequipa”. Rodrigo y Torres (2019, pág. 14).





Para Zapata (2019, pág. 26) la diatomita posee una insólita composición y estructura química por lo que los más de 300 usos industriales y aplicaciones son variables, y está supeditados a la calidad de la diatomita, la principal aplicación es cuando son usadas para filtros, el uso como material filtrante está supeditado a diversos factores y su composición. En la industria de la construcción, se usa a la diatomita como sustancia que se añade al concreto, como aditivo (Lui, Wu, Wang, Yang, 2021); ya que por su homogeneidad ayuda a mejorar facilitando su manipulación, asimismo ayuda a disminuir el uso desmedido de agua que se vierte en la elaboración de mezcla y evitan la segregación, e intensifican su impermeabilidad.

Se emplean en la elaboración de cal o cemento, estucos con yeso, así como para la producción de ladrillos, tejas, prefabricados livianos como placas, baldosas, etc. Asimismo, se usan como componente industrial para la elaboración de varios productos como: jabones, caucho, neumáticos, empaquetaduras, guantes, tabletas de pastilla medicinales, así mismo por su capacidad de absorción alta se emplea como agente portador de pesticidas, como insecticidas, fertilizantes.

#### **2.2.11.1 Depósitos de diatomita en Perú.**

En el territorio nacional la formación de yacimientos o depósitos sedimentarias marinas de diatomitas se sitúan en diversos puntos en la costa y en zonas interandinas. Las exploraciones efectuadas en las últimas décadas certifican la ubicación de depósitos con acumulación de sedimentos marinos en la franja costera del Perú, así como en determinados yacimientos en el continente sudamericano, conformados a lo largo del periodo Terciario superior, donde predominaron con las situaciones propicias para la proliferación de los ópalos de diatomita (gallegos y Quispe, 2019, pág. 25). En la franja costera las diatomitas son de origen marinas miocénicas, que han proliferado en el departamento de Piura (Norte) e Ica (Sur), formando paquetes sedimentarios en amplias áreas regionales (formaciones Zapallal, Cueva del Inca, Pisco, Chilcatay, etc.). De la información bibliográfica se indican que las mayores porciones de las diatomitas contienen y están vinculadas con los yacimientos de roca fosfórica. En la sierra las diatomitas son lacustres o lagunares, se sitúan en los departamentos de Arequipa, Ayacucho, Ancash y Junín, la cual se conformaron durante el Terciario superior. (Díaz y Ramírez, 2009, pág. 142). En la figura 2, se muestra los depósitos de diatomitas en Perú.

#### **2.2.11.2 Características químicas y físicas.**

Se presentan tablas de las características químicas y físicas de yacimientos de diatomita en Perú, estudiadas por Verdeja, García, Vázquez, Barranzuela y Pastor (1992, pág. 430). En la cual los investigadores analizaron y documentaron las posibilidades y el potencial de desarrollo de las diatomitas desde el año 1986, efectuando estudios comparando y midiendo las características mineralógicas y físicoquímicas de las diatomitas oriundas de Bayóvar, Ocucaje, Ayacucho y Arequipa. Detallándose en la Tabla 27 y 28.

**Tabla 27** Análisis químico - Principales yacimientos de diatomitas de Perú.

Yacimiento	Componentes %							
	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	PxC
AI Bayovar (Sondeo B-63) area I	65.5	2	1.3	9.6	3.3	1.9	0.5	14.8
CI-D Bayóvar (Cueva el Inca) Área III	77.7	3.4	2.1	2.2	1.4	3.2	0.8	8.44
CD-I Bayóvar (Estación S-8) Área II	58.3	3.3	1.1	2.7	2.3	9.2	0.9	22.5
M1A Ocucaje Punto M1	73.8	9.7	3	2.9	1.2	1.8	1.3	4.66
M2B Ocucaje Punto M2	65.2	16.7	4	1.1	3	1.7	1.9	6.57
A1A Ayacucho	87	3.1	1	1.5	0.6	0.3	0.5	4.15
A2B Ayacucho	90.7	2.1	1	1.2	0.6	0.3	0.4	3.75
ARQ Arequipa (El Solitario)	86.2	5.9	1.7	1.2	0.6	N.D.*	N.D.*	3.8
FOSILITE #24	88.4	1.5	1.1	1.1	0.4	0.4	0.3	6.33

*Nota:* Imagen obtenida de “Estudio de las diatomitas del Perú”. Verdeja, García, Vázquez, Barranzuela y Pastor (1992).

**Tabla 28** Características físicas de los principales yacimientos de diatomitas de Perú.

Yacimiento	AL	CI-D	DC-I	M1A	M2B	A1A	A2B	ARQ
Densidad real (g/cm <sup>3</sup> )	2,39	2,35	2,26	2,51	2,51	2,25	2,22	2,12
Densidad global (g/cm <sup>3</sup> )	0,45	0,52	0,38	0,53	0,59	0,41	0,36	0,40
Porosidad total (%)	81,04	77,77	83,24	78,77	76,43	81,54	83,76	80,90
Sup. esp. (Hg, m <sup>2</sup> /g)	8,2	29,8	13,5	11,1	7,3	11,2	11,3	N.D.*
Sup. esp. (N <sub>2</sub> , m <sup>2</sup> /g)	12,2	29,8	11,1	21,4	11,7	23,2	19,8	N.D.*

*Nota:* Imagen obtenida de “Estudio de las diatomitas del Perú”. Verdeja, García, Vázquez, Barranzuela y Pastor (1992).



### 2.2.11.3 Calcinación de la diatomita

- **Calcinación**

El polvo de diatomita natural es calcinado por tratamiento térmico en calcinadores rotatorios, con o sin agente fundente. La calcinación se utiliza para ajustar la distribución de tamaño de partícula para usarse como filtro ayuda. Autor subsecretaria de minería.

- **Con fundente**

El ajuste adicional del tamaño de partícula es por la adición de un fundente entre 2 y 8%, usualmente sosa cáustica, cloruro de sodio o hidróxido de sodio, antes de la calcinación. El fundente agregado sinteriza las partículas de diatomita e incrementa el tamaño de la partícula, permitiendo de este modo una tasa de flujo incrementada durante la filtración del líquido. Para los grados calcinados, el polvo se calienta en grandes calcinadores rotatorios al punto de fusión incipiente, y así, en estricto sentido técnico, el proceso es sinterización más que calcinación. El material que sale del horno se muele adicionalmente y se clasifica. Los productos resultantes son llamados “calcinados con fundente”. La calcinación con fundente produce una sustancia blanca, coloreada por la conversión de fierro a un complejo de silicatos de sodio-aluminio-fierro más que al óxido. La temperatura alcanza hasta 1,200°C.

- **Sin fundente**

Las temperaturas típicas de operación del calcinador oscilan entre 650°C y 1,200°C produciendo grandes partículas con grandes poros y pequeñas áreas superficiales; ajustando la distribución del tamaño de la partícula. Para grados calcinados directamente, el polvo es calentado en grandes calcinadores rotarios.



### 2.3 Marco conceptual

**Absorción:** Líquido que se retiene en un material después de estar expuesto a él durante un período determinado (como suelo, rocas, madera, etc.)

**Agregado:** Material compuesto por pequeños fragmentos de minerales como arena, grava, escoria o roca que han sido triturados y se utilizan en diferentes tamaños para ser mezclados

**Agregado fino:** Se refiere a materiales como arena o piedra natural que han sido triturados en fragmentos pequeños y que tienen un tamaño menor a 4.75 mm, pasando por el tamiz Nro. 4. Además, para cumplir con los estándares establecidos en la NTP 400.037, deben estar dentro de ciertos límites específicos

**Agregado grueso:** El agregado grueso es aquel que queda retenido en el tamiz N°4 (4.75mm) y proviene de la desintegración natural o mecánica de las rocas. Este material debe cumplir con los límites establecidos en la NTP 400.037 para poder ser utilizado en la elaboración de concreto.

**Aglomerante:** Material que, debido a efectos físicos o transformaciones químicas, es capaz de unir partículas de material inerte.

**Análisis granulométrico o mecánico:** Se refiere al proceso para obtener información sobre la distribución de tamaños de las partículas en un material, mediante la medición de la cantidad de material presente en cada tamaño de partícula.

**Análisis de precios unitarios:** El análisis de precio unitario se refiere al cálculo del costo de una actividad específica por unidad de medida seleccionada. Por lo general, involucra la evaluación de los costos de los materiales, la mano de obra, los equipos y las herramientas necesarias para realizar la actividad en cuestión

**Cantera:** Un depósito natural de materiales adecuados para ser utilizados en la construcción, mejora, rehabilitación y/o mantenimiento de carreteras

**Concreto:** Una combinación de sustancias, como cemento Portland, agua y agregados fino y grueso, que se mezclan para formar un material homogéneo. En algunos casos, se pueden agregar aditivos a la mezcla para mejorar ciertas propiedades o características

**Cono de Abrams:** Un cono trunco de metal resistente a la pasta de cemento que se utiliza para medir la consistencia de la mezcla de concreto fresco, también conocido como cono de asentamiento o revenimiento.



**Contenido de humedad:** Se refiere al porcentaje de agua que es retenido por un material después de estar expuesto a ciertas condiciones, en relación a su masa original (incluyendo la sustancia seca y cualquier humedad presente). Este valor se expresa como un porcentaje y se utiliza para evaluar la capacidad de un material para absorber agua

**Cuarteo:** Procedimiento de reducción de la cantidad de una muestra.

**Curado de concreto:** El curado es la acción de manejar las condiciones ambientales, particularmente la temperatura y la humedad, durante el proceso de fraguado y endurecimiento del concreto o mortero para asegurar un adecuado desarrollo de las propiedades del material

**Curva granulométrica:** Se refiere a un diagrama que muestra la distribución de tamaños del agregado utilizado en la construcción, a través de una representación gráfica en la que se utilizan los logaritmos de las aberturas de los tamices en el eje horizontal y los porcentajes que pasan o se retienen en el eje vertical. Esta herramienta proporciona una visión clara y objetiva de la granulometría del agregado utilizado

**Densidad.** - Relación entre la masa y el volumen de un cuerpo.

**Diatomita.** - también conocida como tierra diatomácea, es un material sedimentario de origen biológico compuesto por restos fosilizados de diatomeas, que son organismos unicelulares microscópicos que habitan en ambientes acuáticos.

**Diseño de mezclas:** Se refiere al proceso de determinar las cantidades relativas de los distintos materiales que se utilizarán en la mezcla de concreto, con el fin de lograr las características y propiedades específicas que se desean en el producto final.

**Dosificación del concreto:** Proceso de medición por peso o por volumen de los ingredientes y su introducción en la mezcladora para una cantidad de concreto y mortero.

**Durabilidad:** Propiedad de un material o mezcla para resistir desintegración. Por efectos mecánicos, ambientales o de tráfico.

**Fraguado:** Fenómeno químico que consiste en el endurecimiento de cementos y yesos, sin que puedan ablandarse nuevamente.

**Granulometría:** Estudio del tamaño y las características de los componentes de los sedimentos.

**Granulado:** Dicho de una sustancia: Cuya masa forma granos pequeños



**Malla:** Abertura cuadrada de un tamiz.

**Mezcla:** Unión de dos o más sustancias en proporciones variables; que conservan sus propiedades.

**Muestra:** Es una porción representativa de un material.

**Módulo de fineza:** Es el índice aproximado del tamaño medio de los agregados.

**Peso unitario:** Es el cociente al dividir el peso de las partículas entre el volumen total incluyendo los vacíos.

**Peso específico:** Es el cociente de dividir el peso de las partículas entre el volumen de las mismas sin considerar los vacíos entre ellas.

**Peso unitario:** Es el cociente al dividir el peso de las partículas entre el volumen total incluyendo los vacíos.

**Resistencia:** Grado de tensión que puede recibir un objeto antes de que se rompa.

**Revenimiento.** - Establece la determinación del asentamiento del concreto fresco tanto en el laboratorio como en el campo. Este método consiste en colocar una muestra de concreto fresco en un molde con forma de cono trunco, según las características y procedimientos que establezcan las especificaciones técnicas correspondientes.

**Tamaño máximo:** Menor tamiz por el que pasa toda la muestra del agregado grueso.

**Tamaño máximo nominal:** Menor tamiz de la serie utilizada que produce el primer retenido.

**Trabajabilidad:** Es aquella propiedad que determina el esfuerzo requerido para manejar una cantidad de concreto recién mezclado con el mínimo de homogeneidad al ser transportado y colocado.

**Análisis de precios unitarios:** consiste en desglosar el costo por unidad de medida de cada rubro, identificando los rendimientos, costos y cantidades de cada uno de los insumos o materiales a utilizarse, y así establecer dichos costos.



## 2.4 Hipótesis

### 2.4.1 Hipótesis general

El concreto  $F'c= 210 \text{ kg/cm}^2$ , elaborado con adiciones porcentajes de diatomita en estado calcinado, con respecto al peso del cemento, Mejora la resistencia a la compresión axial del concreto  $F'c= 210 \text{ kg/cm}^2$ , a los 7, 14 y 28 días de curado.

### 2.4.2 Hipótesis - específicas

- **Hipótesis - específica N°1.** El concreto  $F'c= 210 \text{ kg/cm}^2$  adicionado con diatomita en estado calcinado en los porcentajes de 5%,10% y 15% presentara una mayor resistencia a la compresión axial respecto al concreto patrón evaluado a los 7, 14 y 28 días de curado.
- **Hipótesis - específica N°2.** La máxima resistencia a la compresión axial del concreto  $F'c= 210 \text{ kg/cm}^2$ , adicionado con diatomita en estado calcinado, es mayor al 15% de la resistencia alcanzada por el concreto patrón. A los 28 días de curado.
- **Hipótesis - específica N°3.** La mayor resistencia a la compresión axial del concreto  $F'c= 210 \text{ kg/cm}^2$ , se obtiene con la adición de 10% de diatomita en estado calcinado.
- **Hipótesis - específica N°4.** Al adicionar diatomita en estado calcinado, en diferentes porcentajes al concreto  $F'c= 210 \text{ kg/cm}^2$ , este acelera el desarrollo de la resistencia a la compresión axial del concreto, comportándose este como un aditivo acelerante.
- **Hipótesis - específica N°5.** Al adicionar diatomita en estado calcinado en diferentes porcentajes al concreto  $F'c= 210 \text{ kg/cm}^2$ , este aumenta significativamente el revenimiento.
- **Hipótesis - específica N°6.** Al adicionar diatomita en estado calcinado en diferentes porcentajes al concreto  $F'c= 210 \text{ kg/cm}^2$ , este aumenta el costo económico.



## 2.5 Variables e indicadores

### 2.5.1 Identificación de variables

#### 2.5.1.1 Variables independientes.

**X1: Concreto con adición de diatomita en estado calcinado.**

**Descripción:**

Se realizará la elaboración del concreto, donde se adicionará diatomita en estado calcinado en los porcentajes de 5% ,10% y 15%.

**Nivel de la variable:**

- Agregado Grueso
- Agregado Fino
- Agua
- Cemento
- Diatomita en estado calcinado.

**Indicadores:**

- Granulometría (mm)
- Peso específico (kg/cm<sup>3</sup>)
- Peso Unitario (kg/cm<sup>3</sup>)
- Contenido de humedad (%)
- Peso de agregado grueso (Kg)
- Módulo de fineza (adimensional)
- Granulometría (mm)
- Peso específico (kg/cm<sup>3</sup>)
- Peso Unitario (kg/cm<sup>3</sup>)
- Contenido de humedad (%)
- Peso de agregado fino (Kg)
- Cantidad de agua (Lts)
- Tipo de cemento (bolsas)
- Porcentaje de diatomita en estado calcinado (Kg).





X2: Composición Química diatomita.

**Nivel de la variable:**

- Ensayos en laboratorio de química.

**Descripción:**

Se determinará mediante ensayos de laboratorio de química de UNSAAC.

**Indicadores:**

- % de componentes químicos contenidos en diatomita en estado natural.

### 2.5.1.2 Variables dependientes

Y1: Resistencia a la compresión

**Descripción:**

Se determinará en la máquina de compresión axial, con la rotura de testigos los cuales se romperán a los 7, 14 y 28 días, de estos ensayos obtendremos valores para el respectivo análisis.

**Nivel de la variable:**

- Compresión.

**Indicadores:**

- Fuerza Kg-f
- Área cm<sup>2</sup>

Y2: Temperatura.

**Nivel de la variable:**

- Temperatura

**Descripción:**

Se determinará la temperatura del concreto recién elaborado, en los diferentes testigos con adición de diatomita en estado calcinado en los porcentajes de 5% ,10% y 15%.

**Indicadores:**

- Temperatura según NTP (°C)

Y3: Revenimiento.

**Nivel de la variable:**

- Revenimiento

**Descripción:**

Se determinará el revenimiento en el concreto recién elaborado, en los diferentes testigos con adición de diatomita en estado calcinado en los porcentajes de 5% ,10% y 15%.

**Indicadores:**

- Revenimiento cono de Abrams (Pulg)



2.5.2 Cuadro de operacionalización de variables

TIPO	DENOMINACIÓN DE LA VARIABLE	DESCRIPCIÓN DE LA VARIABLE	NIVEL DE VARIABLE	INDICADOR	U. MEDIDA	HERRAMIENTAS METODOLÓGICAS O INSTRUMENTOS
VARIABLES INDEPENDIENTES	X1: Concreto con diatomita en estado calcinado.	Se realizará la elaboración del concreto, donde se adicionará diatomita en estado calcinado en los porcentajes de 5% ,10% y 15%.	Agregado Grueso	Granulometría	(mm)	Hoja de cálculo (NTP 400.037)
				Peso específico	(kg/cm <sup>3</sup> )	Hoja de cálculo (NTP 400.021)
				Peso Unitario	(kg/cm <sup>3</sup> )	Hoja de cálculo (NTP 400.017)
				Contenido de humedad	(% )	Hoja de cálculo (NTP 339.185)
				Peso de agregado grueso	(Kg)	Formato de toma de datos, hoja Excel
			Agregado Fino	Módulo de fineza	adimensional	Hoja de cálculo (NTP 400.037)
				Granulometría	(mm)	Hoja de cálculo (NTP 400.037)
				Peso específico	(kg/cm <sup>3</sup> )	Hoja de cálculo (NTP 400.022)
				Peso Unitario	(kg/cm <sup>3</sup> )	Hoja de cálculo (NTP 400.017)
				Contenido de humedad	(% )	Hoja de cálculo (NTP 339.185)
			Agua	Cantidad de agua	(Lts)	Diseño de mezclas (cantidad de agua según diseño)
			Cemento	Tipo de cemento	(bolsas)	Formato de NTP 334.090.
			Diatomita en estado calcinado.	Porcentaje de diatomita en estado calcinado.	(% )	Hoja de cálculo referido a porcentaje.
			X2: Composición química de diatomita.	Se determinará mediante ensayos de laboratorio de química de UNSAAC.	Porcentaje % de componentes físico químicos.	Ensayos en laboratorio de física y química.
VARIABLES DEPENDIENTES	Y1: Resistencia a la compresión.	Se determinará en la máquina de compresión axial, con la rotura de testigos los cuales se romperán a los 7, 14 y 28 días, de estos ensayos obtendremos valores para el respectivo análisis.	Compresión	Fuerza	Kg-f	Esfuerzo a la compresión hoja de cálculo (NTP 339.034).
				Área	Cm <sup>2</sup>	
	Y2: Temperatura del concreto.	Se determinará la temperatura del concreto recién elaborado, en los diferentes testigos con adición de diatomita en estado calcinado en los porcentajes de 5% ,10% y 15%.	% de endurecimiento del concreto.	Resistencia a la compresión del concreto a los 7 días de curado	(F'c=kg/cm <sup>2</sup> )	Hoja de cálculo referido a temperatura.
Y3: Consistencia del concreto.	Se determinará el grado de fluidez del concreto recién elaborado, en los diferentes testigos con adición de diatomita en estado calcinado en los porcentajes de 5% ,10% y 15%.	Ensayo cono de Abrams.	Revenimiento del concreto	Pulg.	Hoja de cálculo referido a revenimiento del concreto.	

Nota: Imagen obtenida de fuente Propia.



## Capítulo III: Método

### 3.1 Alcance del estudio.

#### 3.1.1 Tipo de investigación.

##### 3.1.1.1 Cuantitativo.

Es cuantitativo por la naturaleza del problema que identificamos en el inicio de la investigación ya que este involucraba variables y la necesidad de realizar la descripción, predicción y explicación, dirigido hacia datos medibles contenidos en los objetivos en un contexto determinado.

“...La investigación cuantitativa permite la posibilidad de generalizar los datos finales más ampliamente, y nos otorga control sobre todos los fenómenos, así también como un punto de vista de conteo y las respectivas magnitudes de los mismos. También, nos brinda una amplia posibilidad de réplica y un enfoque sobre todos los puntos específicos de tales fenómenos, además de que facilita la comparación entre estudios similares.” (HERNÁNDEZ SAMPIERI, FERNÁNDEZ COLLADO, & BAPTISTA LUCIO, 2010, pág. 16).

#### 3.1.2 Nivel de investigación.

##### 3.1.2.1 Descriptivo.

Es Descriptivo porque ya hay conocimientos previos sobre el tema que se estudia, se busca determinar propiedades, características y rasgos importantes de cualquier fenómeno que se analice, describe tendencias de un grupo o población.

##### 3.1.2.2 Correlacional.

Es correlacional porque contamos con variables dependientes e independientes que determinan la causa y efecto de las mismas; también mide, cuantifica y analiza la vinculación entre 2 o más variables, antecedentes y estudios previos señalaron que una variable se comporta como causa de la otra.

Tales correlaciones se sustentan en hipótesis sometidas a ensayos de laboratorio, puesto que se quiere demostrar el grado de relación entre el uso de materiales adicionados en el concreto  $F'c$ : 210 Kg/cm<sup>2</sup> en diferentes porcentajes y la verificación de la variación de la resistencia a la compresión axial en la misma.



### **3.1.3 Método de investigación.**

#### **3.1.3.1 Hipotético - deductivo.**

Porque el punto de partida es una hipótesis la cual vamos a demostrar mediante una serie de pasos los cuales nos permite deducir relaciones entre las variables y/o resultados que permiten demostrar la hipótesis, comparándolos con la experiencia.

### **3.2 Diseño de la investigación.**

#### **3.2.1 Diseño experimental**

##### **3.2.1.1 Diseño cuasi experimental.**

Es experimental tiene mayor precisión que un pre - experimental, pero no tanto como un experimento puro, trabaja con grupos íntegros y no con aleatorización como los experimentos puros, pero es experimental.

“... Los diseños cuasi experimentales también manipulan deliberadamente, al menos, una variable independiente para observar su efecto y relación con una o más variables dependientes, sólo que difieren de los experimentos “puros” en el grado de seguridad o confiabilidad que pueda tenerse sobre la equivalencia inicial de los grupos. En los diseños cuasi experimentales los sujetos no se asignan al azar a los grupos ni se emparejan, sino que dichos grupos ya están formados antes del experimento: son grupos intactos (la razón por la que surgen y la manera como se formaron es independiente o aparte del experimento)”. (HERNÁNDEZ SAMPIERI, FERNÁNDEZ COLLADO, & BAPTISTA LUCIO, 2010, pág. 148).



### 3.3 Población.

#### 3.3.1 Descripción de la población.

“...Conjunto de todos los casos que concuerdan con determinadas especificaciones”, (Pág. 174). “...En una investigación cuantitativa se pretende generalizar los resultados encontrados en un grupo o segmento (muestra) a una colectividad mayor (universo o población)”, (Pág. 6). (HERNÁNDEZ SAMPIERI, FERNÁNDEZ COLLADO, & BAPTISTA LUCIO, 2010).

La Población de la presente tesis será las probetas - testigo de Concreto  $f'c$ : 210 kg/cm<sup>2</sup> adicionado con diatomita en estado calcinado en diferentes porcentajes del peso del cemento portland IP y el Concreto Patrón  $f'c$ : 210 kg/cm<sup>2</sup> sin adición.

La Población se registrará mediante un conjunto de Probetas de Concreto  $f'c$ : 210 kg/cm<sup>2</sup> elaborados con Agregado Grueso de la cantera de Vicho, Agregado Fino de las canteras de Cunyac y Mina Roja, diatomita en estado calcinado proveniente del distrito de San Sebastián, Cemento Portland Puzolánico IP (Yura) y Agua potable.

#### 3.3.1.2 Cuantificación de la población.

La población es igual al número de la muestra investigada que es, de 72 probetas-testigos de Concreto, realizadas en Laboratorio, para el concreto patrón y para el concreto adicionado con diatomita en estado calcinado en diferentes porcentajes respecto del peso del cemento.

**Tabla 29** Población de probetas testigo diseñadas con resistencia de  $f'c$ : 210 kg/cm<sup>2</sup>

CONCRETO $f'c$ : 210 Kg/cm <sup>2</sup>	CANTIDAD
<b>PROBETAS PARA PRUEBAS DE CONTROL:</b>	
Probetas de Concreto Patrón (0% de adición)	18
<b>PROBETAS PARA PRUEBAS EXPERIMENTALES</b>	
Probetas de Concreto con Adición de diatomita en estado calcinado en un 5% del cemento.	18
Probetas de Concreto con Adición de diatomita en estado calcinado en un 10% del cemento.	18
Probetas de Concreto con Adición de diatomita en estado calcinado en un 15% del cemento.	18
<b>TOTAL (Probetas-Testigos):</b>	<b>72</b>

*Nota: Imagen obtenida de fuente Propia.*



### 3.4 Muestra.

#### 3.4.1 Descripción de la muestra.

“...Muestra es un subgrupo de la Población del cual se recolectan los datos y debe ser representativo de dicha población o universo.” (HERNÁNDEZ SAMPIERI, FERNÁNDEZ COLLADO, & BAPTISTA LUCIO, 2010, pág. xxxix).

La Muestra está conformada por un conjunto de Probetas de Concreto  $f'c$ : 210 kg/cm<sup>2</sup>, la muestra es de tipo censal ya que coincide con la población (72 Probetas -Testigos). Muestras representadas en Probetas de Concreto Patrón y Probetas de concreto adicionado con diatomita en estado calcinado en diferentes porcentajes respecto del peso del cemento

#### 3.4.2 Cuantificación de la muestra.

Para la Cuantificación de muestras se está considerando 72 unidades de probetas Testigos representados en Briquetas de concreto de  $f'c$ : 210 Kg/cm<sup>2</sup>, como son el conjunto de Briquetas Patrón y el conjunto de Briquetas adicionado con diatomita en estado calcinado en diferentes porcentajes respecto del peso del cemento.

**Tabla 30** Distribución de muestras a ser evaluadas.

<b>Evaluación de probetas con diseño <math>f'c</math>: 210 Kg/cm<sup>2</sup></b>				
Edad (Días)	Patrón 0%	Adición con Diatomita en Estado Calcinado		
		5%	10%	15%
7	6	6	6	6
14	6	6	6	6
28	6	6	6	6
Parcial:	18	18	18	18
Total:	72 briquetas			

*Nota: Imagen obtenida de propia.*

#### 3.4.3 Método de muestreo.

El método de muestreo es dirigido e intencional (no probabilístico).

Para tal efecto adoptaremos un método de muestreo dirigido por conveniencia, ya que sobre todos los elementos de estudio no habrá una selección al azar ni probabilística, sino que se utilizaran todos los elementos elaborados para el estudio.



#### 3.4.4 Criterios de evaluación de la muestra.

Para aplicar los criterios de evaluación, lo realizaremos en función del ensayo de la resistencia a la compresión axial aplicados a las muestras probetas – testigos, para ello, los componentes de estos testigos deberán cumplir los requisitos según Normas Técnicas Peruanas establecidas y con el ACI (Instituto Del Concreto Americano) para su diseño de Mezclas.

Cada Probeta-Testigo, deberán tener las medidas estandarizadas, para este caso Briqueta cilíndrica de diámetro 10cm y altura de 20cm, las muestras no deberán estar dañadas, astilladas, rajadas, no deberá tener ningún tipo de modificación u alteración, siendo así el testigo deberá ser descartado.

Cada Probeta-Testigo, deberá ser debidamente elaborado y curado a inmersión según lo estipula la Norma (N.T.P. 339.033, 2009), para finalmente proceder con el ensayo de Resistencia a la Compresión (Rotura de Probetas de concreto), realizado en la máquina de compresión axial según lo estipula la norma (N.T.P. 339.034, 2013). Las muestras serán evaluadas según la Tala 30.

#### 3.4.5 Criterios de inclusión.

Para la definición de nuestra se tomó en cuenta lo siguiente:

- ✓ Todas las Probetas-Testigos son diseñadas con concreto de resistencia a la compresión  $f'c$ : 210 Kg/cm<sup>2</sup>.
- ✓ Todas las Probetas-Testigos son de forma cilíndrica de 10 cm de diámetro por 20 cm de altura.
- ✓ Todas las Probetas-Testigos se elaboraron con Agregado Grueso de la cantera de Vicho de Tamaño Máximo Nominal de  $\frac{3}{4}$ ", con Agregado Fino (en un 35% de la cantera de Mina Roja y un 65% de la cantera de Cunyac) y con Cemento Portland Puzolánico IP (Yura).
- ✓ Todos los análisis de laboratorio en cuanto al Agregado Fino se realizaron directamente a la combinación (35% de la cantera de Mina Roja y un 65% de la cantera de Cunyac), por condiciones de granulometría.
- ✓ Las Probetas-Testigos son evaluados con adición de diatomita en estado calcinado que son adicionado en diferentes porcentajes con respecto del peso del cemento.
- ✓ Todas las Probetas-Testigos se elaboran con agua potable.
- ✓ Todas las Probetas-Testigos son curados por inmersión (sumergimiento total en agua).
- ✓ Todas las Probetas-Testigos serán evaluados mediante el ensayo de resistencia a la compresión según (N.T.P. 339.034, 2013).



### **3.5 Técnicas e Instrumentos de recolección de datos.**

#### **3.5.1 Instrumentos para la recolección de datos**

##### **3.5.1.1 Recolección de datos para el agregado fino.**

- ✓ Plantilla Excel, Ensayo Granulometría para el agregado fino. (Tabla 31)
- ✓ Formato para el Ensayo Contenido de Humedad para agregado fino (Tabla 32)
- ✓ Formato para el Ensayo Peso específico y Porcentaje de Absorción para el Agregado fino. (Tabla 33)
- ✓ Formato para Ensayo Peso Unitario agregado fino. (Tabla 34)

##### **3.5.1.2 Recolección de datos para el agregado grueso.**

- ✓ Formato, Ensayo Desgaste por Abrasión, según categoría “B” agregado grueso. (Tabla 35)
- ✓ Plantilla Excel, Ensayo Granulometría para el agregado grueso. (Tabla 36)
- ✓ Formato para el Ensayo Contenido de Humedad para el agregado grueso. (Tabla 37)
- ✓ Formato para el Ensayo Peso específico y Porcentaje de Absorción para el agregado grueso. (Tabla 38)
- ✓ Formato para Ensayo Peso Unitario del agregado grueso. (Tabla 39)

##### **3.5.1.3 Recolección de datos durante la elaboración del concreto.**

- ✓ Formato de recolección de datos del revenimiento del Concreto durante su elaboración. (Tabla 40)
- ✓ Formato de recolección de datos de Temperatura del concreto en estado fresco y/o recién elaborado. (Tabla 41)

##### **3.5.1.4 Recolección de datos de resultados en el ensayo de resistencia a la compresión axial a los 7, 14 y 28 días.**

- ✓ Formato recolección de datos, corroboración de dimensiones de Probetas-Testigos y apunte de lectura del resultado durante el ensayo de resistencia a la Compresión Axial. (Tabla 42)





**Tabla 31** Plantilla Excel, Ensayo Granulometría para el agregado fino.

	<b>UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA</b> <b>ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL</b> <i>"Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional"</i>																																																																																																																																
<i>Hoja de Toma de Datos.</i>																																																																																																																																	
<b>Tesis:</b> "EVALUACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN AXIAL DEL CONCRETO $f_c$ : 210 Kg/cm <sup>2</sup> , ELABORADO CON ADICIONES PORCENTUALES DE 5%, 10% Y 15% DE DIATOMITA EN ESTADO CALCINADO CON RESPECTO A UN CONCRETO PATRÓN A LOS 7, 14 Y 28 DÍAS DE CURADO".																																																																																																																																	
<b>Por:</b> Bach. WALTER RUDI PEREZ RAMOS. <span style="float: right;">Fecha : ...../...../.....</span>																																																																																																																																	
<b>GRANULOMETRÍA - AGREGADO FINO</b> <b>Gradación según Límites Granulometricos N.T.P. 400.037</b>																																																																																																																																	
<b>Procedencia del Agregado:</b> _____																																																																																																																																	
Cantidad de Agregado según NTP 400.012 (Según la Tabla 04). <span style="float: right;">Porcentajes de Dosificación de Agregado fino:</span>																																																																																																																																	
Mínimo:            gr.	<b>1° Agregado Fino.</b> _____ .....%	gr.																																																																																																																															
TMN:	<b>2° Agregado Fino.</b> _____ .....%	gr.																																																																																																																															
Total a Usar: <input style="width: 50px;" type="text"/> gr. <small>(Después del cuarteo)</small>		gr.																																																																																																																															
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Mallas estándar</th> <th colspan="4">CUNYAC (65%) Y MINA ROJA (35%) PESO RETENIDO (g)</th> <th rowspan="2">RETENIDO PROMEDIO %</th> <th rowspan="2">RETENIDO ACUMULADO %</th> <th rowspan="2">ACUMULADO QUE PASA %</th> <th colspan="2">LÍMITES NTP 400.037</th> </tr> <tr> <th>Pulg.</th> <th>Ø mm</th> <th>M1</th> <th>M2</th> <th>M3</th> <th>PROMEDIO</th> <th></th> <th></th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>3/8"</td><td>9.500</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>100.00%</td><td>100.00%</td></tr> <tr><td># 4</td><td>4.750</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>95.00%</td><td>100.00%</td></tr> <tr><td># 8</td><td>2.360</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>80.00%</td><td>100.00%</td></tr> <tr><td># 16</td><td>1.180</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>50.00%</td><td>85.00%</td></tr> <tr><td># 30</td><td>0.600</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>25.00%</td><td>60.00%</td></tr> <tr><td># 50</td><td>0.300</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>5.00%</td><td>30.00%</td></tr> <tr><td># 100</td><td>0.150</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>0.00%</td><td>10.00%</td></tr> <tr><td># 200</td><td>0.074</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>-</td><td>0.00%</td></tr> <tr> <td colspan="5">TOTAL(enTámices):</td> <td>100.00%</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td colspan="5">Fondo Cazuela</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td colspan="5">TOTAL:</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	Mallas estándar	CUNYAC (65%) Y MINA ROJA (35%) PESO RETENIDO (g)				RETENIDO PROMEDIO %	RETENIDO ACUMULADO %	ACUMULADO QUE PASA %	LÍMITES NTP 400.037		Pulg.	Ø mm	M1	M2	M3	PROMEDIO			3/8"	9.500							100.00%	100.00%	# 4	4.750							95.00%	100.00%	# 8	2.360							80.00%	100.00%	# 16	1.180							50.00%	85.00%	# 30	0.600							25.00%	60.00%	# 50	0.300							5.00%	30.00%	# 100	0.150							0.00%	10.00%	# 200	0.074							-	0.00%	TOTAL(enTámices):					100.00%					Fondo Cazuela										TOTAL:										Módulo Fineza entre 2.3 - 3.1 Módulo de Fineza <input style="width: 50px;" type="text"/>
Mallas estándar		CUNYAC (65%) Y MINA ROJA (35%) PESO RETENIDO (g)							RETENIDO PROMEDIO %	RETENIDO ACUMULADO %	ACUMULADO QUE PASA %	LÍMITES NTP 400.037																																																																																																																					
	Pulg.	Ø mm	M1	M2	M3	PROMEDIO																																																																																																																											
3/8"	9.500							100.00%	100.00%																																																																																																																								
# 4	4.750							95.00%	100.00%																																																																																																																								
# 8	2.360							80.00%	100.00%																																																																																																																								
# 16	1.180							50.00%	85.00%																																																																																																																								
# 30	0.600							25.00%	60.00%																																																																																																																								
# 50	0.300							5.00%	30.00%																																																																																																																								
# 100	0.150							0.00%	10.00%																																																																																																																								
# 200	0.074							-	0.00%																																																																																																																								
TOTAL(enTámices):					100.00%																																																																																																																												
Fondo Cazuela																																																																																																																																	
TOTAL:																																																																																																																																	
<b>GRÁFICA DE LÍMITES:</b>																																																																																																																																	
Fuente Propia (*).																																																																																																																																	
<b>Observaciones:</b> _____																																																																																																																																	

*Nota:* Imagen obtenida de fuente propia.



**Tabla 32** Formato para el Ensayo Contenido de Humedad para agregado fino.

<b>UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA</b> <b>ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL</b> <i>"Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional"</i>																																												
								Hoja de Toma de Dats.																																				
<b>Tesis:</b> "EVALUACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN AXIAL DEL CONCRETO f'c: 210 Kg/cm <sup>2</sup> , ELABORADO CON ADICIONES PORCENTUALES DE 5%, 10% Y 15% DE DIATOMITA EN ESTADO CALCINADO CON RESPECTO A UN CONCRETO PATRÓN A LOS 7, 14 Y 28 DÍAS DE CURADO".																																												
<b>Por:</b> Bach. WALTER RUDI PEREZ RAMOS. <span style="float: right;">Fecha : ...../...../.....</span>																																												
<b>CONTENIDO DE HUMEDAD - AGREGADOS</b> <b>Ensayos según la NORMA TECNICA PERUANA 339.185</b>																																												
Método de Ensayo Normalizado para Contenido de Humedad Total evaporable de agregados por Secado.																																												
<b>Procedencia de cantera:</b> _____  TMN: _____  <b>Cantidad de Material utilizado:</b> Total: _____ gr. <i>Según la Norma NTP 339.185 (Tabla 1)</i>																																												
<b>CONTENIDO DE HUMEDAD DE LOS AGREGADOS</b>																																												
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 10%;">Síbolo</th> <th style="width: 40%;">DESCRIPCIÓN:</th> <th style="width: 5%;">M-1</th> <th style="width: 5%;">M-2</th> <th style="width: 5%;">M-3</th> <th style="width: 5%;">M-4</th> <th style="width: 5%;">M-5</th> <th style="width: 5%;">Promedio</th> <th style="width: 5%;">Und.</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>W =</td> <td>Peso de la Muestra en estado Natural.</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>gr</td> </tr> <tr> <td>D =</td> <td>Peso de la Muestra Seca despues del horno</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>gr</td> </tr> <tr> <td>P =</td> <td>CONTENIDO DE HUMEDAD</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>%</td> </tr> </tbody> </table>									Síbolo	DESCRIPCIÓN:	M-1	M-2	M-3	M-4	M-5	Promedio	Und.	W =	Peso de la Muestra en estado Natural.							gr	D =	Peso de la Muestra Seca despues del horno							gr	P =	CONTENIDO DE HUMEDAD							%
Síbolo	DESCRIPCIÓN:	M-1	M-2	M-3	M-4	M-5	Promedio	Und.																																				
W =	Peso de la Muestra en estado Natural.							gr																																				
D =	Peso de la Muestra Seca despues del horno							gr																																				
P =	CONTENIDO DE HUMEDAD							%																																				
<b>TOTAL Contenido de Humedad (Agregado):</b>								$P = 100 \times \frac{(W-D)}{D}$	%																																			
<i>Fuente Propia (*).</i>																																												
<b>Observaciones:</b> _____ _____																																												

*Nota:* Imagen obtenida de fuente propia.



**Tabla 33** Formato para el Ensayo Peso específico y Porcentaje de Absorción para el Agregado fino.

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL "Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional"		Hoja de Toma de Datos.				
<p><b>Tesis:</b> "EVALUACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN AXIAL DEL CONCRETO f'c: 210 Kg/cm<sup>2</sup>, ELABORADO CON ADICIONES PORCENTUALES DE 5%, 10% Y 15% DE DIATOMITA EN ESTADO CALCINADO CON RESPECTO A UN CONCRETO PATRÓN A LOS 7, 14 Y 28 DÍAS DE CURADO".</p>						
<p>Por: <span style="float: right;">Fecha : ...../...../.....</span></p> <p style="text-align: center;">Bach. WALTER RUDI PEREZ RAMOS.</p>						
PESO ESPECÍFICO SECO & % ABSORCIÓN - AGREGADO FINO Ensayos según la N.T.P. 400.022						
Metodo para Densidad, Densidad Relativa (Gravedad Especifica) y Absorción del Agregado Fino.						
<p>Cantera Agregado Fino: _____</p> <p>Cantidad de Material utilizado: Total: _____ gr.</p>						
PESO ESPECÍFICO SECO:						
<p><b>Peso Especifico de Masa:</b> <math>(P_{em}) = \frac{W_o}{(V_f - V_a)}</math></p>	<p><b>Peso Especifico de Masa Saturado con Superficie Seca:</b> <math>(P_{eSSS}) = \frac{500}{(V_f - V_a)}</math></p>	<p><b>Absorción:</b> <math>(Abs) = \frac{500 - W_o}{W_o} \times 100</math></p>				
<p>(*) 500 Muestra Saturado con Superficie Seca (g)      (*) muestra saturada por 24 horas</p> <p><b>P<sub>em</sub></b> = Peso Especifico de masa. (gr/cm<sup>3</sup>)</p> <p><b>P<sub>eSSS</sub></b> = Peso Especifico de masa Saturado con Superficie Seca. (g/cm<sup>3</sup>)</p> <p><b>Abs</b> = Absorción expresado en porcentaje (%)</p> <p><b>W<sub>o</sub></b> = Peso en el aire de la muestra secada en el horno. (gr).</p> <p><b>V<sub>f</sub></b> = Volumen de la Fiola en (cm<sup>3</sup>).</p> <p><b>V<sub>a</sub></b> = Peso en gramos o volumen en cm<sup>3</sup> de agua añadida a la Fiola.</p>						
SIMBOLO		M-1	M-2	M-3	PROM.	Und
500	Muestra Saturado con Superficie Seca.					gr
W <sub>o</sub> =	Peso en el aire de la muestra secada en el horno.					gr
V <sub>f</sub> =	Volumen de la Fiola.					cm <sup>3</sup>
V <sub>a</sub> =	Volumen de Agua añadida a la Fiola con Bureta y/o Probeta graduada					cm <sup>3</sup>
P <sub>em</sub> =	<b>Peso Especifico de masa:</b>					g/cm <sup>3</sup>
P <sub>eSSS</sub> =	<b>Peso Especifico de masa Saturado con Superficie Seca:</b>					g/cm <sup>3</sup>
Abs =	<b>Absorción expresado en porcentaje:</b>					%
<p>Observaciones: _____</p>						

Nota: Imagen obtenida de fuente propia.



**Tabla 34** Formato para Ensayo Peso Unitario agregado fino.

<b>UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO</b> FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA <b>ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL</b> "Año del Fortalecimiento de la Soberanía N"		Hoja de Toma de Datos.
<b>Tesis:</b>	"EVALUACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN AXIAL DEL CONCRETO f'c: 210 Kg/cm <sup>2</sup> , ELABORADO CON ADICIONES PORCENTUALES DE 5%, 10% Y 15% DE DIATOMITA EN ESTADO CALCINADO CON RESPECTO A UN CONCRETO PATRÓN A LOS 7, 14 Y 28 DÍAS DE CURADO".	
Por:	Bach. WALTER RUDI PEREZ RAMOS. <span style="float: right;">Fecha : ...../...../.....</span>	
<b>PESO UNITARIO - AGREGADOS</b> <b>Ensayos según la NORMA TÉCNICA PERUANA 400.017</b>		
Método de Ensayo para determinar el Peso Unitario del Agregado		
Procedencia de Agregado: _____ _____ Cantidad de Material a Usar: Total: _____ Kg.		
<b>PESO UNITARIO DEL AGREGADO: .....</b>		
<b>PESO UNITARIO SUELTO</b> $PUs = \frac{Gsc - T}{Ve}$		<b>PESO UNITARIO COMPACTADO</b> $PUc = \frac{Gco - T}{Ve}$
T : Peso del Envase		g
V : Volumen del Envase		cm <sup>3</sup>
Gsc : Envase + Muestra (SIN Compactar)		g
Gsc - T : Muestra (SIN Compactar)		g
Gco : Envase + Muestra (COMPACTADO)		g
Gco - T : Muestra (COMPACTADO)		g
DATOS :	A. GRUESO - CANTERA VICHO	M-1
T :	Peso del Envase	M-2
V :	Volumen del Envase	M-3
Gsc :	Envase + Muestra (SIN Compactar)	PROMED.
Gsc - T :	Muestra (SIN Compactar)	Und.
Gco :	Envase + Muestra (COMPACTADO)	g
Gco - T :	Muestra (COMPACTADO)	g
PUs :	PESO UNITARIO SUELTO :	g/cm <sup>3</sup>
PUc :	PESO UNITARIO COMPACTADO :	g/cm <sup>3</sup>
Observaciones: _____ _____		

Nota: Imagen obtenida de fuente propia.



Tabla 35 Formato, Ensayo Desgaste por Abrasión, según categoría "B" agregado grueso.

 <b>UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA</b> <b>ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL</b> <i>"Cero del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional"</i>	 Hoja de Torra de Datos.																																																																																				
<h3 style="margin: 0;">DESGASTE POR ABRASIÓN</h3> <p style="margin: 0;"><b>Ensayos según la NORMA TECNICA PERUANA 400.019 (Tamaños menores)</b></p> <p style="margin: 0; font-size: small;">La norma específica Ensayar agregados gruesos de tamaños menores a 37.5 mm (1 1/2 pulg.)</p>																																																																																					
<p><b>Tesis:</b> "EVALUACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN AXIAL DEL CONCRETO f'c: 210 Kg/cm<sup>2</sup>, ELABORADO CON ADICIONES PORCENTUALES DE 5%, 10% Y 15% DE DIATOMITA EN ESTADO CALCINADO CON RESPECTO A UN CONCRETO PATRÓN A LOS 7, 14 Y 28 DÍAS DE CURADO".</p>																																																																																					
<p>Por: <i>Bach. WALTER RUDI PEREZ RAMOS.</i> <span style="float: right;">Fecha : ...../...../.....</span></p> <p>Procedencia del Agregado: _____</p>																																																																																					
<b>TABLA N° 01</b>	GRADACIÓN DE LA MUESTRAS DE ENSAYO																																																																																				
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="2">METODO GRADACIÓN</th> <th>A</th> <th>B</th> <th>C</th> <th>D</th> </tr> <tr> <th colspan="2">DIÁMETRO TAMICES</th> <th colspan="4">CANTIDAD DE MATERIAL A USAR (gr)</th> </tr> <tr> <th>QUE PASA</th> <th>RETENIDO</th> <th></th> <th></th> <th></th> <th></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1 1/2" (38.1mm)</td> <td>1" (25.0mm)</td> <td>1250 ± 25</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>1" (25.0mm)</td> <td>3/4" (19.0mm)</td> <td>1250 ± 25</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>3/4" (19.0mm)</td> <td>1/2" (12.5mm)</td> <td>1250 ± 10</td> <td>2500 ± 10</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>1/2" (12.5mm)</td> <td>3/8" (9.5mm)</td> <td>1250 ± 10</td> <td>2500 ± 10</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>3/8" (9.5mm)</td> <td>1/4" (6.3mm)</td> <td></td> <td></td> <td>2500 ± 10</td> <td></td> </tr> <tr> <td>1/4" (6.3mm)</td> <td>N°4 (4.75mm)</td> <td></td> <td></td> <td>2500 ± 10</td> <td></td> </tr> <tr> <td>N°4 (4.75mm)</td> <td>N°8 (2.36mm)</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>5000 ± 10</td> </tr> <tr> <td colspan="2"><b>PESO TOTAL</b></td> <td><b>5000 ± 10</b></td> <td><b>5000 ± 10</b></td> <td><b>5000 ± 10</b></td> <td><b>5000 ± 10</b></td> </tr> <tr> <td colspan="2">N° de Esferas</td> <td>12</td> <td>11</td> <td>8</td> <td>6</td> </tr> <tr> <td colspan="2">N° de Revoluciones</td> <td>500</td> <td>500</td> <td>500</td> <td>500</td> </tr> <tr> <td colspan="2">Tiempo de Rotación (Minutos)</td> <td>15</td> <td>15</td> <td>15</td> <td>15</td> </tr> </tbody> </table>	METODO GRADACIÓN		A	B	C	D	DIÁMETRO TAMICES		CANTIDAD DE MATERIAL A USAR (gr)				QUE PASA	RETENIDO					1 1/2" (38.1mm)	1" (25.0mm)	1250 ± 25				1" (25.0mm)	3/4" (19.0mm)	1250 ± 25				3/4" (19.0mm)	1/2" (12.5mm)	1250 ± 10	2500 ± 10			1/2" (12.5mm)	3/8" (9.5mm)	1250 ± 10	2500 ± 10			3/8" (9.5mm)	1/4" (6.3mm)			2500 ± 10		1/4" (6.3mm)	N°4 (4.75mm)			2500 ± 10		N°4 (4.75mm)	N°8 (2.36mm)				5000 ± 10	<b>PESO TOTAL</b>		<b>5000 ± 10</b>	<b>5000 ± 10</b>	<b>5000 ± 10</b>	<b>5000 ± 10</b>	N° de Esferas		12	11	8	6	N° de Revoluciones		500	500	500	500	Tiempo de Rotación (Minutos)		15	15	15	15	Selección del Tipo de Gradación <input type="checkbox"/>
METODO GRADACIÓN		A	B	C	D																																																																																
DIÁMETRO TAMICES		CANTIDAD DE MATERIAL A USAR (gr)																																																																																			
QUE PASA	RETENIDO																																																																																				
1 1/2" (38.1mm)	1" (25.0mm)	1250 ± 25																																																																																			
1" (25.0mm)	3/4" (19.0mm)	1250 ± 25																																																																																			
3/4" (19.0mm)	1/2" (12.5mm)	1250 ± 10	2500 ± 10																																																																																		
1/2" (12.5mm)	3/8" (9.5mm)	1250 ± 10	2500 ± 10																																																																																		
3/8" (9.5mm)	1/4" (6.3mm)			2500 ± 10																																																																																	
1/4" (6.3mm)	N°4 (4.75mm)			2500 ± 10																																																																																	
N°4 (4.75mm)	N°8 (2.36mm)				5000 ± 10																																																																																
<b>PESO TOTAL</b>		<b>5000 ± 10</b>	<b>5000 ± 10</b>	<b>5000 ± 10</b>	<b>5000 ± 10</b>																																																																																
N° de Esferas		12	11	8	6																																																																																
N° de Revoluciones		500	500	500	500																																																																																
Tiempo de Rotación (Minutos)		15	15	15	15																																																																																
	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>Granulometría del Ensayo</th> <th>Numero de Esferas</th> <th>Peso TOTAL (gr)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>A</td> <td>12</td> <td>5000±25</td> </tr> <tr> <td>B</td> <td>11</td> <td>4584±25</td> </tr> <tr> <td>C</td> <td>8</td> <td>3330±20</td> </tr> <tr> <td>D</td> <td>6</td> <td>2500±15</td> </tr> </tbody> </table>	Granulometría del Ensayo	Numero de Esferas	Peso TOTAL (gr)	A	12	5000±25	B	11	4584±25	C	8	3330±20	D	6	2500±15																																																																					
Granulometría del Ensayo	Numero de Esferas	Peso TOTAL (gr)																																																																																			
A	12	5000±25																																																																																			
B	11	4584±25																																																																																			
C	8	3330±20																																																																																			
D	6	2500±15																																																																																			
	Porcentaje de Desgaste: <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: fit-content; margin: 0 auto;"> <math display="block">De = \frac{(P1 - P2)}{P1} \times 100</math> </div>																																																																																				
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="2">ABRASIÓN Y/O DESGASTE</th> <th>M1</th> <th>M2</th> <th>M3</th> <th>PROMEDIO</th> <th>Und</th> </tr> <tr> <th>DESCRIPCION</th> <th>Simbolo</th> <th>(g)</th> <th>(g)</th> <th>(g)</th> <th>(g)</th> <th></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Peso original de muestra :</td> <td>P1</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>g</td> </tr> <tr> <td>Peso de la muestra (500 Rev) :</td> <td>P2</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>g</td> </tr> <tr> <td>Diferencia de Pesos :</td> <td>(P1-P2)</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>g</td> </tr> <tr> <td><b>% Desgaste :</b></td> <td><b>De</b></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>%</td> </tr> </tbody> </table>		ABRASIÓN Y/O DESGASTE		M1	M2	M3	PROMEDIO	Und	DESCRIPCION	Simbolo	(g)	(g)	(g)	(g)		Peso original de muestra :	P1					g	Peso de la muestra (500 Rev) :	P2					g	Diferencia de Pesos :	(P1-P2)					g	<b>% Desgaste :</b>	<b>De</b>					%																																										
ABRASIÓN Y/O DESGASTE		M1	M2	M3	PROMEDIO	Und																																																																															
DESCRIPCION	Simbolo	(g)	(g)	(g)	(g)																																																																																
Peso original de muestra :	P1					g																																																																															
Peso de la muestra (500 Rev) :	P2					g																																																																															
Diferencia de Pesos :	(P1-P2)					g																																																																															
<b>% Desgaste :</b>	<b>De</b>					%																																																																															
<p><b>Fuente Propia (*).</b></p> <p>Según la Norma Técnica Peruana 400.037 Especificaciones Normalizadas para Agregados de hormigon (Concreto) tabla N°4 Resistencia Mecanica de Agregados. Abrasion (metodo de los Angeles) no mayor que 50%</p>																																																																																					
<p><b>Obserbaciones:</b> _____</p>																																																																																					

Nota: Imagen obtenida de fuente propia.



Tabla 36 Plantilla Excel, Ensayo Granulometría para el agregado grueso.

<div style="display: inline-block; text-align: center;"> <p><b>UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO</b>  <b>FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA</b>  <b>ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL</b>  <i>"Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional"</i></p> </div>	<p><i>Hoja de Toma de Datos.</i></p>								
<p><b>Tesis:</b> "EVALUACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN AXIAL DEL CONCRETO <math>f'_c</math>: 210 Kg/cm<sup>2</sup>, ELABORADO CON ADICIONES PORCENTUALES DE 5%, 10% Y 15% DE DIATOMITA EN ESTADO CALCINADO CON RESPECTO A UN CONCRETO PATRÓN A LOS 7, 14 Y 28 DÍAS DE CURADO".</p>									
<p>Por: <span style="float: right;">Fecha : ...../...../.....</span>          Bach. WALTER RUDI PEREZ RAMOS.</p>									
<p><b>GRANULOMETRÍA - AGREGADO GRUESO</b>  <b>Gradación según Límites Granulometricos N.T.P. 400.037</b></p>									
<p><i>Cantera Agregado Grueso:</i></p> <p>TMN: _____ (pulg)</p> <p>Cantidad de Agregado según NTP 400.012 (Según la Tabla 01). <span style="float: right;">Cantidad de Material utilizado:</span>          Entre: _____ gr. <span style="float: right;">Total: _____ gr.</span>          (Después del cuarteo)</p>									
<p><b>GRANULOMETRÍA DEL AGREGADO GRUESO - CANTERA DE VICHO</b></p>									
Mallas	PESO RETENIDO (g)				RETENIDO PROMEDI	RETENIDO ACUMULA	ACUMULA DO QUE PASA	LÍMITES NTP 400.037 (Huso 06)	
Pulg.	Ø mm	M1	M2	M3	PROMEDIO	O %	DO %	%	%
1"	25.00								100.00%
3/4"	19.00								90.00%
1/2"	12.50								20.00%
3/8"	9.50								0.00%
# 4	4.75								0.00%
TOTAL( enTámices):						100.00%			
Fondo Cazuela									
TOTAL:									

**GRÁFICA DE LÍMITES**

Fuente Propia (\*).

**Observaciones:** \_\_\_\_\_

Nota: Imagen obtenida de fuente propia.





**Tabla 37** Formato para el Ensayo Contenido de Humedad para el agregado grueso

 <b>UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA</b> <b>ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL</b> <i>"Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional"</i>	 <small>ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL</small>																																				
Hoja de Toma de Datos.																																					
<b>Tesis:</b> "EVALUACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN AXIAL DEL CONCRETO $f_c$ : 210 Kg/cm <sup>2</sup> , ELABORADO CON ADICIONES PORCENTUALES DE 5%, 10% Y 15% DE DIATOMITA EN ESTADO CALCINADO CON RESPECTO A UN CONCRETO PATRÓN A LOS 7, 14 Y 28 DÍAS DE CURADO".																																					
<b>Por:</b> Bach. WALTER RUDI PEREZ RAMOS. <span style="float: right;">Fecha : ...../...../.....</span>																																					
<b>CONTENIDO DE HUMEDAD - AGREGADOS</b> <b>Ensayos según la NORMA TECNICA PERUANA 339.185</b>																																					
Método de Ensayo Normalizado para Contenido de Humedad Total evaporable de agregados por Secado.																																					
<b>Procedencia de cantera:</b> _____  TMN: _____  <b>Cantidad de Material utilizado:</b> Total: _____ gr. <small>Según la Norma NTP 339.185 (Tabla 1)</small>																																					
<b>CONTENIDO DE HUMEDAD DE LOS AGREGADOS</b>																																					
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 10%;"></th> <th style="width: 60%;"></th> <th style="width: 5%;">M-1</th> <th style="width: 5%;">M-2</th> <th style="width: 5%;">M-3</th> <th style="width: 5%;">M-4</th> <th style="width: 5%;">M-5</th> <th style="width: 5%;">Promedio</th> <th style="width: 5%;">Und.</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>W =</td> <td>Peso de la Muestra en estado Natural.</td> <td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>gr</td> </tr> <tr> <td>D =</td> <td>Peso de la Muestra Seca despues del home</td> <td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>gr</td> </tr> <tr> <td>P =</td> <td>CONTENIDO DE HUMEDAD</td> <td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>%</td> </tr> </tbody> </table>				M-1	M-2	M-3	M-4	M-5	Promedio	Und.	W =	Peso de la Muestra en estado Natural.							gr	D =	Peso de la Muestra Seca despues del home							gr	P =	CONTENIDO DE HUMEDAD							%
		M-1	M-2	M-3	M-4	M-5	Promedio	Und.																													
W =	Peso de la Muestra en estado Natural.							gr																													
D =	Peso de la Muestra Seca despues del home							gr																													
P =	CONTENIDO DE HUMEDAD							%																													
<b>TOTAL Contenido de Humedad (Agregado):</b> <span style="border: 1px solid black; padding: 5px; display: inline-block;"> <math>P = 100 \times \frac{(W - D)}{D}</math> </span> %																																					
Fuente Propia (*).																																					
<b>Observaciones:</b> _____ _____																																					

*Nota:* Imagen obtenida de fuente propia.



**Tabla 38** Formato para el Ensayo Peso específico y Porcentaje de Absorción para el agregado grueso.

 <b>UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA</b> <b>ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL</b>	 Hoja de Toma de Datos.						
<b>Tesis:</b> "EVALUACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN AXIAL DEL CONCRETO f'c: 210 Kg/cm2, ELABORADO CON ADICIONES PORCENTUALES DE 5%, 10% Y 15% DE DIATOMITA EN ESTADO CALCINADO CON RESPECTO A UN CONCRETO PATRÓN A LOS 7, 14 Y 28 DÍAS DE CURADO".							
<b>Por:</b> Bach. WALTER RUDI PEREZ RAMOS. <span style="float: right;">Fecha : ...../...../.....</span>							
<b>PESO ESPECÍFICO &amp; %ABSORCIÓN - AGREGADO GRUESO</b> <b>Ensayos según la N.T.P. 400.021</b>							
Método de Ensayo Normalizado para Peso Específico y Absorción del Agregado Grueso.							
<b>Cantera Agregado Grueso:</b> _____  TMN: <u>3/4"</u>							
<b>Cantidad de Material utilizado:</b> Total: _____ <small>Según la Norma NTP 400.021 (Tabla 1)</small>							
<b>PESO ESPECÍFICO &amp; %ABSORCIÓN</b>							
<b>Peso Especifico de Masa:</b> $(P_{em}) = \frac{A}{B - C}$	<b>Peso Especifico de Masa Saturado con Superficie Seca</b> $(P_{eSSS}) = \frac{B}{B - C}$	<b>Absorción:</b> $(Abs) = \frac{B - A}{A} \times 100$					
<p><b>A</b> = Peso de la Muestra Seca.  <b>B</b> = Peso de la Muestras Saturada Superficialmente Seca.  <b>C</b> = Peso de la Muestra Saturada dentro del Agua.</p>							
SIMBOLO		M-1	M-2	M-3	Promedio	Und	
	Peso de la Muestra Saturada dentro del Agua + Canastilla.						gr
	Peso de la Canastilla Dentro del Agua.						gr
<b>A</b> =	Peso de la Muestra Seca						gr
<b>B</b> =	Peso de la Muestras Saturada Superficialmente Seca						gr
<b>C</b> =	Peso de la Muestra Saturada dentro del Agua						gr
<b>Pem</b> =	<b>Peso Especifico de masa:</b>						g/cm3
<b>PeSSS</b> =	<b>especifico de masa Saturado con Superficie Seca:</b>						g/cm3
<b>Abs</b> =	<b>Absorción expresado en porcentaje:</b>						%
<b>Observaciones:</b> _____							

Nota: Imagen obtenida de fuente propia.







Tabla 39 Formato para Ensayo Peso Unitario del agregado grueso.

<b>UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA</b> <b>ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL</b> <i>"Año del Fortalecimiento de la Soberanía N"</i>						
<i>Hoja de Toma de Datos.</i>						
<b>Tesis:</b>	"EVALUACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN AXIAL DEL CONCRETO f'c: 210 Kg/cm <sup>2</sup> , ELABORADO CON ADICIONES PORCENTUALES DE 5%, 10% Y 15% DE DIATOMITA EN ESTADO CALCINADO CON RESPECTO A UN CONCRETO PATRÓN A LOS 7, 14 Y 28 DÍAS DE CURADO".					
<b>Por:</b>	Bach. WALTER RUDI PEREZ RAMOS. <span style="float: right;">Fecha : ...../...../.....</span>					
<b>PESO UNITARIO - AGREGADOS</b> <b>Ensayos según la NORMA TÉCNICA PERUANA 400.017</b>						
<i>Método de Ensayo para determinar el Peso Unitario del Agregado</i>						
<u>Procedencia de Agregado:</u> _____						
<u>Cantidad de Material a Usar:</u>						
Total: _____ Kg.						
<b>PESO UNITARIO DEL AGREGADO: .....</b>						
<b><u>PESO UNITARIO SUELTO</u></b> $PUs = \frac{Gsc - T}{Ve}$	<b><u>PESO UNITARIO COMPACTADO</u></b> $PUc = \frac{Gco - T}{Ve}$					
T : Peso del Envase <span style="float: right;">g</span> V : Volumen del Envase <span style="float: right;">cm<sup>3</sup></span> Gsc : Envase + Muestra (SIN Compactar) <span style="float: right;">g</span> Gsc - T : Muestra (SIN Compactar) <span style="float: right;">g</span> Gco : Envase + Muestra (COMPACTADO) <span style="float: right;">g</span> Gco - T : Muestra (COMPACTADO) <span style="float: right;">g</span>						
<b>DATOS :</b>	<b>A. GRUESO - CANTERA MCHO</b>	<b>M-1</b>	<b>M-2</b>	<b>M-3</b>	<b>PROMED.</b>	<b>Und.</b>
T :	Peso del Envase					g
V :	Volumen del Envase					cm <sup>3</sup>
Gsc :	Envase + Muestra (SIN Compactar)					g
Gsc - T :	Muestra (SIN Compactar)					g
Gco :	Envase + Muestra (COMPACTADO)					g
Gco - T :	Muestra (COMPACTADO)					g
PUs :	PESO UNITARIO SUELTO :					g/cm <sup>3</sup>
PUc :	PESO UNITARIO COMPACTADO :					g/cm <sup>3</sup>
<b>Observaciones:</b> _____						

Nota: Imagen obtenida de fuente propia.





**Tabla 40** *Formato de recolección de datos del revenimiento del Concreto durante su elaboración.*

 <p style="margin: 0;"><b>UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO</b> FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA <b>ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL</b> <i>"Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional"</i></p> 	<i>Hoja de Toma de Datos.</i>																																		
<p><b>Tesis:</b> "EVALUACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN AXIAL DEL CONCRETO <math>f'_c</math>: 210 Kg/cm<sup>2</sup>, ELABORADO CON ADICIONES PORCENTUALES DE 5%, 10% Y 15% DE DIATOMITA EN ESTADO CALCINADO CON RESPECTO A UN CONCRETO PATRÓN A LOS 7, 14 Y 28 DÍAS DE CURADO".</p>																																			
<p>Por: <i>Bach. WALTER RUDI PEREZ RAMOS.</i></p>	<p>Fecha : ...../...../.....</p>																																		
<p><b>SLUMP DEL CONCRETO DURANTE SU ELABORACION</b></p>																																			
<p><i>Instrumentos:</i> _____</p>																																			
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th rowspan="2">CONCRETO EN ELABORACIÓN</th> <th colspan="4">SLUMP (Pulgadas)</th> <th rowspan="2">Slump Promedio</th> </tr> <tr> <th>Tanda 01</th> <th>Tanda 02</th> <th>Tanda 03</th> <th>Tanda 04</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>F'c: 210 Kg/cm<sup>2</sup> + 0%</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>F'c: 210 Kg/cm<sup>2</sup> + 5%</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>F'c: 210 Kg/cm<sup>2</sup> + 10%</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>F'c: 210 Kg/cm<sup>2</sup> + 15%</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	CONCRETO EN ELABORACIÓN	SLUMP (Pulgadas)				Slump Promedio	Tanda 01	Tanda 02	Tanda 03	Tanda 04	F'c: 210 Kg/cm <sup>2</sup> + 0%						F'c: 210 Kg/cm <sup>2</sup> + 5%						F'c: 210 Kg/cm <sup>2</sup> + 10%						F'c: 210 Kg/cm <sup>2</sup> + 15%						<p>En cada tanda se elaborará 04 Probetas-T estigos mas su adición de 0%,5%,10% Y 15% de diatomita en estado calcinado respecto del peso del cemento de acuerdo a la capacidad del trompo de 3 Pies cubicos.</p> <p><b>Observaciones:</b> _____</p> <p>_____</p>
CONCRETO EN ELABORACIÓN		SLUMP (Pulgadas)					Slump Promedio																												
	Tanda 01	Tanda 02	Tanda 03	Tanda 04																															
F'c: 210 Kg/cm <sup>2</sup> + 0%																																			
F'c: 210 Kg/cm <sup>2</sup> + 5%																																			
F'c: 210 Kg/cm <sup>2</sup> + 10%																																			
F'c: 210 Kg/cm <sup>2</sup> + 15%																																			

*Nota:* Imagen obtenida de fuente propia.



**Tabla 41**      *Formato de recolección de datos de Temperatura del concreto en estado fresco y/o recién elaborado.*

	<p><b>UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO</b>  <b>FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA</b>  <b>ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL</b>  <i>"Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional"</i></p>				
<i>Hoja de Toma de Datos.</i>					
<b>Tesis:</b>	<p>"EVALUACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN AXIAL DEL CONCRETO f'c: 210 Kg/cm<sup>2</sup>, ELABORADO CON ADICIONES PORCENTUALES DE 5%, 10% Y 15% DE DIATOMITA EN ESTADO CALCINADO CON RESPECTO A UN CONCRETO PATRÓN A LOS 7, 14 Y 28 DÍAS DE CURADO".</p>				
Por:	Fecha : ...../...../.....				
<i>Bach. WALTER RUDI PEREZ RAMOS.</i>					
<b>TEMPERATURA DEL CONCRETO DURANTE SU ELABORACION</b>					
<i>Instrumentos:</i> _____					
<b>CONCRETO EN ELABORACIÓN</b>	<b>Temperatura (Grados Centigrados)</b>				<b>Temperatura Promedio</b>
	Tanda 01	Tanda 02	Tanda 03	Tanda 04	
F'c: 210 Kg/cm <sup>2</sup> + 0%					
F'c: 210 Kg/cm <sup>2</sup> + 5%					
F'c: 210 Kg/cm <sup>2</sup> + 10%					
F'c: 210 Kg/cm <sup>2</sup> + 15%					
<p>En cada tanda se elaborará 04 Probetas-T estigos mas su adición de 0%, 5%, 10% Y 15% de diatomita en estado calcinado respecto del peso del cemento de acuerdo a la capacidad del trompo de 3 Pies cubicos.</p>					
<b>Observaciones:</b> _____					
_____					
_____					
_____					

*Nota:* Imagen obtenida de fuente propia.



**Tabla 42** Formato recolección de datos, corroboración de dimensiones de Probetas-Testigos y apunte de lectura del resultado durante el ensayo de resistencia a la Compresión Axial.

<b>UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA</b> <b>ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL</b> <i>"Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional"</i>													
												Hoja de Toma de Datos.	
<b>Tesis:</b> "EVALUACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN AXIAL DEL CONCRETO f'c: 210 Kg/cm <sup>2</sup> , ELABORADO CON ADICIONES PORCENTUALES DE 5%, 10% Y 15% DE DIATOMITA EN ESTADO CALCINADO CON RESPECTO A UN CONCRETO PATRÓN A LOS 7, 14 Y 28 DÍAS DE CURADO".													
Por: <i>Bach. WALTER RUDI PEREZ RAMOS.</i> <span style="float: right;">Fecha de Moldeo : ...../...../.....</span>													
Fecha de Rotura: ...../...../.....													
<b>PROBETAS-TESTIGOS &amp; ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN AXIAL</b> <b>Ensayos según la NORMA TÉCNICA PERUANA 339.034</b>													
TIEMPO (Días)	PROBETA N°	DATOS OBTENIDOS DE PROTETAS-TESTIGOS DE DIÁMETRO 10 cm y 20 cm de ALTURA.								VERIFICACIÓN RELACION		DATOS DE ROTURA COMPRESION AXIAL	
		Diámetro Superior		Diámetro Inferior		∅:Diámetro	Alturas		Altura	Peso	Altura/Diámetro		Fuerza Aplicada
		∅ 1 (cm)	∅ 2 (cm)	∅ 3 (cm)	∅ 4 (cm)	Promedio Dp (cm)	h1 (cm)	h2 (cm)	Promedio Lp (cm)	Probeta (Kg)	Lp/Dp	Lp/Dp > 1.75	(Accutex) (Kg)

**Observaciones:** \_\_\_\_\_

*Nota:* Imagen obtenida de fuente propia.




### 3.5.2 Instrumentos de ingeniería.

Los instrumentos, herramientas y equipos utilizados en esta investigación, son del Laboratorio de suelos, materiales concreto y asfalto de Ingeniería Civil, “**Ficha para utilizar equipos de laboratorio**”.

LA facultad de ingeniería civil, y el mencionado laboratorio cuenta con la respectiva certificación de todos sus instrumentos y equipos a utilizar en la presente investigación.





Los instrumentos requeridos para la investigación son de acuerdo a los siguientes cuadros:

**Tabla 43** *Extracción y calcinación de diatomita.*

DESCRIPCIÓN DEL INSTRUMENTO		IMAGEN
<b>Extracción de muestra.</b>	La obtención de la diatomita objeto de investigación ha sido extraído del distrito de san Sebastián Provincia y Departamento de Cusco.	
<b>Horno de calcinación de diatomita.</b>	Horno de cocción de ladrillos de la empresa ladrillera LATESA, el cual ha sido utilizado para la calcinación de la diatomita objeto de estudio.	
<b>Termómetro de horno.</b>	Instrumento que registra la temperatura en interior del honor de cocción de ladrillos mecanizados, el cual alcanza la temperatura de 900 °C	



**Tabla 44** Instrumentos usados en el laboratorio de tecnología de concreto.





Descripción del instrumento	Imagen
<p><b>Juego de tamices estándar.</b></p> <p>Cada tamiz tiene un diámetro interior de 8 pulgadas, estos serán montados sobre armaduras construidas de tal manera que se prevea pérdida de material durante el tamizado. Los tamices están en números ascendentes para el Agregado Fino desde el #4, #8, #16, #30, #50, #100, #200 y cazuela y de orden descendente para el Agregado Grueso 1- 1/2", 1", 3/4", 1/2", 3/8", #4, #8 y cazuela.</p>	
<p><b>Agitador mecánico de tamices.</b></p> <p>Un agitador mecánico impartirá un movimiento vertical o movimiento lateral al tamiz, causando que las partículas tiendan a saltar y girar presentando así diferentes orientaciones a la superficie del tamizado. El tiempo del tamizado será a criterio del ensayista ya que un exceso podría producir una degradación de la muestra lo recomendable es de un periodo de 1.5 a 2.5 minutos.</p>	
<p><b>Balanza electrónica (capacidad 30kg).</b></p> <p>Balanza Electrónica comercial, ideal para pesar a los agregados, con precisión de 2 decimales representa en Kg. y con sensibilidad de error de <math>\pm 0.001</math> Kg.</p>	
<p><b>Balanza electrónica (capacidad 5000 g).</b></p> <p>Balanza Electrónica, ideal para pesar a los agregados con más precisión, con 2 decimales de precisión representa en g. y con sensibilidad de error de <math>\pm 0.001</math> g.</p>	






<p><b>Balanza electrónica hidrostática</b> (cap. 5000 g).</p>	<p>Balanza Electrónica de uso exclusivo para medidas de peso en el agua, este equipo tiene una perilla donde se sujeta el cable de la canastilla enmallada acuática, equipo ideal para pesar a los agregados dentro del agua, con 2 decimales de precisión representa en g. y con sensibilidad de error de <math>\pm 0.001</math>g.</p>	
<p><b>Horno eléctrico de materiales.</b></p>	<p>Es un horno con recirculante de aire, termostáticamente controlado para garantizar una temperatura uniforme de <math>105\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}</math>.</p>	
<p><b>Fiola &amp; equipo de bomba de vacíos.</b></p>	<p>Fiola. - Instrumento de Vidrio, también llamados matraces aforados, son recipientes de vidrio de cuello muy largo y angosto, el cual tienen una marca que señala el volumen (en nuestro caso de 500 cm<sup>3</sup>)</p> <p>Bomba de vacíos. - Equipo que succiona el aire a una determinada presión, ideal para conectar a una Fiola para extraer los vacíos que existe en el agregado fino con agua.</p>	
<p><b>Cono de absorción y apisonador de metal.</b></p>	<p>Es metálico de forma cónica de 40 mm <math>\pm</math> 3mm de diámetro en la parte superior, 90mm <math>\pm</math> 3mm de diámetro en la parte inferior y 75 mm <math>\pm</math> 3 mm de altura.</p> <p>Apisonador con un peso de 340g <math>\pm</math> 15g, con un extremo de superficie plana circular de 25mm <math>\pm</math> 3mm de diámetro de contacto</p>	





<p><b>Barra compactadora o varilla apisonadora.</b></p>	<p>Es una varilla de acero liso de sección circular de 3/8", con una longitud de 50 cm aproximadamente y de forma redondeada en ambos extremos.</p>	
<p><b>Cono de Abraham.</b></p>	<p>Es un molde metálico con forma de cono truncado, con un diámetro en la base de 20cm (8") y un diámetro en la parte superior de 10cm (4"), con una altura de 30cm (12"). Este elemento permite realizar los ensayos de consistencia del concreto en estado fresco.</p>	
<p><b>Mezcladora de concreto tipo trompo.</b></p>	<p>Es una mezcladora de concreto tipo trompo- eléctrico, diseñado y construido para la preparación de concreto con capacidad de 3 P<sup>3</sup></p>	
<p><b>Moldes de probetas cilíndricas (Briqueta).</b></p>	<p>Son moldes cilíndricos metálicos que permiten la retención del concreto fresco hasta que este llegue a fraguar. Sus dimensiones son: 10cm (4") de diámetro y 20cm (8") de altura</p>	



<p><b>Equipo de compresión.</b></p>	<p>Es un equipo que permite evaluar cuan resistente es un concreto cuando este es sometido a una fuerza axial uniforme, capaz de mantener una velocidad de carga continua.</p>	
<p><b>Carga esférica para gradación.</b></p>	<p>La carga consistirá en esferas de acero de aproximadamente 46.8mm (1 27/32 pulg), de diámetro y cada una tendrá una masa de 390g – 450g. Estas esferas serán colocadas en la máquina de los Ángeles.</p>	
<p><b>Máquina de los ángeles.</b></p>	<p>Cilindro hueco de acero cerrado en ambos extremos, con diámetro interior de 28 pulg <math>\pm</math> 0.2 pulg y una longitud interior de 20 pulg <math>\pm</math> 0.2 pulg y 1.5 cm de espesor. En el interior del cilindro a lo largo existe una pestaña de espesor 1" y de altura 3.5 pulg <math>\pm</math> 0.1 pulg. Este cilindro es montado sobre ejes salientes de sus costados, no pasantes, de tal manera que pueda rotar con el eje en posición horizontal, con una tolerancia de inclinación de <math>\pm</math>1%, tiene una abertura de 6 pulg para la introducción de la muestra del ensayo y deberá tener una tapa con su respectivo empaque de goma para luego ser fijados en sus pernos.</p>	

*Nota:* Imagen obtenida de fuente propia.



### 3.5.3 Procedimientos de recolección de datos.

Para la recolección de esta investigación es de suma importancia tener a los agregados en condiciones ideales para la elaboración del concreto, los agregados deberán estar limpios de cualquier impureza orgánica o agentes extraños que sean perjudiciales para la respectiva elaboración del concreto.

Por lo tanto, los agregados serán lavados con agua y secados a temperaturas ambientales para luego ser guardados-almacenados en envases ideales debidamente protegidos y en lugares frescos.

**Figura 33** *Lavado y almacenamiento de los agregados.*



*Nota:* Imagen obtenida de fuente Propia.

Para la recolección de datos es muy importante tener la cantidad de materiales en stock (cantidad de materiales almacenados en envases y en lugares adecuados y frescos).

La cantidad de materiales que usaremos en esta investigación tendrá que ser lo suficiente para abastecer a:

- ✓ Elaboración de 72 Probetas testigos.
- ✓ Diferentes ensayos de Laboratorios de Tecnología del Concreto.

De tal forma en esta investigación se utilizó la siguiente cantidad de materiales próximos:



**Tabla 45** Cantidad de materiales próximos por 06 probetas a usar en la investigación.

Elemento		Peso Específico (Kg/m <sup>3</sup> )	Peso (kg) 01 m <sup>3</sup> C°		Volumen 01 (m <sup>3</sup> )	Porcentaje Peso (%)	Peso 01 Probeta (Kg)	Volumen 01 (m <sup>3</sup> C°)	Peso kg/Tanda 06 Probeta + 10% Fs.	
AGUA		1000	146.084	146.084	0.146	6.67%	I PROBETA-TESTIGO = 0.00157 m <sup>3</sup>	<b>0.229</b>	0.146	<b>1.514</b>
AIRE		----	0.000	0.000	0.020	0.00%		<b>0.000</b>	0.020	<b>0.000</b>
CEMENTO		2850	342.342	342.342	0.120	15.63%		<b>0.538</b>	0.120	<b>3.549</b>
AGREGADO GRUESO (Cantera Vicho)		2500	1076.991	1076.991	0.431	49.17%		<b>1.692</b>	0.431	<b>11.165</b>
AGREGADO FINO	Mina Roja (35%)	2480.00	624.990	218.747	0.088	28.53%		<b>0.344</b>	0.088	<b>2.268</b>
	Cunyac (65%)	2530.00		406.244	0.161		<b>0.638</b>	0.161	<b>4.212</b>	
<b>TOTAL:</b>			<b>2190.407</b>	<b>2190.407</b>	<b>0.966</b>	<b>100.00%</b>	<b>3.441</b>	<b>0.966</b>	<b>22.709</b>	

*Nota:* Imagen obtenida de fuente propia.

De tal forma estos materiales deberán tener las mismas propiedades físicas, mecánicas y químicas, desde el inicio de la investigación hasta el momento de la elaboración del concreto.

La calidad del concreto depende básicamente de las propiedades Físicas, Mecánicas y Químicas de sus componentes como su dosificación en el diseño de mezclas. Siendo así se realizó los diferentes ensayos de laboratorio para la recolección de datos de esta investigación.

Es muy importante utilizar los equipos de protección personal para la realización de los diferentes ensayos, el cual nos protegerán de cualquier impacto negativo.

#### Equipo de Protección Personal:

- ✓ 01 Par de Guantes de cuero.
- ✓ 01 lentes transparente.
- ✓ 01 mascarillas respiratorias contra el polvo.
- ✓ 01 casco.
- ✓ 01 mameluco.
- ✓ 01 guardapolvo.

**Figura 34** Equipo de Protección Personal.



*Nota:* Imagen obtenida de fuente propia.

### 3.5.3.1 Muestreo de los agregados.

Para el muestreo los agregados éstos deberán estar en condiciones ideales, limpias y libres de cualquier elemento perjudicial para la elaboración del concreto, serán cantidades requeridas según indiquen las normas técnicas peruanas a utilizar. Para este procedimiento, es importante conocer el procedimiento técnico y la correcta obtención de muestras representativas en Laboratorio para cada ensayo.

El muestreo de los agregados y las cantidades a utilizar será de acuerdo a lo que requiere cada ensayo según sean las Norma.

#### a) Equipos y materiales utilizados en la prueba:

- ✓ Muestra de Agregado Grueso, cantidad según requerimiento de Norma Técnica Peruana para cada ensayo.
- ✓ Muestra de Agregado Fino cantidad según requerimiento de Norma Técnica Peruana para cada ensayo.
- ✓ 01 brocha y/o escoba.
- ✓ 01 regla de madera.
- ✓ 01 espátula y Pala.
- ✓ 01 balanza, capacidad 30 Kg.
- ✓ 01 balde y/o bolsa para guardar la muestra seleccionada.
- ✓ 02 EPP.

**b) Procedimiento:**

- ✓ Se toman muestras de cantidad según sea el requerimiento de cada ensayo de acuerdo a la Norma Técnica Peruana.
- ✓ Del mismo modo las muestras del Agregado Fino de esta investigación deberán pasar al 100% el tamiz #4, y lo que retenga esta malla se desechará.
- ✓ Se forma un montón de agregado Fino con la pala dándole forma de un cono, darle de preferencia como mínimo 7 vueltas removiendo con la pala el agregado.
- ✓ Con la pala bajamos la punta del cono para facilitar la división.
- ✓ Con la regla se procede a dividir diagonalmente el agregado en 4 partes semejantes.
- ✓ Una vez dividida se procede a escoger 2 partes semejantes diagonalmente opuestas.
- ✓ La toma de datos se realizó de acuerdo a la cantidad sugerida de cada norma en cada ensayo.

**Figura 35** Muestreo del agregado grueso y agregado fino.



Nota: *Imagen obtenida de fuente propia.*

**c) Toma de Datos:**

- ✓ La toma de datos se realizó de acuerdo a la cantidad sugerida de cada norma en cada ensayo.

**3.5.3.2 Ensayo, resistencia a la abrasión y/o desgaste de muestras de agregado grueso.**

Ensayo resguardado según (N.T.P. 400.019, 2002). Este método de ensayo es una medida de la degradación de agregados minerales de degradaciones Normalizadas resultantes de una combinación de acciones, las cuales incluyen abrasión y/o desgaste, impacto y trituración, en un tambor de acero (máquina de los Ángeles) en rotación que contiene un número especificado de esferas de acero, dependiendo de la gradación de la muestra de ensayo. Al rotar el tambor la muestra y las bolas de acero son recogidas por una pestaña de acero transportándolas hasta que son arrojadas al lado opuesto del tambor, creando un efecto de trituración por impacto, este



ciclo es repetido mientras el tambor gira con su contenido. Luego de un número de revoluciones establecido, el agregado es retirado del tambor para medir su degradación.

**a) Equipos utilizados en la prueba:**

- ✓ 01 máquina de los Ángeles.
- ✓ 11 cargas esféricas (440g) para Agregado Grueso.
- ✓ 01 balanza capacidad 30 Kg.
- ✓ 02 tamices, #4 (4.75mm) y #8 (2.36mm) – gradación “D”.
- ✓ 03 tamices, ¾”, ½” y 3/8” – gradación “B”.
- ✓ 01 horno, con temperatura de 110 °C + 5 °C de manera constante.
- ✓ 02 taras y/o recipientes.
- ✓ 01 brocha.
- ✓ 02 EPP.

**b) Procedimiento para el Agregado Grueso, gradación “B”:**

- ✓ Se utilizó EPP’s.
- ✓ Para este efecto se toma de muestras de Agregado Grueso después del cuarteo, secadas en el horno,
- ✓ Se escoge 2.5 Kg de muestra que haya pasado por el tamiz ¾” y retenido en el tamiz ½”.
- ✓ Se escoge 2.5 Kg de muestra que haya pasado el tamiz ½” y retenido en el tamiz 3/8”.
- ✓ Se introduce suma de ambas muestras (5 Kg) en el interior de la Máquina de los Ángeles.
- ✓ Se introduce las 11 cargas esféricas metálicas de gradación en el interior de la Máquina de los Ángeles.
- ✓ Asegurar y/o ajustar la tapa con los tornillos respectivos de tal forma que este bien ajustado.
- ✓ Encender la Máquina de los Ángeles y programar a 500 revoluciones y empezar con el ensayo de Abrasión.



- ✓ Una vez terminada la sesión de revoluciones se retira cuidadosamente la muestra que fueron impactadas.
- ✓ Se montan los 2 tamices 1/2" y 3/8" y enseguida se vuelve a tamizar la muestra que ha sido impactada.
- ✓ Verificar el porcentaje de desgaste en función de la muestra original retenida.
- ✓ Verificar la Resistencia mecánica según la (N.T.P. 400.037, 2014), en la tabla N° 04, en función de la abrasión.

**c) Toma de Datos:**

**Tabla 46** *Toma de datos, del ensayo de resistencia a la abrasión de muestras de agregado grueso.*

ENSAYO A LA ABRASION Y/O DESGASTE (Gradación "B") 11 Esferas		MUESTRA - AGREGADO GRUESO				
		M1 (g)	M2 (g)	M3 (g)	PROMEDIO (g) Und	UND
DESCRIPCION	Símbolo					
Peso original de muestra:	P1	5000.00	5000.00	5000.00	5000.00	g
Peso de la muestra posterior (500 Rev): Suma de retenidos 1/2 y 3/8	P2	3825.40	3801.47	3798.57	3808.15	g
Diferencia de Pesos:	(P1-P2)	1174.60	1199.53	1202.43	1191.85	g
% Desgaste:	De	23.49%	23.97%	24.05%	23.84% %	%

*Nota:* Imagen obtenida de fuente propia.

**3.5.3.3 Ensayo, granulometría para muestras de agregado fino.**

El objetivo de este ensayo es que las muestras de Agregado Fino estén graduadas dentro de los límites indicados según la norma (N.T.P. 400.037, 2014).

**a) Material y equipos utilizados en la prueba:**

- ✓ Agregado Fino de Cunyac - seco.
- ✓ Agregado Fino de Mina Roja - seco.
- ✓ Combinación de Agregado Fino de ambas canteras (35% Mina Roja y 65% Cunyac) - seco.
- ✓ 01 horno eléctrico de materiales.
- ✓ 01 tamizador mecánico.
- ✓ 01 juego de tamices (3/8", #4, #8, #16, #30, #50, #100, #200 y el fondo).





- ✓ 01 balanza capacidad 30 Kg.
- ✓ 01 brocha.
- ✓ Recipientes.

**b) Procedimiento:**

- ✓ Del muestreo se extraen muestras de Agregado Fino de 02 kg aproximadamente y son colocadas en el horno a temperatura constante  $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$  durante 24 horas para que este en condición seca.
- ✓ Se toma 1500 gr de muestras de Agregado Fino y es sometida a un proceso de tamizado mecánico a través de una serie de tamices estandarizados y ordenados en forma decreciente de acuerdo al tamaño.
- ✓ Los tamices utilizados son en este orden los siguientes: 3/8", #4, #8, #16, #30, #50, #100, #200 y el fondo.
- ✓ Concluido el proceso de tamizado, se procede a pesar cada porción de material que ha sido retenido en cada tamiz y se anota. Cada uno de estos pesos retenidos debe ser expresados como un porcentaje del total de la muestra.
- ✓ Una vez procesado los cálculos se obtiene la gráfica de la curva granulométrica.

**Figura 36** *Ensayo de granulometría para las muestras de agregado fino.*



Nota: *Imagen obtenida de fuente propia.*



c) Toma de datos:

**Tabla 47** Toma de datos, peso retenido de granulometría de muestras de agregado fino.

MALLA ESTÁNDAR		CANTERA CUNYAC - PESO RETENIDO (g)				RETENIDO PROMEDIO %	RETENIDO ACUMULADO %	ACUMULADO QUE PASA %
Pulg.	Ø mm	M1	M2	M3	PROMEDIO			
3/8"	9.500	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%	<b>0.00%</b>	100%
#4	4.750	1.10	8.30	10.07	6.49	0.45%	<b>0.45%</b>	99.55%
#8	2.360	31.50	28.77	29.11	29.79	2.07%	<b>2.53%</b>	97.47%
#16	1.180	94.40	101.01	90.03	95.15	6.63%	<b>9.15%</b>	90.85%
#30	0.600	251.98	257.12	260.08	256.39	17.86%	<b>27.01%</b>	72.99%
#50	0.300	454.90	466.66	433.54	451.70	31.46%	<b>58.46%</b>	41.54%
#100	0.150	387.40	379.21	380.41	382.34	26.63%	<b>85.09%</b>	14.91%
#200	0.074	222.00	195.21	225.10	214.10	14.91%	<b>100%</b>	0.00%
TOTAL (en Tamices):		1443.28	1436.28	1428.34	1435.97	100%	-	-
Fondo Cazuela		56.72	63.72	71.66	64.03	4.27%	-	MF=2.3-3.1
TOTAL:		1500.0	1500.0	1500.0	1500.0	Módulo de Fineza		<b>1.83.</b>

Mallas estándar		CANTERA MINA ROJA - PESO RETENIDO (g)				RETENIDO PROMEDIO %	RETENIDO ACUMULADO %	ACUMULADO QUE PASA %
Pulg.	Ø mm	M1	M2	M3	PROMEDIO			
3/8"	9.500	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%	<b>0.00%</b>	100%
#4	4.750	443.11	439.35	395.33	425.93	28.69%	<b>28.69%</b>	71.31%
#8	2.360	338.41	371.35	344.99	351.58	23.68%	<b>52.37%</b>	47.63%
#16	1.180	298.77	299.45	312.33	303.52	20.44%	<b>72.81%</b>	27.19%
#30	0.600	209.49	193.60	221.31	208.13	14.02%	<b>86.83%</b>	13.17%
#50	0.300	123.36	102.33	165.51	130.40	8.78%	<b>95.61%</b>	4.39%
#100	0.150	45.85	49.02	30.31	41.73	2.81%	<b>98.42%</b>	1.58%
#200	0.074	24.30	26.79	19.21	23.43	1.58%	<b>100%</b>	0.00%
TOTAL (en Tamices):		1483.29	1481.89	1488.99	1484.72	100%	-	-
Fondo Cazuela		16.71	18.11	11.01	15.28	-		<b>Mf=2.3-3.1</b>
TOTAL:		1500.00	1500.00	1500.00	1500.00	Módulo de Fineza		<b>4.35.</b>

Nota: Imagen obtenida de fuente propia.



Mallas estándar		Cunyac (65%) y Mina roja (35%) Peso retenido (gr)				Retenido Promedio %	Retenido acumulado %	Acumulado que pasa %
Pulg.	Ø mm	MI	M2	M3	PROM EDIO			
3/8"	9.500	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%	<b>0.00%</b>	100%
#4	4.750	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%	<b>0.00%</b>	100%
#8	2.360	132.63	168.59	179.48	160.23	10.90%	<b>10.90%</b>	89.10%
#16	1.180	231.42	240.79	238.09	236.77	16.11%	<b>27.01%</b>	72.99%
#30	0.600	395.12	345.12	381.17	373.99	25.45%	<b>52.46%</b>	47.54%
# 50	0.300	354.11	349.65	322.73	342.16	23.28%	<b>75.74%</b>	24.26%
#100	0.150	243.05	237.82	227.5	236.14	16.07%	<b>91.80%</b>	8.20%
#200	0.074	116.22	123.39	121.77	120.46	8.20%	<b>100.00%</b>	0.00%
TOTAL (en Tamices):		1472.55	1465.91	1470.78	1469.75	100.00%	-	-
Fondo Cazuela		27.45.	34.09.	29.22	30.25	2.02%-	-	<b>Mf=2.3-3.1</b>
TOTAL:		1500.00	1500.00	1500.00	1500.00	Módulo de Fineza		<b>2.58</b>

*Nota:* Imagen obtenida de fuente propia.

### 3.5.3.4 Ensayo, granulometría para muestras de agregado grueso.

El objetivo de este ensayo las muestras de Agregado Grueso deberán estar graduados dentro de los límites indicados según la norma (N.T.P. 400.037, 2014).

#### a) Material y Equipos utilizados en la prueba:

- ✓ Agregado Grueso de la Cantera de Vicho - seco.
- ✓ 01 horno eléctrico de materiales.
- ✓ 01 tamizador mecánico.
- ✓ 01 juego de tamices (1", ¾", ½", 3/8", #4 y el fondo).
- ✓ 01 balanza capacidad 30 Kg.
- ✓ 01 brocha.
- ✓ 02 recipientes.
- ✓ 02 EPP's.

#### b) Procedimiento:

- ✓ Se extraen muestras de Agregado Grueso de 06 kg aproximadamente y son colocadas en el horno a temperatura constante  $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$  durante 24 horas para que este en condición seca.

- ✓ Se toma 5000 gr de muestras de Agregado Grueso y es sometida a un proceso de tamizado mecánico a través de una serie de tamices estandarizados y ordenados en forma decreciente de acuerdo al tamaño.
- ✓ Los tamices utilizados son en este orden los siguientes: 1", ¾", ½", 3/8", #4 y el fondo.
- ✓ Concluido el proceso de tamizado, se procede a pesar cada porción de material que ha sido retenido en cada tamiz y se anota. Cada uno de estos pesos retenidos debe ser expresados como un porcentaje del total de la muestra.

**Figura 37** Ensayo de granulometría para las muestras de agregado grueso.



*Nota:* Imagen obtenida de fuente propia.

**c) Toma de datos:**

**Tabla 48** Toma de datos, granulometría de agregado grueso.

GRANULOMETRIA DEL AGREGADO CRUESO - CANTERA DE VICHO								
Mallas estándar		Peso retenido (gr)				Retenido promedio	Retenido acumulado	Acumulado que pasa
Pulg.	Ø mm	M1	M2	M3	Promedio			
1"	25.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%	<b>0.00%</b>	100.00%
¾"	19.00	356.54	527.65	391.76	425.32	8.85%	<b>8.85%</b>	91.15%
½"	12.50	2621.30	2466.54	2543.79	2543.88	52.95%	<b>61.80%</b>	38.20%
3/8"	9.50	1322.30	1266.77	1173.68	1254.25	26.11%	<b>87.91%</b>	12.09%
#4	4.75	523.21	541.60	677.26	580.69	12.09%	<b>100.00%</b>	0.00%
TOTAL (en Tamices):		4823.35	4802.56	4786.49	4804.13	100.00%		
Fondo Cazuela		176.65	197.44	213.51	195.87			
TOTAL:		5000.00	5000.00	5000.00	5000.00			

*Nota:* Imagen obtenida de fuente propia.



**Figura 38** Ensayo de granulometría para las muestras de agregado grueso.



*Nota:* Imagen obtenida de fuente propia.

#### **3.5.3.5 Ensayo, contenido de humedad de los agregados.**

El objetivo de este ensayo es determinar el Contenido de Humedad Evaporable por secado en muestras de Agregado grueso y Agregado Fino.

Los agregados generalmente se los encuentra húmedos, y varían con el estado del tiempo, razón por la cual se debe determinar frecuentemente el contenido de humedad, para luego corregir las proporciones de una mezcla, ensayo resguardado según la (N.T.P. 339.185, 2002)

##### **a) Materiales y Equipos utilizados en la prueba:**

- ✓ Agregado Fino.
- ✓ Agregado Fino (Combinación 35% Mina Roja y 65% Cunyac).
- ✓ Agregado Grueso de Vicho.
- ✓ 01 horno eléctrico de materiales.
- ✓ 01 balanza capacidad 30 Kg.
- ✓ 01 brocha.
- ✓ 01 revolvedor. (Cuchara de metal o espátula de tamaño conveniente).
- ✓ 02 recipientes metálicos.
- ✓ 02 EPP's.

##### **b) Procedimiento:**

- ✓ Se toma las muestras evaluadas según el requerimiento de materiales.
- ✓ Se tomaron las muestras en su estado natural (actual) y son pesados en la balanza.
- ✓ Seguidamente se colocó la muestra en el recipiente metálico.



- ✓ Se coloca el recipiente metálico más la muestra al horno a una temperatura constante de  $110 \pm 5$  °C durante 24 horas.
- ✓ Concluido el ensayo, se procedió a pesar cada muestra de material que ha sido secado en el horno.
- ✓ Finalmente, en gabinete se realizó los cálculos respectivos del contenido de humedad.

**c) Toma de datos:**

**Tabla 49** *Ensayo, contenido de humedad de los agregados.*

AGREGADO FINO - CANTERA (35% Mina Roja y 65% Cunyac)								
Símbolo	Descripción:	M-1	M-2	M-3	M-4	M-5	Promedio	Und.
W =	Peso de la Muestra en estado Natural.	500.00	500.00	500.00	500.00	500.00	500.00	gr
D =	Peso de La Muestra Seca después de horno.	470.70	472.80	469.00	469.05	468.45	470.00	gr

AGREGADO GRUESO - CANTERA DE VICHO								
Símbolo	Descripción:	M-1	M-2	M-3	M-4	M-5	Promedio	Und.
W =	Peso de la Muestra en estado Natural.	2000.00	2000.00	2000.00	2000.00	2000.00	2000.00	gr
D =	Peso de la Muestra Seca después de horno.	1965.30	1965.60	1950.90	1960.50	1957.70	1960.00	gr

*Nota:* Imagen obtenida de fuente propia.

**3.5.3.6 Ensayo, peso específico y porcentaje de absorción del agregado fino.**

Este método establece el procedimiento para determinar el peso específico seco, el peso específico saturado con superficie seca y el porcentaje de absorción después de 24 horas del Agregado Fino, ensayo resguardado según la (N.T.P. 400.022, 2013).

**a) Materiales y Equipos utilizados en la prueba:**

- ✓ Agregado Fino.
- ✓ Agregado Fino Cantera de Cunyac.
- ✓ Agregado Fino Cantera de Mina Roja.
- ✓ 01 horno eléctrico de materiales.
- ✓ 01 balanza capacidad 5 Kg.



- ✓ 01 cono de Absorción + Apisonador de metal.
- ✓ 01 Fiola o frasco volumétrico 500cm<sup>3</sup>.
- ✓ 01 probeta graduada (50 ml).
- ✓ 01 bureta graduada (25 ml).
- ✓ 01 equipo de Bombas de Vacíos.
- ✓ 01 brocha.
- ✓ 02 recipientes metálicos.
- ✓ 02 kit de EPP (Equipos de protección personal).

**b) Procedimiento:**

- ✓ Se sumergió las muestras en agua, cantidades aproximadas de 1000g. de cada muestra por un periodo de 24 horas.
- ✓ Pasado las 24 horas, el material se extiende sobre una superficie plana expuesta a una corriente uniforme de aire caliente con el fin de garantizar un estado de partícula saturada con superficie seca.
- ✓ Dicha muestra se remueve entre si constantemente hasta que los granos del agregado no se adhieran entre sí. Se recomienda utilizar una secadora.
- ✓ Este proceso anteriormente descrito se repetirá cuantas veces sea necesario, hasta que la muestra al ser colocada en el Cono de Absorción, llenado en 03 sesiones y 25 veces golpeado suavemente con la barra de metal.

**Figura 39** *Secado de muestras de agregado fino y ensayo superficie seca saturada en el cono de absorción.*



*Nota:* Imagen obtenida de fuente propia.



- ✓ Enrazar con Agregado fino el cono de absorción y levantar el molde verticalmente y verificar hasta que el agregado se derrumbe ver figura 08, se debe llegar hasta el caso “C”.
- ✓ Esto garantizara que el agregado fino ha alcanzado la condición de partícula saturada con superficie seca.
- ✓ Obtener por lo menos 01 kg de cada muestra a estas condiciones de muestras saturadas con superficie seca.
- ✓ Se procede a pesar la Fiola.
- ✓ Se introduce de inmediato en el frasco (Fiola) una muestra de 500 gramos del material (Agregado Fino).
- ✓ se llena de agua en 03 sesiones hasta alcanzar aproximadamente la marca de 500 cm<sup>3</sup>, este volumen de agua añadido se controla con la ayuda de una probeta y/o bureta graduada.
- ✓ Durante las 03 sesiones con la ayuda de la bomba de vacíos se le quitan los vacíos que tenga el material hasta que se eliminen las burbujas de aire.
- ✓ Seguidamente se agarra los otros 500 g de muestra en condiciones de saturadas con superficie seca.
- ✓ Y se lleva al horno la muestra durante 24horas a una  $110 \pm 5$  °C.
- ✓ Seguidamente se vuelve a pesar la muestra secada al horno y obtenemos el peso de la muestra seca.
- ✓ Finalmente, en gabinete se realizó los cálculos respectivos del peso específico seco, peso específico saturado superficialmente seco y el porcentaje de absorción.

**Figura 40** *Ensayo del peso específico del agregado fino en la fiola y bomba de vacíos.*



*Nota:* Imagen obtenida de fuente propia.





c) Toma de datos:

**Tabla 50** Toma de datos, peso específico del agregado fino.

Símbolo	Agregado fino - (Catera mina roja)	M-1	M-2	M-3	Promedio	Und
500	Muestra Saturado con Superficie Seca.	500.00	500.00	500.00	500.00	gr
W <sub>o</sub> =	Peso en el aire de la muestra secada en el horno.	493.10	493.00	488.40	493.10	gr
V <sub>f</sub> =	Volumen de la Fiola.	500.00	500.00	500.00	500.00	cm <sup>3</sup>
V <sub>a</sub> =	Volumen de la añadida a la Fiola con Bureta y/o Probeta graduada.	299.00	301.00	300.00	299.00	cm <sup>3</sup>

Símbolo	Agregado fino - (Cantera - Cunyac)	M-1	M-2	M-3	Promedio.	Und
500	Muestra Saturado con Superficie Seca.	500.00	500.00	500.00	500.00	gr
W <sub>o</sub> =	Peso en el aire de la muestra secada en el horno.	494.79	493.97	496.24	495.00	gr
V <sub>f</sub> =	Volumen de la Fiola.	500.00	500.00	500.00	500.00	cm <sup>3</sup>
V <sub>a</sub> =	Volumen de agua añadida a la Fiola con Bureta y/o Probeta graduada.	304.00	305.00	303.00	304.00	cm <sup>3</sup>

*Nota:* Imagen obtenida de fuente propia.

**3.5.3.7 Ensayo, peso específico y porcentaje de absorción del agregado grueso.**

Este método establece el procedimiento para determinar el peso específico seco, el peso específico saturado con superficie seca y el porcentaje de absorción después de 24 horas de secado del Agregado Grueso de la cantera de Vicho, ensayo resguardado según la (N.T.P. 400.021, 2013).

**a) Equipos utilizados en la prueba:**

- ✓ 01 balanza de hidrostática de capacidad 5000 gr. a más, la balanza está equipada con una canastilla enmallada colgante en el centro del dispositivo.
- ✓ 01 balanza capacidad 30 Kg.
- ✓ 01 depósito de agua, adecuado para sumergir la cesta o canastilla enmallada colgante.





- ✓ 01 horno eléctrico de materiales.
- ✓ 01 estufa secadora.
- ✓ 01 tamiz Estándar #4.
- ✓ 02 recipientes Metálicos.
- ✓ 02 EPP's

**b) Procedimiento:**

- ✓ Según el muestreo establecido en la Norma (N.T.P. 400.021, 2013), el peso mínimo para este ensayo será de 02 Kg y el material pasante por el tamiz #4 será descartado.
- ✓ Bajo esas consideraciones tomamos 10 Kg aproximados de agregado grueso después del cuarteo, para sumergirlo dentro del agua durante 24 horas.
- ✓ Seguidamente se extrajo la muestra a un recipiente e inmediatamente es secado por un paño grande absorbente hasta hacer desaparecer cualquier película de agua visible, siendo así se obtiene la muestra del agregado en condiciones saturada con superficie seca.
- ✓ Enseguida se agarra una porción de muestra saturada con superficie seca. (pesado en el aire) y se introduce en la canastilla enmallada, esta operación se realizó removiendo y sacudiendo levemente mientras que la muestra es sumergida, así evitando la presencia de aire atrapado.
- ✓ Una vez sumergido la muestra a la canastilla se procede a dar lectura del peso en la balanza hidrostática.
- ✓ Al mismo tiempo se agarra el resto de agregado grueso en condiciones saturada con superficie seca, este se pesa y seguidamente es llevado al horno de materiales durante 24 horas a temperatura constante de  $105 \pm 5$  °C.
- ✓ Seguidamente se vuelve a pesar la muestra seca.
- ✓ Finalmente, en gabinete se realizó los cálculos respectivos del peso específico seco, peso específico saturado superficialmente seco y el porcentaje de absorción.

**Figura 41** Ensayo del peso específico y absorción del agregado grueso.



*Nota:* Imagen obtenida de fuente propia.

**c) Toma de Datos:**

**Tabla 51** Ensayo, peso específico del agregado grueso.

Símbolo	Agregado grueso - Cantera de Vicho	M-1	M-2	M-3	Promedio	Und
	Peso de la Muestra Saturada dentro del Agua + Canastilla.	2445.10	2411.40	2427.75	2428.08	gr
	Peso de la Canastilla Dentro del Agua.	16.50	16.50	16.50	16.50	gr
A =	Peso de la Muestra Seca	3982.40	3953.18	3966.02	3967.20	gr
B =	Peso de la Muestras Saturada Superficialmente Seca	4035.60	4007.20	4019.50	4020.77	gr
C =	Peso de la Muestra Saturada dentro del Agua	2428.60	2394.90	2412.50	2412.00	gr

*Nota:* Imagen obtenida de fuente propia.

**3.5.3.8 Ensayo, peso unitario de los agregados.**

Este método establece el procedimiento para determinar peso unitario suelto o compactado de las diferentes muestras de Agregado, ensayo resguardado según la (N.T.P. 400.017, 1999).

**a) Equipos utilizados en la prueba:**

- ✓ 01 molde Metálico Cilindro Proctor.
- ✓ 01 barra compactadora Ø 5/8"x 0.50m (con extremos redondeados).
- ✓ 01 horno eléctrico de materiales.
- ✓ 01 balanza capacidad 30 Kg.
- ✓ 01 brocha.
- ✓ 02 recipientes.



- ✓ 02 kit de EPP.

**b) Procedimiento Peso Unitario Suelto:**

- ✓ Del muestreo se extraen muestras de Agregado y son llevados al horno a temperatura de  $105 \pm 5$  °C durante 24 horas, los materiales para este ensayo deberán estar secos.
- ✓ Se determina y anota el peso y volumen del molde.
- ✓ Se vierte el material en el mismo, con ayuda de una cuchara o de otro implemento, cuidando que la altura de caída sea de 5cm aproximadamente sobre el borde superior del molde, se vierte el material hasta que este enraizado de material el molde.
- ✓ Se enrasa el material al nivel del borde superior del molde, con la ayuda de la varilla.
- ✓ Enseguida se lleva a la balanza y se anota el peso del molde más el material.

**c) Procedimiento Peso Unitario Compactado:**

- ✓ Del muestreo se extraen muestras de Agregado y son llevados al horno a temperatura de  $105 \pm 5$  °C durante 24 horas, los materiales para este ensayo deberán estar secos.
- ✓ Se determina y anota el peso y volumen del molde.
- ✓ Se vierte el material en el mismo, con ayuda de una cuchara o de otro implemento.
- ✓ El proceso de llenado se realiza entre 03 sesiones, el cual en cada sesión se dará 25 golpes con la varilla para compactar el material, sin que la varilla toque el fondo del recipiente, vibrando simultáneamente el molde en el suelo para que el material se acomode y/o compacte, por consiguiente, su peso será el mayor posible.
- ✓ Se repite esta operación completando las otras dos capas, cuidando que en cada capa la varilla al golpear no pase a la capa inferior.
- ✓ Se enrasa el material al nivel del borde superior del molde, con la ayuda de la varilla.
- ✓ Enseguida se lleva a la balanza y se anota el peso del molde más el material.

**Figura 42** Determinación del peso unitario, pesado del molde más agregado.



*Nota:* Imagen obtenida de fuente propia.

**d) Toma de Datos:**

**Tabla 52** Ensayo, peso unitario de los agregados.

Datos:	Agregado fino (65% Cunyac y 35% mina roja)	M-1	M-2	M-3	Promedio	Und.
T:	Peso del Envase	7530.22	7530.22	7530.22	7530.22	g
V:	Volumen del Envase	2970	2976	2976	2974.00	cm <sup>3</sup>
Gsc:	Envase + muestra (SIN Compactar)	11074.40	11017.10	11000.70	11030.73	g
Gsc -T:	Muestra (SIN Compactar)	3544.18	3486.88	3470.48	3500.51	g
Gco:	Envase+ muestra (compactado)	11222.00	11205.50	11188.00	11205.17	g
Gco-T:	Muestra (compactado)	3691.78	3675.28	3657.78	3674.95	g

Datos:	Agregado grueso – cantera vicho	M-1	M-2	M-3	Prom edio.	Und.
T:	Peso del Envase	7530.22	7530.22	6935.86	7332.10	g
V:	Volumen del Envase	2972.00	2972.00	2972.00	2972.00	cm <sup>3</sup>
Gsc:	Envase + Muestra (SIN Compactar)	12284.80	12732.40	11792.20	12269.80	g
Gsc -T:	Muestra (SIN Compactar)	4720.10	4743.07	4752.03	4738.40	g
Gco:	Envase + Muestra (compactado)	12421.40	12412.40	12390.80	12408.20	g
Gco -T:	Muestra (compactado)	4892.50	4898.80	4836.40	4875.90	g

*Nota:* Imagen obtenida de fuente propia.



### 3.5.3.9 Preparación de la mezcla, verificación del revenimiento, temperatura y moldeado de probetas de concreto fresco.

Se describe la elaboración de las Probetas-Testigos de concreto tal como se produjo en la etapa de mezclado y vaciado.

En cuanto a la dosificación del concreto (diseño de Mezclas) para: Concreto Patrón y Concreto adicionado con diatomita en estado calcinado en porcentajes de 5%, 10% y 15%, el Análisis se encuentra en el “**Capítulo 3.5.4.12**” de esta investigación (Análisis del Diseño de Mezclas para concreto).

En cuanto a la elaboración y/o moldeado de probetas-testigos se realizó bajo las consideraciones de la (N.T.P. 339.033, 2009), realizado en campo.

En cuanto al Revenimiento del concreto no se realizó ningún tipo de control, solo se verificó lo que sucede, con la misma cantidad de agua para todas las dosificaciones, para este punto se tuvo las consideraciones previas de (N.T.P. 339.045).

En cuanto a la verificación de la temperatura del concreto en estado fresco probetas-testigos se realizó bajo las consideraciones de la (N.T.P. 339.033, 2009), realizado en campo.

Los pasos descritos a continuación son exclusivamente para 01 Tanda de vaciado, que abastecerá a 06 Probetas-Testigos.

#### a) Materiales y Equipos utilizados en la prueba

- ✓ Agregado Grueso – cantera Vicho (cantidad según dosificación).
- ✓ Agregado Fino – cantera Mina Roja (cantidad según dosificación).
- ✓ Agregado Fino – cantera Cunyac (cantidad según dosificación).
- ✓ Diatomita en estado calcinado (cantidad según dosificación).
- ✓ Cemento Puzolánico IP (bolsa) – Yura (cantidad según dosificación). (\*)
- ✓ Agua – Potable bebible (cantidad según dosificación). (\*)
- ✓ 01 mezcladora de Concreto tipo Trompo (1.25 P<sup>3</sup>)
- ✓ 04 envases o Baldes de plástico (05 galones).
- ✓ 01 carretilla.
- ✓ 01 pala.

Nota: La cantidad de estos insumos son constantes para todas las Tandas, no varían en cuanto a su dosificación en Peso.

- ✓ 01 balanza capacidad (30 kg)



- ✓ Cono de Abrams.
- ✓ Barra compactadora lisa 5/8"
- ✓ Cinta métrica.
- ✓ Bandeja plana.
- ✓ 02 cucharas metálicas.
- ✓ 06 moldes estándares metálicos (bragueteras) de 15cm de diámetro y 30 cm de altura, que cumplan con (N.T.P. 339.209, 2006).
- ✓ Comba de Goma.
- ✓ ½ Galones de Petróleo Biodiesel.
- ✓ 02 kit de EPP (Equipos de protección personal).

**b) Procedimiento de Mezclado.**

- ✓ Se utilizó los EPP's.
- ✓ Se alistan todos los insumos o componentes a mezclar de modo que sobre material al final de cada tanda.
- ✓ Se verifica que la mezcladora trompo este en operativas condiciones mecánicas de modo que no falle durante la etapa de mezclado.
- ✓ Se satura con agua la mezcladora trompo, de modo que no absorba agua durante el mezclado.
- ✓ Se pesa en la balanza cada material de acuerdo a la dosificación prevista con la ayuda de las cucharas metálicas.
- ✓ Se introduce los agregados y cemento a la mezcladora y se empieza con el mezclado.

**Figura 43** Preparación del concreto.



*Nota:* Imagen obtenida de fuente propia.



**Figura 44** Adición de diatomita en estado calcinado en diferentes porcentajes al concreto.



*Nota:* Imagen obtenida de fuente propia.

- ✓ Inmediatamente se introduce el agua de forma constante, del modo que no se produzca grumos o bolones dentro de la mezcladora.
- ✓ Etapa que dura 2 a 5 minutos, se verifica que la mezcla del concreto este bien combinado de forma pastosa.

**c) Procedimiento de Verificación del Revenimiento del Concreto.**

- ✓ Se detiene el mezclado, Inmediatamente se procede a realizar la verificación del revenimiento del concreto con la ayuda del cono de Abrams.
- ✓ El molde cónico antes del ensayo deberá estar saturado con agua de modo que no absorba agua durante el ensayo, ya que esto puede alterar el resultado durante el ensayo.
- ✓ Se pisa las patillas del cono de Abrams, y se empieza llenar con la mezcla de concreto hasta la tercera parte.
- ✓ Inmediatamente se agarra la barra compactadora y se empieza a compactar con la punta de la barra con 25 ciclos de forma uniforme en el área de relleno.



- ✓ Seguidamente se llena las 2 terceras partes del molde y se repite de nuevo el compactado de los 25 ciclos, de forma uniforme y evitando de que la punta de la barra llegue al compactado anterior.
- ✓ Seguidamente se llena la última tercera parte del molde cónico de modo que el molde este copeado o rebosado con la mezcla de concreto fresco, y se repite de nuevo el compactado de los 25 ciclos, de forma uniforme y evitando de que la punta de la barra llegue al compactado anterior.
- ✓ Se enraza la parte superior del molde cónico, con la ayuda de la varilla de modo que este en nivel.
- ✓ Finalmente se sujeta fuertemente de las orejas del molde cónico, y se levanta de forma vertical.
- ✓ Inmediatamente se invierte el molde cónico y se coloca al costado de la muestra ensayada y con la ayuda de la varilla que este en nivel se verifica el asentamiento de la mezcla de concreto.
- ✓ La verificación del asentamiento se midió con cinta métrica y se tomó el respectivo apunte de cada medida realizada.

**d) Procedimiento de Verificación de la temperatura del Concreto.**

- ✓ Se toma como muestra los moldes y/o briquetas conteniendo concreto fresco.
- ✓ Se introduce el termómetro en las diferentes briquetas que, contienen concreto con diferentes porcentajes de adición de diatomita en estado calcinado.
- ✓ Se deja el termómetro dentro de la muestra de concreto por unos minutos.
- ✓ Se toma la lectura del termómetro para luego registrar el mismo en el instrumento metodológico correspondiente a temperatura.





**Figura 45** Toma de la temperatura del concreto fresco.



*Nota:* Imagen obtenida de fuente propia.

**Figura 46** Realizando el ensayo de cono de Abrams para la verificación del revenimiento.



*Nota:* Imagen obtenida de fuente propia.

**e) Moldeado de Probetas-Testigos:**

- ✓ Una vez verificado el Revenimiento del concreto inmediatamente se procedió al moldeado de cada Probeta-Testigo.
- ✓ Antes del moldeado se deberá tener en cuenta las siguientes consideraciones, que los moldes-briqueta deberán estar bien nivelados y limpios, seguidamente se



deberá cubrir o pintar el interior del molde con Petróleo Biodiesel, para que la mezcla del concreto no se adhiera a la superficie interior del molde.

- ✓ Se agarra el Molde (Briqueta) con las precauciones dadas y se empieza a llenar con mezcla de concreto fresco hasta la tercera parte, inmediatamente con la ayuda de la barra compactadora se empieza a compactar con la punta de la barra con 25 ciclos de forma uniforme en el área de relleno, seguidamente con la comba de goma se realizan 10 golpes alrededor del Molde (Briqueta).
- ✓ Seguidamente se llena las 2 terceras partes del molde y se repite de nuevo el compactado de los 25 ciclos, de forma uniforme y evitando de que la punta de la barra llegue al compactado anterior, seguidamente con la comba de goma se realizan 10 golpes alrededor del Molde (Briqueta).
- ✓ Seguidamente se llena la última tercera parte del Molde – Briqueta de modo que el molde este copeado o rebosado con la mezcla de concreto fresco, y se repite de nuevo el compactado de los 25 ciclos, de forma uniforme y evitando de que la punta de la barra llegue al compactado anterior, seguidamente con la comba de goma se realizan 10 golpes alrededor del Molde (Briqueta).
- ✓ Finalmente se realiza el enrazado de las probetas de concreto fresco con la ayuda de una espátula, y verificar que este bien nivelado y que estos sean lo más preciso posible.
- ✓ Esperar a que las probetas-testigos fragüen alrededor de 06 horas para luego desmoldar los testigos y empezar con la etapa del curado del concreto.

**Figura 47** Moldeado de probetas-testigos de concreto fresco.



*Nota:* Imagen obtenida de fuente propia.



f) Toma de Datos:

**Tabla 53** Ensayo Determinación del revenimiento del concreto patrón  $f'c$ : 210  $kg/cm^2$ .

Tipo de Concreto	Serie de Vaciado	Lectura 1 Cm	Lectura 2 Cm	Lectura 3 Cm	Promedio pulgada	P. Total
Concreto Patrón F'C:210kg/cm2	Tanda 1	4.60	4.60	4.50	1.80	1.79
	Tanda 2	4.40	4.45	4.40	1.74	
	Tanda 3	4.55	4.70	4.65	1.82	
	Tanda 4	4.45	4.80	4.50	1.80	

Nota: Imagen obtenida de fuente propia.

**Tabla 54** Ensayo Determinación del revenimiento del concreto  $f'c$ : 210  $kg/cm^2$  adicionado con diatomita en estado calcinado al 5%.

Tipo de Concreto	Serie de Vaciado	Lectura 1 Cm	Lectura 2 Cm	Lectura 3 Cm	Promedio pulgada	P. Total
Concreto con Diatomita en Estado Calcinado al 5%	Tanda 1	4.00	4.20	4.10	1.61	1.59
	Tanda 2	4.10	4.10	4.20	1.63	
	Tanda 3	3.90	3.90	4.00	1.55	
	Tanda 4	4.00	4.00	4.10	1.59	

Nota: Imagen obtenida de fuente propia.

**Tabla 55** Ensayo Determinación del revenimiento del concreto  $f'c$ : 210  $kg/cm^2$  adicionado con diatomita en estado calcinado al 10%.

Tipo de Concreto	Serie de Vaciado	Lectura 1 Cm	Lectura 2 Cm	Lectura 3 Cm	Promedio pulgada	P. Total
Concreto con Adición de Diatomita en Estado Calcinado al 10%	Tanda 1	3.5	3.4	3.5	1.36	1.38
	Tanda 2	3.6	3.5	3.5	1.39	
	Tanda 3	3.4	3.5	3.6	1.38	
	Tanda 4	3.5	3.6	3.5	1.39	

Nota: Imagen obtenida de fuente propia.

**Tabla 56** Ensayo Determinación del revenimiento del concreto  $f'c$ : 210 kg/cm<sup>2</sup> adicionado con diatomita en estado calcinado al 15%.

Tipo de Concreto	Serie de Vaciado	Lectura 1 Cm	Lectura 2 Cm	Lectura 3 Cm	Promedio pulgada	P. Total
Concreto con Diatomita en Estado Calcinado al 15%	Tanda 1	3.5	3.4	3.5	1.36	1.38
	Tanda 2	3.6	3.5	3.5	1.39	
	Tanda 3	3.4	3.5	3.6	1.38	
	Tanda 4	3.5	3.6	3.5	1.39	

Nota: Imagen obtenida de fuente propia.

**Tabla 57** Ensayo Determinación de temperatura del concreto patrón  $f'c$ : 210 kg/cm<sup>2</sup>

Tipo de Concreto	Serie de Vaciado	Lectura 1 - °C	Lectura 2 - °C	Lectura 3 - °C	Promedio
Concreto Patrón $F'c$ :210kg/cm <sup>2</sup>	Tanda 1	19.10	19.20	19.30	19.16
	Tanda 2	19.00	19.20	19.10	
	Tanda 3	18.90	19.00	19.30	
	Tanda 4	19.20	19.30	19.30	

Nota: Imagen obtenida de fuente propia.

**Tabla 58** Ensayo Determinación de temperatura del concreto  $f'c$ : 210 kg/cm<sup>2</sup> adicionado con diatomita en estado calcinado al 5%.

Tipo de Concreto	Serie de Vaciado	Lectura 1 - °C	Lectura 2 - °C	Lectura 3 - °C	Promedio
Concreto con Adición de Diatomita en Estado Calcinado al 5%	Tanda 1	20.50	20.50	20.70	20.45
	Tanda 2	20.40	20.40	20.60	
	Tanda 3	20.30	20.40	20.20	
	Tanda 4	20.40	20.50	20.50	

Nota: Imagen obtenida de fuente propia.



**Tabla 59** *Ensayo Determinación de temperatura del concreto  $f'c$ : 210 kg/cm<sup>2</sup> adicionado con diatomita en estado calcinado al 10%.*

Tipo de Concreto	Serie de Vaciado	Lectura 1 - °C	Lectura 2 - °C	Lectura 3 - °C	Promedio
Concreto con Adición de Diatomita en Estado Calcinado al 10%	Tanda 1	22.60	22.50	22.80	22.54
	Tanda 2	22.50	22.60	22.50	
	Tanda 3	22.70	22.70	22.80	
	Tanda 4	22.40	22.20	22.20	

*Nota:* Imagen obtenida de fuente propia.

**Tabla 60** *Ensayo Determinación de temperatura del concreto  $f'c$ : 210 kg/cm<sup>2</sup> adicionado con diatomita en estado calcinado al 15%.*

Tipo de Concreto	Serie de Vaciado	Lectura 1 - °C	Lectura 2 - °C	Lectura 3 - °C	Promedio
Concreto con Diatomita en Estado Calcinado al 15%	Tanda 1	24.30	24.62	24.62	24.12
	Tanda 2	23.50	23.90	24.00	
	Tanda 3	24.00	24.20	24.20	
	Tanda 4	24.00	24.10	24.00	

*Nota:* Imagen obtenida de fuente propia.

### 3.5.3.10 Curado de probetas-testigos de concreto.

El proceso de curado de esta investigación está bajo las consideraciones de la (N.T.P. 339.033, 2009), realizadas en campo.

Las condiciones en cuanto a este procedimiento están basadas de acuerdo al marco teórico de este documento, siendo así este procedimiento se realizó de la siguiente forma:

#### a) Equipos utilizados en la prueba.

- ✓ Cámara o poza de agua que tenga la altura suficiente para almacenar las probetas-testigo, totalmente sumergido.
- ✓ Suficiente Agua para curado.
- ✓ Probetas-Testigos.



- ✓ Pintura o corrector.

**b) Procedimiento.**

- ✓ Una vez que el concreto ha fraguado los Probetas-testigos son desmoldados cuidadosamente, sin que haya algún desperfecto en lo posible, es muy importante tener en cuenta que si las aristas de los testigos son dañados o astillados entonces tendremos resultados alterados.

**Figura 48** *Desmolde de probetas-testigos de concreto.*



*Nota:* Imagen obtenida de fuente propia.

- ✓ Cumpliendo con las precauciones dadas, procedemos a marcar cada testigo, ya sea con pintura o con la ayuda de un corrector.
- ✓ Se trasladan cuidadosamente las probetas-Testigos hacia la poza o cámara.
- ✓ Se sumergió cuidadosamente dentro de la poza con agua, cada probeta-testigo, verificando que la base esté llano y libre de cualquier partícula o sustancia perjudicial.



**Figura 49** Curado de probetas-testigos de concreto.



*Nota:* Imagen obtenida de fuente propia.

**c) Toma de Datos.**

- ✓ No hay toma de datos, la actividad es secuencia de la investigación.

**3.5.3.11 Ensayo, resistencia a la compresión axial y corroboración de dimensiones de probetas- testigos.**

Ensayo resguardado según (N.T.P. 339.034, 2013).

Antes del ensayo de resistencia a la compresión se corroboró las dimensiones de cada testigo según las consideraciones de la figura N 20 de este informe, en cuanto a la relación (Longitud/Diámetro) de cada testigo.

Si un testigo no cumple con lo establecido según los parámetros de la norma en cuanto a sus dimensiones, la muestra será descartada y no se realizará su ensayo de resistencia a la compresión, o de lo contrario el testigo será refrentado.

Las Probetas-Testigos fueron evaluadas a los 7, 14 y 28 días, previo a lo indicado se cumplió con las consideraciones de la tala 23 de este documento, en cuanto a la tolerancia permisible del tiempo de ensayo.





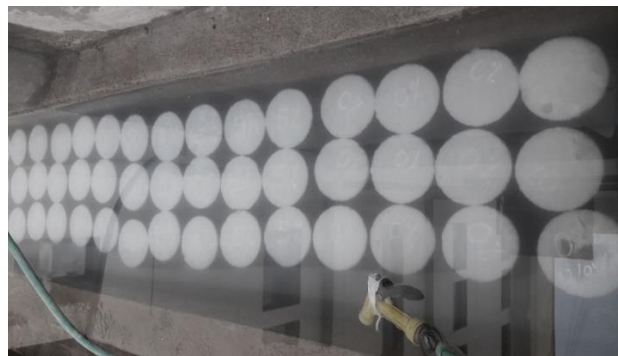
**a) Equipos utilizados en la prueba**

- ✓ Equipo de compresión Axial (calibrado).
- ✓ Vernier.
- ✓ Balanza (Capacidad 30Kg).
- ✓ Cinta métrica (cinta métrica 03m).
- ✓ kit de EPP.

**b) Procedimiento.**

- ✓ Se retiran las probetas-testigos de la cámara o poza de curado, y se traslada a un lugar adecuado y llano.

**Figura 50** *Testigos de concreto.*



*Nota:* Imagen obtenida de fuente propia.

- ✓ Se procede a realizar la corroboración de las medidas de cada Probeta-Testigo, con la ayuda del vernier y/o cinta métrica.

**Figura 51** *Medición de probetas-testigos de concreto.*



*Nota:* Imagen obtenida de fuente propia.





**Figura 52** Pesado de probetas-testigos de concreto.



*Nota:* Imagen obtenida de fuente propia.

- ✓ Se realizó la medición de sus diámetros de la parte superior y de la parte inferior de cada Probeta-Testigo, con vernier y/o cinta métrica.
- ✓ Se realizó la medición de las alturas de cada Probeta-Testigo, con vernier y/o cinta métrica.
- ✓ También forma opcional se pesó cada probeta-testigo.
- ✓ Enseguida se enciende el Equipo de Compresión Axial, y se calibra en su Menú, el tipo de ensayo a realizar compresión axial, dimensión de testigos a ensayar y la velocidad de carga aplicada de forma constante.
- ✓ Seguidamente se capeó cada probeta-testigo, se colocó y se alineó en el eje de la base y cabeza del respectivo equipo donde la fuerza es aplicada.
- ✓ El equipo tiene 2 velocidades fundamentales, la primera es para que el cabezal llegue a tener contacto con el testigo de forma rápida, una vez hecho contacto con el testigo, se reduce a la segunda velocidad el cual es controlado por una perilla tipo timón, el cual se debe conducir en la pantalla de lectura que la dirección del cabezal este lo más centrado posible.
- ✓ En la segunda velocidad la aplicación de fuerza es constante y esperar hasta que el testigo llegue a su máxima resistencia, una vez que el testigo falla, inmediatamente

dirigir u ordenar a la maquina la dirección de retorno del cabezal a su posición original.

- ✓ Del ensayo realizado se tomó las lecturas correspondientes.

**Figura 53** Ensayo de resistencia a la compresión axial de probetas-testigos de concreto.



*Nota:* Imagen obtenida de fuente propia.



*Nota:* Imagen obtenida de fuente propia.



*Nota:* Imagen obtenida de fuente propia.

**c) Toma de datos:**

- ✓ La toma de datos se realizó a los 7, 14 y 28 días de curado de las respectivas probetas-testigos.
- ✓ Probetas-Testigos de concreto con diseño  $F'c: 210 \text{ kg/cm}^2$ , que fueron evaluados, Concreto patrón y concreto adicionado con diatomita en estado calcinado en porcentajes de 5%,10% y 15%.



Tabla 61 Toma de datos para la resistencia a la compresión axial a los 7 días de curado del concreto patrón.

TIEMPO CURADO (Días)	DATOS OBTENIDOS DE PROBETAS-TESTIGOS PATRON										VERIFICACIÓN RELACION Altura/Diámetro		DATOS DE ROTURA COMPRESION AXIAL
	PROBETA N°	Diámetro Superior		Diámetro Inferior		Ø: Diámetro	Alturas		Altura	Peso			
		Ø 1 (cm)	Ø 2 (cm)	Ø 3 (cm)	Ø 4 (cm)	Promedio  Dp (cm)	h1 (cm)	h2 (cm)	Promedio  Lp (cm)	Probeta  (Kg)	Lp/Dp	Lp/Dp > 1.75	Fuerza Aplicada (Kg)
7 DÍAS	P-01	10.20	10.20	10.10	10.20	10.18	20.20	20.20	20.20	3.555	1.99	Sí Cumple	12,510
	P-02	10.10	10.20	10.20	10.30	10.20	20.20	20.20	20.20	3.570	1.98	Sí Cumple	13,050
	P-03	10.10	10.00	10.20	10.20	10.13	20.10	20.10	20.10	3.540	1.99	Sí Cumple	12,620
	P-04	10.00	10.20	10.10	10.20	10.13	20.20	20.20	20.20	3.555	2.00	Sí Cumple	12,530
	P-05	10.20	10.10	10.10	10.10	10.13	20.20	20.10	20.15	3.520	1.99	Sí Cumple	12,600
	P-06	10.30	10.10	10.20	10.00	10.15	20.10	20.20	20.15	3.555	1.99	Sí Cumple	12,600

Nota: Imagen obtenida de fuente propia.



**Tabla 62** Toma de datos a los 7 días de curado, resistencia a la compresión axial del concreto con adiciones de diatomita en estado calcinado en un 5%.

TIEMPO CURADO (Días)	DATOS OBTENIDOS DE PROBETAS-TESTIGOS 5%										VERIFICACIÓN RELACION Altura/Diámetro		DATOS DE ROTURA COMPRESION AXIAL
	PROBETA N°	Diámetro Superior		Diámetro Inferior		Ø: Diámetro	Alturas		Altura	Peso			
		Ø 1 (cm)	Ø 2 (cm)	Ø 3 (cm)	Ø 4 (cm)	Promedio Dp (cm)	h1 (cm)	h2 (cm)	Promedio Lp (cm)	Probeta (Kg)	Lp/Dp	Lp/Dp > 1.75	Fuerza Aplicada (Kg)
7 DÍAS	P-19	10.20	10.20	10.20	10.10	10.18	20.10	20.00	20.05	3.855	1.97	Sí Cumple	13,800
	P-20	10.10	10.20	10.20	10.20	10.18	20.20	20.10	20.15	3.850	1.98	Sí Cumple	13,610
	P-21	10.20	10.10	10.20	10.20	10.18	20.00	20.10	20.05	3.835	1.97	Sí Cumple	13,700
	P-22	10.10	9.90	10.00	10.10	10.03	20.10	20.00	20.05	3.825	2.00	Sí Cumple	13,600
	P-23	10.20	10.20	10.00	10.10	10.13	20.10	20.20	20.15	3.810	1.99	Sí Cumple	13,600
	P-24	10.00	9.90	10.10	10.00	10.00	20.10	20.10	20.10	3.810	2.01	Sí Cumple	13,600

Nota: Imagen obtenida de fuente propia.



**Tabla 63** Toma de datos a los 7 días de curado, resistencia a la compresión axial del concreto con adiciones de diatomita en estado calcinado en un 10%.

TIEMPO CURADO (Días)	DATOS OBTENIDOS DE PROBETAS-TESTIGOS 10%										VERIFICACIÓN RELACION Altura/Diámetro		DATOS DE ROTURA COMPRESION AXIAL
	PROBETA N°	Diámetro Superior		Diámetro Inferior		Ø: Diámetro	Alturas		Altura	Peso	Lp/Dp	Lp/Dp > 1.75	Fuerza Aplicada (Kg)
		Ø 1	Ø 2	Ø 3	Ø 4	Promedio	h1	h2	Promedio	Probeta			
		(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	Dp (cm)	(cm)	(cm)	Lp (cm)	(Kg)			
7 DÍAS	P-37	10.20	10.30	10.10	10.10	10.18	20.00	20.00	20.00	4.115	1.97	Sí Cumple	14,250
	P-38	9.90	9.80	10.20	10.00	9.98	19.90	20.00	19.95	4.090	2.00	Sí Cumple	14,150
	P-39	9.90	9.90	10.00	10.20	10.00	20.20	20.20	20.20	4.090	2.02	Sí Cumple	14,350
	P-40	10.30	9.90	10.10	10.30	10.15	20.00	20.00	20.00	4.105	1.97	Sí Cumple	14,450
	P-41	10.20	10.20	9.90	10.10	10.10	20.20	20.20	20.20	4.055	2.00	Sí Cumple	14,250
	P-42	10.10	10.00	10.00	10.10	10.05	20.10	20.00	20.05	4.105	2.00	Sí Cumple	14,350

Nota: Imagen obtenida de fuente propia.



**Tabla 64** Toma de datos a los 7 días de curado, resistencia a la compresión axial del concreto con adiciones de diatomita en estado calcinado en un 15%.

TIEMPO CURADO (Días)	DATOS OBTENIDOS DE PROBETAS-TESTIGOS 15%										VERIFICACIÓN RELACION Altura/Diámetro		DATOS DE ROTURA COMPRESION AXIAL
	PROBETA N°	Diámetro Superior		Diámetro Inferior		Ø: Diámetro	Alturas		Altura	Peso			
		Ø 1 (cm)	Ø 2 (cm)	Ø 3 (cm)	Ø 4 (cm)	Promedio Dp (cm)	h1 (cm)	h2 (cm)	Promedio Lp (cm)	Probeta (Kg)	Lp/Dp	Lp/Dp > 1.75	Fuerza Aplicada (Kg)
7 DÍAS	P-55	10.00	9.90	9.90	10.20	10.00	20.00	19.90	19.95	4.325	2.00	Sí Cumple	14,700
	P-56	10.00	10.10	9.80	9.90	9.95	19.90	20.00	19.95	4.295	2.01	Sí Cumple	14,600
	P-57	9.80	9.90	9.80	9.90	9.85	20.10	20.20	20.15	4.350	2.05	Sí Cumple	14,600
	P-58	10.10	10.00	10.00	10.00	10.03	20.10	20.00	20.05	4.320	2.00	Sí Cumple	14,800
	P-59	10.10	10.00	10.00	10.00	10.03	20.20	20.10	20.15	4.300	2.01	Sí Cumple	14,500
	P-60	10.20	10.10	10.00	10.00	10.08	20.00	20.10	20.05	4.320	1.99	Sí Cumple	14,500

Nota: Imagen obtenida de fuente propia.





**Tabla 65** Toma de datos para la resistencia a la compresión axial a los 14 días de curado del concreto patrón.

TIEMPO CURADO (Días)	DATOS OBTENIDOS DE PROBETAS-TESTIGOS PATRON										VERIFICACIÓN RELACION Altura/Diámetro		DATOS DE ROTURA COMPRESION AXIAL
	PROBETA N°	Diámetro Superior		Diámetro Inferior		Ø: Diámetro	Alturas		Altura	Peso			
		Ø 1 (cm)	Ø 2 (cm)	Ø 3 (cm)	Ø 4 (cm)	Promedio Dp (cm)	h1 (cm)	h2 (cm)	Promedio Lp (cm)	Probeta (Kg)	Lp/Dp	Lp/Dp > 1.75	Fuerza Aplicada (Kg)
14 DÍAS	P-07	10.10	10.10	10.10	10.10	10.10	20.20	20.20	20.20	3.576	2.00	Sí Cumple	15,920
	P-08	10.20	10.10	10.20	10.20	10.18	20.20	20.20	20.20	3.513	1.99	Sí Cumple	16,810
	P-09	10.10	10.10	10.20	10.10	10.13	20.00	20.10	20.05	3.568	1.98	Sí Cumple	16,630
	P-10	10.20	10.20	10.00	10.30	10.18	20.10	20.10	20.10	3.570	1.98	Sí Cumple	16,020
	P-11	10.00	10.10	10.30	10.10	10.13	20.20	20.20	20.20	3.528	2.00	Sí Cumple	16,020
	P-12	10.10	10.00	10.20	10.00	10.08	20.10	20.10	20.10	3.570	2.00	Sí Cumple	16,020

*Nota:* Imagen obtenida de fuente propia.





**Tabla 66** Toma de datos a los 14 días de curado, resistencia a la compresión axial del concreto con adiciones de diatomita en estado calcinado en un 5%.

TIEMPO CURADO (Días)	DATOS OBTENIDOS DE PROBETAS-TESTIGOS 5%										VERIFICACIÓN RELACION Altura/Diámetro		DATOS DE ROTURA COMPRESION AXIAL
	PROBETA N°	Diámetro Superior		Diámetro Inferior		Ø: Diámetro	Alturas		Altura	Peso	Lp/Dp	Lp/Dp > 1.75	Fuerza Aplicada (Kg)
		Ø 1	Ø 2	Ø 3	Ø 4	Promedio	h1	h2	Promedio	Probeta			
		(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	Dp (cm)	(cm)	(cm)	Lp (cm)	(Kg)			
14 DÍAS	P-25	10.10	10.20	10.10	10.20	10.15	20.20	20.20	20.20	3.850	1.99	Sí Cumple	17,570
	P-26	10.10	10.20	10.20	10.20	10.18	20.20	20.20	20.20	3.840	1.99	Sí Cumple	17,480
	P-27	9.90	9.80	10.40	9.70	9.95	20.00	20.10	20.05	3.828	2.02	Sí Cumple	16,790
	P-28	10.10	9.90	10.00	10.10	10.03	20.10	20.00	20.05	3.812	2.00	Sí Cumple	16,680
	P-29	9.80	10.00	10.00	10.10	9.98	20.20	20.10	20.15	3.830	2.02	Sí Cumple	17,020
	P-30	9.90	10.00	10.10	10.00	10.00	20.00	20.10	20.05	3.840	2.01	Sí Cumple	17,020

Nota: Imagen obtenida de fuente propia.



**Tabla 67** Toma de datos a los 14 días de curado, resistencia a la compresión axial del concreto con adiciones de diatomita en estado calcinado en un 10%.

TIEMPO CURADO (Días)	DATOS OBTENIDOS DE PROBETAS-TESTIGOS 10 %										VERIFICACIÓN RELACION Altura/Diámetro		DATOS DE ROTURA COMPRESION AXIAL
	PROBETA N°	Diámetro Superior		Diámetro Inferior		Ø: Diámetro	Alturas		Altura	Peso			
		Ø 1	Ø 2	Ø 3	Ø 4	Promedio	h1	h2	Promedio	Probeta	Lp/Dp	Lp/Dp > 1.75	Fuerza Aplicada (Kg)
	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	Dp (cm)	(cm)	(cm)	Lp (cm)	(Kg)				
14 DÍAS	P-43	10.20	9.90	9.80	10.00	9.98	20.20	20.20	20.20	4.115	2.03	Sí Cumple	16,850
	P-44	10.10	10.20	10.00	10.10	10.10	20.20	20.20	20.20	4.055	2.00	Sí Cumple	17,410
	P-45	10.10	10.20	10.20	10.10	10.15	20.20	20.10	20.15	4.090	1.99	Sí Cumple	17,890
	P-46	9.90	10.20	9.90	10.40	10.10	20.10	20.00	20.05	4.105	1.99	Sí Cumple	17,580
	P-47	10.10	10.20	10.10	10.00	10.10	20.20	20.40	20.30	4.090	2.01	Sí Cumple	17,800
	P-48	10.00	10.10	10.00	10.00	10.03	20.00	20.10	20.05	4.105	2.00	Sí Cumple	17,800

Nota: Imagen obtenida de fuente propia.



**Tabla 68** Toma de datos a los 14 días de curado, resistencia a la compresión axial del concreto con adiciones de diatomita en estado calcinado en un 15%.

TIEMPO CURADO (Días)	DATOS OBTENIDOS DE PROBETAS-TESTIGOS 15%										VERIFICACIÓN RELACION Altura/Diámetro		DATOS DE ROTURA COMPRESION AXIAL
	PROBETA N°	Diámetro Superior		Diámetro Inferior		Ø: Diámetro	Alturas		Altura	Peso	Lp/Dp	Lp/Dp > 1.75	Fuerza Aplicada (Kg)
		Ø 1	Ø 2	Ø 3	Ø 4	Promedio	h1	h2	Promedio	Probeta			
	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	Dp (cm)	(cm)	(cm)	Lp (cm)	(Kg)				
14 DÍAS	P-61	10.10	10.00	9.90	10.00	10.00	19.90	20.00	19.95	4.370	2.00	Sí Cumple	17,810
	P-62	9.80	10.10	10.10	9.90	9.98	20.00	20.10	20.05	4.375	2.01	Sí Cumple	17,770
	P-63	10.00	9.90	10.00	9.90	9.95	20.00	20.00	20.00	4.380	2.01	Sí Cumple	17,700
	P-64	9.90	10.10	10.00	10.00	10.00	20.30	20.10	20.20	4.385	2.02	Sí Cumple	17,180
	P-65	10.00	10.20	9.90	10.00	10.03	20.10	20.10	20.10	4.370	2.00	Sí Cumple	17,510
	P-66	10.10	10.00	9.90	10.00	10.00	20.00	20.00	20.00	4.380	2.00	Sí Cumple	17,310

Nota: Imagen obtenida de fuente propia.



**Tabla 69** Toma de datos para la resistencia a la compresión axial a los 28 días de curado del concreto patrón.

TIEMPO CURADO (Días)	DATOS OBTENIDOS DE PROBETAS-TESTIGOS PATRON										VERIFICACIÓN RELACION Altura/Diámetro		DATOS DE ROTURA COMPRESION AXIAL
	PROBETA N°	Diámetro Superior		Diámetro Inferior		Ø: Diámetro	Alturas		Altura	Peso			
		Ø 1 (cm)	Ø 2 (cm)	Ø 3 (cm)	Ø 4 (cm)	Promedio Dp (cm)	h1 (cm)	h2 (cm)	Promedio Lp (cm)	Probeta (Kg)	Lp/Dp	Lp/Dp > 1.75	Fuerza Aplicada (Kg)
28 DÍAS	P-13	10.10	9.80	9.70	10.30	9.98	20.20	20.20	20.20	3.570	2.03	Sí Cumple	17,600
	P-14	10.20	10.20	10.00	9.90	10.08	20.20	20.10	20.15	3.530	2.00	Sí Cumple	17,700
	P-15	10.10	10.10	10.00	10.10	10.08	20.10	20.20	20.15	3.570	2.00	Sí Cumple	17,600
	P-16	10.10	10.00	10.20	10.00	10.08	20.20	20.10	20.15	3.514	2.00	Sí Cumple	17,780
	P-17	10.10	10.00	10.20	10.20	10.13	20.20	20.20	20.20	3.576	2.00	Sí Cumple	17,900
	P-18	9.90	10.20	9.90	9.90	9.98	20.00	20.10	20.05	3.513	2.01	Sí Cumple	17,900

*Nota:* Imagen obtenida de fuente propia.



**Tabla 70** Toma de datos a los 28 días de curado, resistencia a la compresión axial del concreto con adiciones de diatomita en estado calcinado en un 5%.

TIEMPO CURADO (Días)	DATOS OBTENIDOS DE PROBETAS-TESTIGOS 5%										VERIFICACIÓN RELACION Altura/Diámetro		DATOS DE ROTURA COMPRESION AXIAL
	PROBETA N°	Diámetro Superior		Diámetro Inferior		Ø: Diámetro	Alturas		Altura	Peso			
		Ø 1 (cm)	Ø 2 (cm)	Ø 3 (cm)	Ø 4 (cm)	Promedio Dp (cm)	h1 (cm)	h2 (cm)	Promedio Lp (cm)	Probeta (Kg)	Lp/Dp	Lp/Dp > 1.75	Fuerza Aplicada (Kg)
28 DÍAS	P-31	10.00	10.10	10.00	10.10	10.05	20.10	20.00	20.05	3.830	2.00	Sí Cumple	19,020
	P-32	10.20	10.20	10.20	10.20	10.20	20.20	20.20	20.20	3.840	1.98	Sí Cumple	19,280
	P-33	10.30	9.90	9.90	10.00	10.03	20.00	20.10	20.05	3.840	2.00	Sí Cumple	18,350
	P-34	10.30	10.20	10.20	10.10	10.20	20.20	20.20	20.20	3.825	1.98	Sí Cumple	19,550
	P-35	10.20	10.20	10.20	10.20	10.20	20.10	20.20	20.15	3.835	1.98	Sí Cumple	19,500
	P-36	10.10	10.00	10.00	10.10	10.05	19.90	20.00	19.95	3.855	1.99	Sí Cumple	19,550

Nota: Imagen obtenida de fuente propia.



**Tabla 71** Toma de datos a los 28 días de curado, resistencia a la compresión axial del concreto con adiciones de diatomita en estado calcinado en un 10%.

TIEMPO CURADO (Días)	DATOS OBTENIDOS DE PROBETAS-TESTIGOS 10 %										VERIFICACIÓN RELACION Altura/Diámetro		DATOS DE ROTURA COMPRESION AXIAL
	PROBETA N°	Diámetro Superior		Diámetro Inferior		Ø: Diámetro	Alturas		Altura	Peso			
		Ø 1 (cm)	Ø 2 (cm)	Ø 3 (cm)	Ø 4 (cm)	Promedio Dp (cm)	h1 (cm)	h2 (cm)	Promedio Lp (cm)	Probeta (Kg)	Lp/Dp	Lp/Dp > 1.75	Fuerza Aplicada (Kg)
28 DÍAS	P-49	10.20	10.20	10.20	9.90	10.13	20.10	20.10	20.10	4.080	1.99	Sí Cumple	19,190
	P-50	10.10	10.20	10.30	10.10	10.18	20.20	20.30	20.25	4.090	1.99	Sí Cumple	19,590
	P-51	10.10	9.80	10.30	9.80	10.00	20.20	20.20	20.20	4.105	2.02	Sí Cumple	19,370
	P-52	10.30	10.10	10.20	10.10	10.18	20.10	20.20	20.15	4.090	1.98	Sí Cumple	19,150
	P-53	10.30	10.20	10.10	10.20	10.20	20.00	20.00	20.00	4.110	1.96	Sí Cumple	19,470
	P-54	10.00	10.20	10.00	10.10	10.08	20.10	20.20	20.15	4.120	2.00	Sí Cumple	19,470

Nota: Imagen obtenida de fuente propia.



**Tabla 72** Toma de datos a los 28 días de curado, resistencia a la compresión axial del concreto con adiciones de diatomita en estado calcinado en un 15%.

TIEMPO CURADO (Días)	DATOS OBTENIDOS DE PROBETAS-TESTIGOS 15%										VERIFICACIÓN RELACION Altura/Diámetro		DATOS DE ROTURA COMPRESION AXIAL
	PROBETA N°	Diámetro Superior		Diámetro Inferior		Ø: Diámetro	Alturas		Altura	Peso			
		Ø 1 (cm)	Ø 2 (cm)	Ø 3 (cm)	Ø 4 (cm)	Promedio Dp (cm)	h1 (cm)	h2 (cm)	Promedio Lp (cm)	Probeta (Kg)	Lp/Dp	Lp/Dp > 1.75	Fuerza Aplicada (Kg)
28 DÍAS	P-67	10.10	10.10	10.10	9.90	10.05	20.10	20.00	20.05	4.370	2.00	Sí Cumple	19,000
	P-68	10.10	10.00	10.00	9.90	10.00	20.00	20.00	20.00	4.380	2.00	Sí Cumple	19,090
	P-69	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	20.10	20.10	20.10	4.375	2.01	Sí Cumple	19,250
	P-70	9.90	10.00	10.00	9.80	9.93	20.10	20.00	20.05	4.380	2.02	Sí Cumple	19,100
	P-71	10.10	10.00	10.10	9.90	10.03	20.20	20.20	20.20	4.370	2.01	Sí Cumple	18,900
	P-72	10.00	10.10	10.00	10.00	10.03	20.20	20.10	20.15	4.380	2.01	Sí Cumple	19,000

*Nota:* Imagen obtenida de fuente propia.

### 3.5.4 Análisis de datos.

#### 3.5.4.1 Análisis de resistencia a la abrasión y/o desgaste de muestras de agregado grueso.

El análisis con respecto a este tema se realizará en función de las siguientes tablas estipuladas en la Norma Técnica Peruana.

**Tabla 73** Selección de gradación de las muestras de ensayo a realizar en la máquina de los ángeles.

M ETODO GRADACION		A	B	C	D
Diámetro tamices		Cantidad de material a usar (gr)			
Que pasa	Retenido				
1 1/2(38.1mm)	1" (25.0mm)	1250 ± 25			
1" (25.0mm)	3/4"(19.0 mm)	1250 ± 25			
3/4"(19.0mm)	1/2" (12.5mm)	1250 ± 10	2500 ± 10		
1/2" (12.5mm)	3/8" (9.5mm)	1250 ± 10	2500 ± 10		
3/8" (9.5mm)	1/4" (6.3mm)			2500 ± 10	
1/4" (6.3mm)	N°4 (4.75mm)			2500 ± 10	
N°4 (4.75mm)	N°8 (2.36mm)				5000 ± 10
PESOTOTAL		5000±10	5000±10	5000±10	5000±10
N° de Esferas		12	11	8	6
N° de Revoluciones		500	500	500	500
Tiempo de Rotación (Minutos)		15	15	15	15

*Nota:* Imagen obtenida de Norma Técnica Peruana (N.T.P. 400.019, 2002).

**Tabla 74** Verificación de resistencia mecánica de los agregados.

METODOS ALTERNATIVOS	NO MAYOR QUE %
Abrasión Método de los Ángeles	50
Valor de Impacto del Agregado	30

*Nota:* Imagen obtenida de Norma Técnica Peruana (N.T.P. 400.037, 2014).



**Porcentaje de Desgastes (De):**

$$De = \frac{(P1-P2)}{P1} \times 100$$

Donde:

P1: Peso original de la muestra antes de ingresar a la Máquina de los Ángeles.

P2: Peso o suma de pesos de los tamices retenidos después de la Abrasión.

**3.5.4.2 Análisis de resistencia a la abrasión y/o desgaste del agregado grueso.**

**a) Procesamiento y cálculos de Datos:**

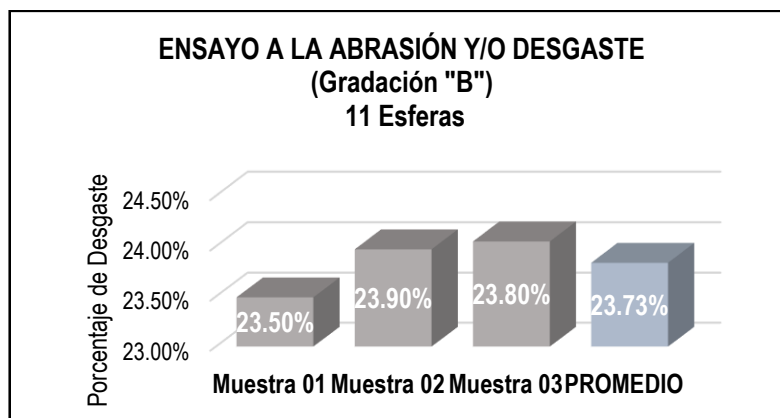
**Tabla 75** *Desgaste a la abrasión de muestras de agregado grueso.*

ENSAYO A LA ABRASIÓN Y/O DESGASTE (Gradación "B") 11 Esferas		MUESTRA - AGREGADO GRUESO				Und
		Muestra 01	Muestra 02	Muestra 03	Promedio	
DESCRIPCION	Símbolo	(gr)	(gr)	(gr)	(gr)	
<b>% Desgaste:</b>	<b>De</b>	23.50%	23.90%	23.80%	<b>23.73%</b>	<b>%</b>

*Nota:* Imagen obtenida de fuente propia.

**b) Diagrama de Interpretación:**

**Tabla 76** *Desgaste a la abrasión de muestras del agregado grueso, realizado en la máquina de los ángeles.*



*Nota:* Imagen obtenida de fuente propia.

**c) Análisis de Prueba.**

- ✓ En el presente ensayo, resguardado según (N.T.P. 400.019, 2002), establecido para ensayar agregados gruesos de tamaños menores 37.5mm (1 ½”), se utilizó para la gradación “B” en la máquina de los Ángeles, y de esta forma se determinar la resistencia a la Abrasión y/o desgaste.



- ✓ Bajo este ensayo se demostró las condiciones de resistencia a la abrasión y/o desgaste del Agregado Grueso de la cantera de Vicho, con un desgaste promedio de resistencia mecánica del 23.73%.
- ✓ Según esta tesis, el agregado cumple con las condiciones de Agregado ideal para la elaboración del diseño de mezclas y probetas de Concreto en esta investigación.

### 3.5.4.3 Análisis de granulometría y módulo de finura para el agregado fino.

El respectivo análisis de este ensayo fue bajo las consideraciones de la (N.T.P. 400.037, 2014), donde establece los requisitos de gradación (granulometría) de los agregados fino para la elaboración de un concreto estructural.

**Tabla 77** Límites granulométricos del agregado fino.

Tamiz	Porcentaje que Pasa
9.5mm (3/8")	100%
4.75mm (#4)	95% - 100%
2.36mm (#8)	80% - 100%
1.18mm (#16)	50% - 85%
600um (#30)	25% - 60%
300um (#50)	5% - 30%
150um (#100)	0% - 10%

*Nota:* Imagen obtenida de Norma Técnica Peruana (N.T.P. 400.037, 2014).

Para la granulometría del agregado fino se utilizará las siguientes formulas:

$$\%Retenido = \frac{\text{Peso del Material Restenido}}{\text{Peso Total de la Muestra Evaluada}} \times 100$$

$$\%Retenido Acumulado = \%Retenido + \%Retenido acumulado anterior$$

$$\% \text{ que pasa} = 100 - \%Retenido acumulado anterior$$

“...El Módulo de fineza recomendable estará entre 2.3 y 3.1” (N.T.P. 400.037, 2014).

$$\text{Módulo de Fineza} = \frac{\sum \%Retenido. Acum. Tamices(\#4 + \#8 + \#16 + \#30 + \#50 + \#100)}{100}$$

“...Es aconsejable utilizar arena de depósito (arena para hacer concreto), de forma que no más del 10% del material pase por tamiz #200. (E. BOWLES, 1980, pág. 36).



3.5.4.4 Análisis de granulometría y módulo de finura del agregado fino de cantera de Mina Roja.

a) Procesamiento y cálculos de Datos:

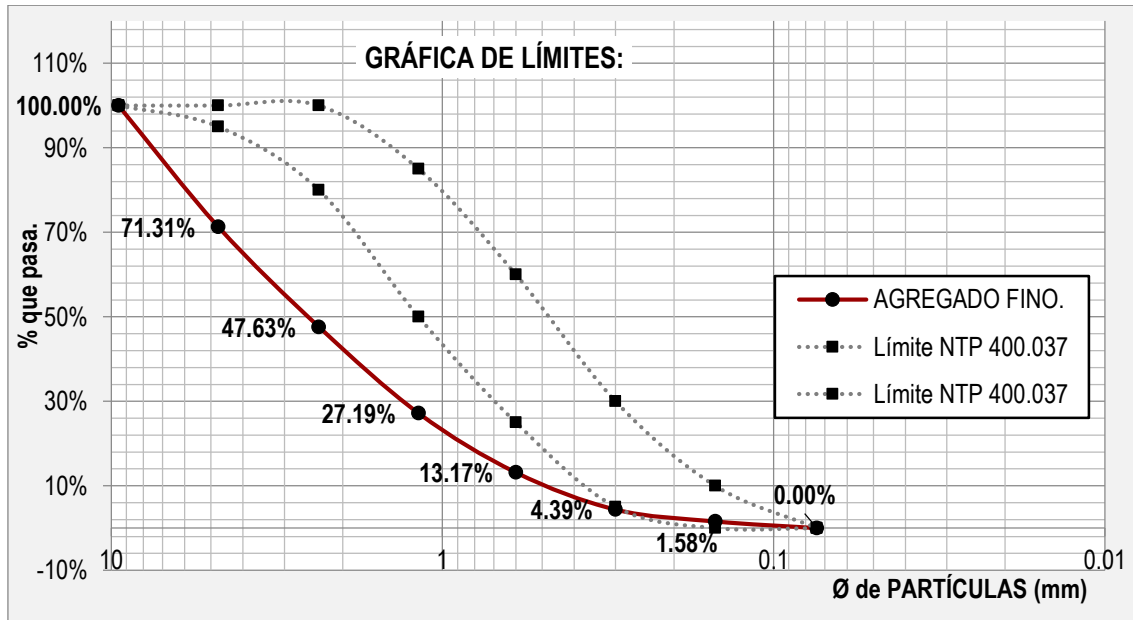
Tabla 78 Granulometría del agregado fino y módulo de fineza de la cantera de mina roja.

Mallas estándar		CANTERA MINAROJA - PESO RETENIDO (g)				Retenido promedio %	Retenido acumulado %	Acumulado que pasa	Limites NTP 400.037	
Pulg.	Ø mm	M1	M2	M3	Promedio				100.00 %	75.00 %
3/8"	9.500	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00 %	0.00 %	100.00 %	100.00 %	100.00 %
#4	4.750	443.11	439.35	395.33	425.93	28.69 %	28.69 %	71.31 %	95.00 %	100.00 %
#8	2.360	338.41	371.35	344.99	351.58	23.68 %	52.37 %	47.63 %	80.00 %	100.00 %
#16	1.180	298.77	299.45	312.33	303.52	20.44 %	72.81 %	27.19 %	50.00 %	85.00 %
#30	0.600	209.49	193.60	221.31	208.13	14.02 %	86.83 %	13.17 %	25.00 %	60.00 %
#50	0.300	123.36	102.33	165.51	130.40	8.78 %	95.61 %	4.39 %	5.00 %	30.00 %
#100	0.150	45.85	49.02	30.31	41.73	2.81 %	98.42 %	1.58 %	0.00 %	10.00 %
#200	0.074	24.30	26.79	19.21	23.43	1.58 %	100.00 %	0.00 %	-	0.00 %
TOTAL (en Tamices):		1483.29	1481.89	1488.99	1484.72	100.00 %				
Fondo Cazuela		16.71	18.11	11.01	15.28	1.02 %		Requiere Modulo Fineza entre 2.3-3.1		
TOTAL:		1500.00	1500.00	1500.00	1500.00	Módulo de Fineza 4.35				

Nota: Imagen obtenida de fuente propia.

b) Diagrama de Interpretación:

Figura 54 Granulometría del agregado fino y módulo de fineza de la cantera de Mina Roja.



Nota: Imagen obtenida de fuente propia.

c) Análisis de Prueba:

- ✓ El ensayo se le realizó con los requisitos del análisis granulométrico para el Agregado Fino según la Tabla 75 de esta investigación (N.T.P. 400.037, 2014).
- ✓ Según las condiciones de los Límites granulométricos que estipula esta norma, los porcentajes acumulados que pasa en función de los tamices retenidos de este agregado están por encima de los límites previstos, interpretándose que la muestra de este Agregado tiene demasiado contenido de material grueso.
- ✓ Para el cálculo del módulo de fineza de este Agregado, se determina según la (N.T.P. 400.037, 2014).
- ✓ Se aprecia que el módulo de finura de este agregado es de 4.35, el cual no está dentro de los parámetros establecidos según las consideraciones de la norma. Lo recomendable y aceptable es que este valor este dentro 2.3 y 3.1.
- ✓ Del anterior análisis se concluye que el módulo de fineza de este agregado tiene mucho contenido de material grueso, por lo tanto, este agregado no cumple con los requisitos establecidos según (N.T.P. 400.037, 2014).
- ✓ También se verifica que el porcentaje de material pasante por la malla #200, es inferior al 10% con respecto del peso total la muestra análisis según lo estipula la (E. BOWLES, 1980) (Pág. 36).



3.5.4.5 Análisis de granulometría y módulo de finura del agregado fino de la cantera de Cunyac.

a) Procesamiento y cálculos de Datos:

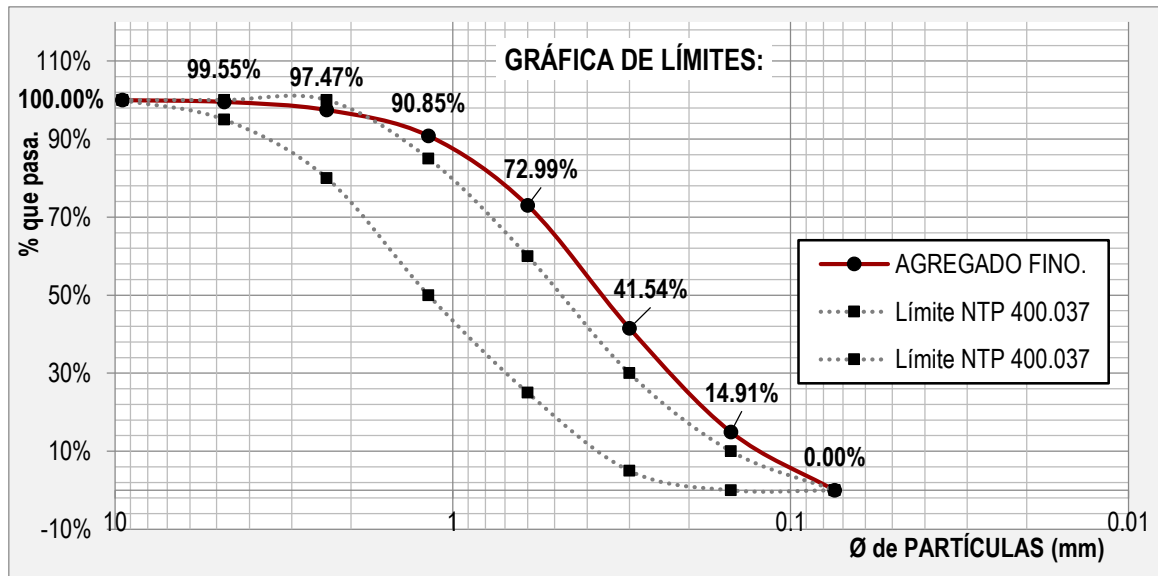
Tabla 79 Granulometría del agregado fino y módulo de fineza de la cantera de Cunyac.

Mallas estándar		Cantera Cunyac- peso retenido(g)				Retenido promedio %	Retenido acumulado	Acumulado que pasa	Límites NTP400.037	
Pulg.	Ø mm	M1	M2	M3	Promedio					
3/8"	9.500	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00 %	0.00 %	100.00 %	100.00 %	100.00 %
#4	4.750	1.10	8.30	10.07	6.49	0.45 %	0.45 %	99.55 %	95.00 %	100.00 %
#8	2.360	31.50	28.77	29.11	29.79	2.07 %	2.53 %	97.47 %	80.00 %	100.00 %
#16	1.180	94.40	101.01	90.03	95.15	6.63 %	9.15 %	90.85 %	50.00 %	85.00 %
#30	0.600	251.98	257.12	260.08	256.39	17.86 %	27.01 %	72.99 %	25.00 %	60.00 %
#50	0.300	454.90	466.66	433.54	451.70	31.46 %	58.46 %	41.54 %	5.00 %	30.00 %
#100	0.150	387.40	379.21	380.41	382.34	26.63 %	85.09 %	14.91 %	0.00 %	10.00 %
#200	0.074	222.00	195.21	225.10	214.10	14.91 %	100.00 %	0.00 %	-	0.00 %
TOTAL (en Tamices):		1443.28	1436.28	1428.34	1435.97	100.00 %	-	-	-	-
Fondo Cazuela		56.72	63.72	71.66	64.03	4.27 %	-	Módulo Fineza entre 2.3- 3.1		
TOTAL=		1500.00	1500.00	1500.00	1500.00	Módulo de Fineza 1.83				

Nota: Imagen obtenida de fuente propia.

**b) Diagrama de Interpretación:**

**Figura 55** Granulometría del agregado fino y módulo de fineza de la cantera de Cunyac.



*Nota:* Imagen obtenida de fuente propia.

**c) Análisis de Prueba:**

- ✓ El ensayo se le realizó con los requisitos del análisis granulométrico para el Agregado Fino según (N.T.P. 400.037, 2014).
- ✓ Según las condiciones de los Límites granulométricos que estipula esta norma, los porcentajes acumulados que pasa en función de los tamices retenidos de este agregado están por encima de los límites previstos, interpretándose que la muestra de este Agregado tiene demasiado contenido de material fino.
- ✓ Para el cálculo del módulo de fineza de este Agregado, se determina según la (N.T.P. 400.037, 2014).
- ✓ Se aprecia que el módulo de finura de este agregado es de 1.83, el cual no está dentro de los parámetros establecidos según las consideraciones de la Norma. Lo recomendable y aceptable es que este valor este dentro 2.3 y 3.1.
- ✓ Del anterior análisis se concluye que el módulo de finura de este agregado tiene mucho contenido de material fino, por lo tanto, este agregado no cumple con los requisitos establecidos según (N.T.P. 400.037, 2014).
- ✓ También se verifica que el porcentaje de material pasante por la malla #200, es inferior al 10% con respecto del peso total la muestra análisis según lo estipula la (E. BOWLES, 1980) (Pág. 36).



3.5.4.6 Análisis de granulometría y módulo de finura del agregado fino 35 % mina roja y 65 % Cunyac.

a) Procesamiento y cálculos de Datos:

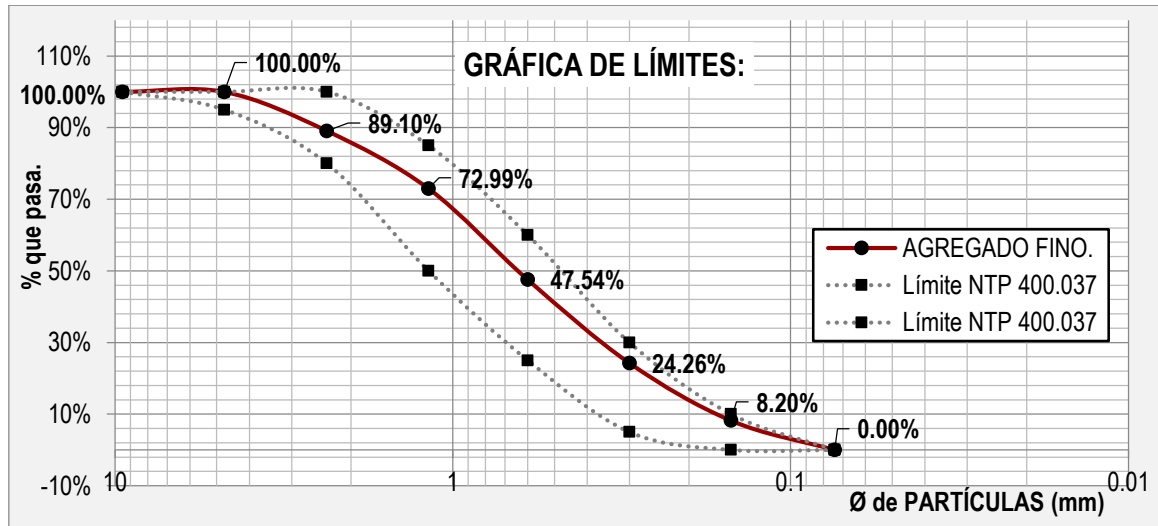
Tabla 80 Granulometría del agregado fino y módulo de fineza, 35 % mina roja y 65 % Cunyac.

Mallas estándar		Cunyac (65%) y mina roja (35%) peso retenido (g)				Retenido promedio %	Retenido acumulado	Acumulado que pasa	Limites NTP 400.037	
Puig.	Ø mm	MI	M2	M3	Promedio				100.00 %	95.00 %
3/8"	9.500	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00 %	0.00 %	100.00 %	100.00 %	100.00 %
#4	4.750	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00 %	0.00 %	100.00 %	95.00 %	100.00 %
#8	2.360	132.63	168.59	179.48	160.23	10.90 %	10.90 %	89.10 %	80.00 %	100.00 %
#16	1.180	231.42	240.79	238.09	236.77	16.11 %	27.01 %	72.99 %	50.00 %	85.00 %
#30	0.600	395.12	345.67	381.17	373.99	25.45 %	52.46 %	47.54 %	25.00 %	60.00 %
#50	0.300	354.11	349.65	322.73	342.16	23.28 %	75.74 %	24.26 %	5.00 %	30.00 %
#100	0.150	243.05	237.82	227.54	236.14	16.07 %	91.80 %	8.20 %	0.00 %	10.00 %
#200	0.074	116.22	123.39	121.77	120.46	8.20 %	100.00 %	0.00 %	-	0.00 %
TOTAL (en Tamices):		1472.55	1465.91	1470.78	1469.75	100.00 %				
Fondo Cazuela		27.45	34.09	29.22	30.25	2.02 %		Módulo Fineza entre 2.3-3.1		
TOTAL:		1500.00	1500.00	1500.00	1500.00	Módulo de Fineza 2.58				

Nota: Imagen obtenida de fuente propia.

**b) Diagrama de Interpretación:**

**Figura 56** Granulometría del agregado fino y módulo de fineza, 35% mina roja y 65% Cunyac.



Nota: Imagen obtenida de fuente propia.

**c) Análisis de Prueba:**

- ✓ El ensayo se le realizó y se aprobó con los requisitos de los Límites granulométricos para el Agregado Fino según Tala 75 de esta investigación (N.T.P. 400.037, 2014).
- ✓ Según las condiciones de los Límites granulométricos que estipula esta norma, los porcentajes acumulados que pasa en función de los tamices retenidos de esta combinación de agregados están dentro de los límites previstos, interpretándose que la muestra combinada de estos Agregados, es la ideal para esta investigación.
- ✓ Para la obtención de este resultado, antes de la combinación de estos agregados, se tamizaron con el tamiz #4 y se desechó todo lo retenido a este tamiz y se utilizó el material pasante.
- ✓ Para el cálculo del módulo de fineza de este Agregado, se determina según la (N.T.P. 400.037, 2014).
- ✓ Se aprecia que el módulo de finura de este agregado es de 2.58, el cual está dentro de los parámetros establecidos según las consideraciones de la Norma, donde cumple con las recomendaciones de rango entre 2.3 y 3.1.





- ✓ Del anterior análisis se concluye que el módulo de finura de esta combinación de agregados es el ideal, por lo tanto, esta combinación de agregados cumple con los requisitos de granulometría establecidos según (N.T.P. 400.037, 2014).
- ✓ También se verifica que el porcentaje de material pasante por la malla #200, es inferior al 10% con respecto del peso total la muestra análisis según lo estipula la (E. BOWLES, 1980) (Pág. 36).

### 3.5.4.7 Análisis de granulometría para el agregado grueso.

Dicho análisis se realizará al Agregado Grueso de la cantera de Vicho.

En el proceso de los análisis de granulometría con respecto al agregado grueso se utilizó las siguientes fórmulas.

$$\%Retenido = \frac{\text{Peso del Material Restenido}}{\text{Peso Total de la Muestra Evaluada}} \times 100$$

$$\%Retenido Acumulado = \%Retenido + \%Retenido acumulado anterior$$

$$\% \text{ que pasa} = 100 - \%Retenido acumulado anterior$$

**Figura 57** Selección del huso N° 06 granulométrico para el agregado grueso.

HUSO	TAMAÑO MÁXIMO NOMINAL	PORCENTAJE QUE PASA POR LOS TAMICES NORMALIZADOS									
		50 mm (2 pulg.)	37,5 mm (1 1/2 pulg.)	25,0 mm (1 pulg.)	19,0 mm (3/4 pulg.)	12,5 mm (1/2 pulg.)	9,5 mm (3/8 pulg.)	4,75 mm (No. 4)	2,36 mm (No. 8)	1,18 mm (No. 16)	4,75 μm (No. 50)
4	37,5 mm a 19,0 mm (1 1/2 a 3/4 pulg.)	100	90 a 100	20 a 55	0 a 5	---	0 a 5	---	---	---	---
467	37,5 mm a 4,75 mm (1 1/2 pulg. a No. 4)	100	95 a 100	---	35 a 70	---	10 a 30	0 a 5	---	---	---
5	25,0 mm a 12,5 mm (1 a 1/2 pulg.)	---	100	90 a 100	20 a 55	0 a 10	0 a 5	---	---	---	---
56	25,0 mm a 9,5 mm (1 a 3/8 pulg.)	---	100	90 a 100	40 a 85	10 a 40	0 a 15	0 a 5	---	---	---
57	25,0 mm a 4,75 mm (1 pulg. a No. 4)	---	100	95 a 100	---	25 a 60	---	0 a 10	0 a 5	---	---
6	19,0 mm a 9,5 mm (3/4 a 3/8 pulg.)	---	---	100	90 a 100	20 a 55	0 a 15	0 a 5	---	---	---
67	19,0 mm a 4,75 mm (3/4 pulg. a No. 4)	---	---	100	90 a 100	---	20 a 55	0 a 10	0 a 5	---	---
7	12,5 mm a 4,75 mm (1/2 pulg. a No. 4)	---	---	---	100	90 a 100	40 a 70	0 a 15	0 a 5	---	---
8	9,5 mm a 2,36 mm (3/8 pulg. a No. 8)	---	---	---	---	100	85 a 100	10 a 30	0 a 10	0 a 5	---
89	9,5 mm a 1,18 mm (3/8 pulg. a No. 16)	---	---	---	---	100	90 a 100	20 a 35	5 a 30	0 a 10	0 a 5
9	4,75 mm a 1,18 mm (No. 4 a No. 16)	---	---	---	---	---	100	85 a 100	10 a 40	0 a 10	0 a 5

*Nota:* Imagen obtenida de Norma Técnica Peruana (N.T.P. 400.037, 2014).



a) **Procesamiento y cálculos de Datos:**

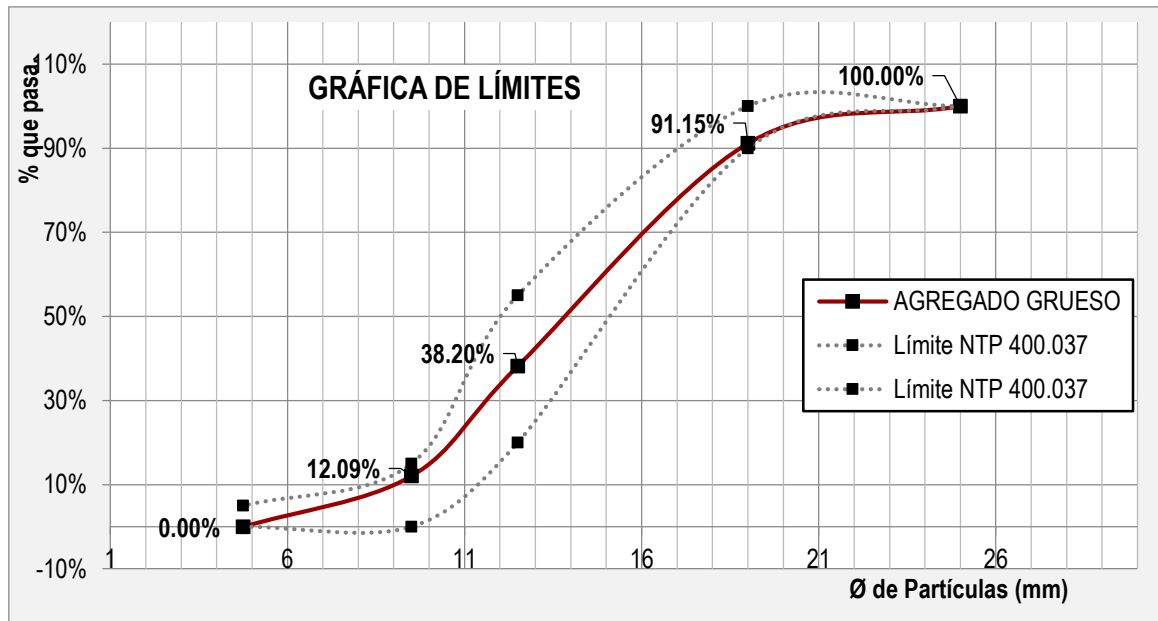
**Tabla 81** Granulometría del agregado grueso de la cantera de vicho.

GRANULOMETRIA DEL AGREGADO GRUESO - CANTERA DE VICHO										
Mallas estándar		Peso retenido (gr)				Retenido promedio %	Retenido acumulado %	Acumulado que pasa	Limites NTP 400.037 (Huso 06)	
Puig.	0 mm	M1	M2	M3	Promedio				100.00 %	90.00 %
1"	25.00	00.00	00.00	00.00	00.00	0.00 %	0.00 %	100.00 %	100.00 %	100.00 %
3/4"	19.00	356.54	527.65	391.76	425.32	8.85 %	8.85 %	91.15 %	90.00 %	100.00 %
1/2"	1250.00	2621.30	2466.54	2543.79	2543.88	52.95 %	61.80 %	38.20 %	20.00 %	55.00 %
3/8"	09.50	1322.30	1266.77	1173.68	1254.25	26.11 %	87.91 %	12.09 %	0.00 %	15.00 %
#4	04.75	523.21	541.60	677.26	580.69	12.09 %	100.00 %	0.00 %	0.00 %	5.00 %
TOTAL (en Tamices):		4823.35	4802.56	4786.49	4804.13	100.00 %	-	-	-	-
Fondo Cazuela		176.65	197.44	213.51	195.87	-	-	-	-	-
TOTAL:		5000.00	5000.00	5000.00	5000.00	-	-	-	-	-

*Nota:* Imagen obtenida de fuente propia.

b) Diagrama de Interpretación:

Figura 58 Granulometría del agregado grueso de la cantera de vicho.



Nota: Imagen obtenida de fuente propia.

c) Análisis de Prueba:

- ✓ El ensayo se le realizó con los requisitos del análisis granulométrico para el Agregado Grueso de acuerdo al Huso 06 según la Figura 55 de esta investigación (N.T.P. 400.037, 2014), con un Tamaño Máximo Nominal de  $\frac{3}{4}$ ".
- ✓ Según las condiciones de los Límites granulométricos que estipula esta norma, los porcentajes acumulados que pasa en función de los tamices retenidos de este agregado, están dentro de los límites establecidos, interpretándose que la muestra de este Agregado es ideal.
- ✓ De los anteriores análisis se concluye que el Agregado Grueso de la cantera de Vicho con un Tamaño Máximo Nominal de  $\frac{3}{4}$ ", cumple con los requisitos granulométricos establecidos según (N.T.P. 400.037, 2014).

3.5.4.8 Análisis del contenido de humedad para los agregados.

En el proceso de los análisis del contenido de humedad con respecto a los agregados se usaron las siguientes consideraciones de (N.T.P. 339.185, 2002).

$$\text{Contenido de Humedad (\% P)} = \frac{W - D}{D}$$

Donde:

W: Peso del agregado en estado Natural (g).

D: Peso del Agregado secado al horno (g).

### 3.5.4.8.1 Análisis del contenido de humedad para el agregado fino.

#### a) Procesamiento y cálculos de Datos:

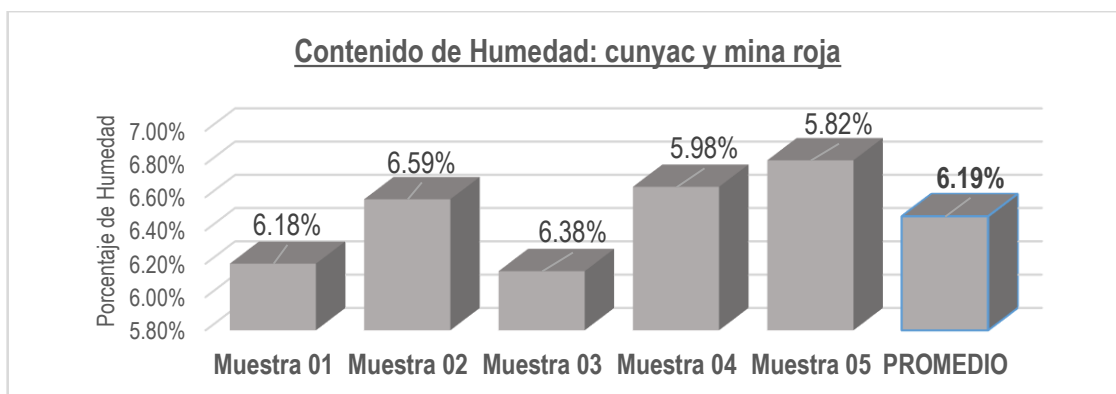
**Tabla 82** *Contenido de humedad del agregado fino.*

AGREGADO FINO - CANTERAS (35% Mina Roja y 65% Cunyac)								
Símbolo	Descripción:	M-1	M-2	M-3	M-4	M-5	Promedio	Und.
W =	Peso de Muestra en estado Natural.	500.00	500.00	500.00	500.00	500.00	500.00	gr
D =	Peso de Muestra Seca después de horno.	470.90	469.10	470.00	471.80	472.50	470.86	gr
P =	Contenido de humedad	6.18	6.59	6.38	5.98	5.82	6.19	%

*Nota:* Imagen obtenida de fuente propia.

#### b) Diagrama de Interpretación:

**Figura 59** *Contenido de humedad del agregado fino.*



*Nota:* Imagen obtenida de fuente propia.

#### c) Análisis de Prueba:

- ✓ Según la interpretación del gráfico el porcentaje de humedad promedio de la combinación de agregados finos (35% Mina Roja y 65% Cunyac) es de 6.19%, el agregado fino está ligeramente mojado.

- ✓ El contenido de humedad se evaluó al agregado fino (Combinado) en condiciones ambientales de su almacenamiento, el cual este dato nos sirve para realizar los ajustes correspondientes de agua para la dosificación del concreto.

### 3.5.4.8.1 Análisis del contenido de humedad para el agregado grueso.

#### a) Procesamiento y cálculos de Datos:

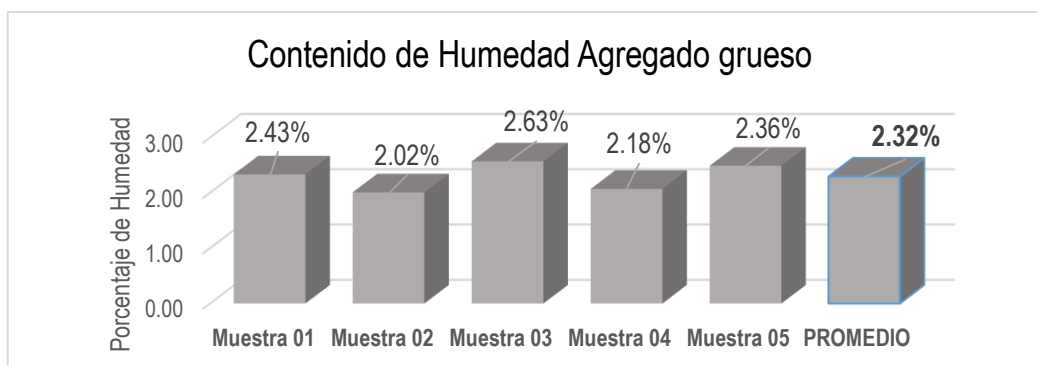
**Tabla 83** *Contenido de humedad del agregado grueso.*

Símbolo	Descripción:	M-1	M-2	M-3	M-4	M-5	Promedio	Und.
W =	Peso de la Muestra en estado Natural.	2000.00	2000.00	2000.00	2000.00	2000.00	2000.00	gr
D =	Peso de la Muestra Seca después de horno.	1952.60	1960.40	1948.80	1957.32	1953.88	1954.60	gr
P =	Contenido de humedad	2.43	2.02	2.63	2.18	2.36	2.32	%

*Nota:* Imagen obtenida de fuente propia.

#### b) Diagrama de Interpretación:

**Figura 60** *Contenido de humedad del agregado grueso.*



*Nota:* Imagen obtenida de fuente propia.

#### c) Análisis de Prueba:

- ✓ Según la interpretación del gráfico el porcentaje de humedad promedio del Agregado Grueso de la cantera de Vicho es de 2.32%, el agregado está ligeramente mojado.
- ✓ El contenido de humedad se evaluó al Agregado Grueso en condiciones ambientales de su almacenamiento, el cual este dato nos sirve para realizar los ajustes correspondientes de agua para la dosificación del concreto.



### 3.5.4.9 Análisis del peso específico y absorción para el agregado fino.

En el proceso de los análisis del Peso Específico y Porcentaje de Absorción del Agregado Fino se usaron las siguientes consideraciones de (N.T.P. 400.022, 2013).

$$\text{Peso Específico de Masa:} \\ (P_{em}) = \frac{W_o}{(V_f - V_a)}$$

$$\text{Peso Específico de Masa Saturado con Superficie Seca:} \\ (P_{eSSS}) = \frac{500}{(V_f - V_a)}$$

$$\text{Absorción:} \\ (Abs) = \frac{500 - W_o}{W_o} \times 100$$

Donde:

$P_{em}$  : Peso Específico de Masa ( $\text{g/cm}^3$ ).

$P_{eSSS}$  : Peso específico de Masa Saturado con Superficie Seca ( $\text{g/cm}^3$ ).

$Abs$  : Porcentaje de Absorción (%).

$W_o$  : Peso del Agregado Fino secado al horno, en (gr).

$V_f$  : Volumen de la Fiola en ( $\text{cm}^3$ ).

$V_a$  : Volumen de agua añadido a la Fiola cuando el agregado está dentro de la fiola ( $\text{cm}^3$ )

500 : Cantidad de Agregado Fino Saturado Superficialmente Seco (gr).



a) **Procesamiento y cálculos de Datos:**

**Tabla 84** *Peso específico y absorción del agregado fino cantera Cunyac.*

<b>SIMBOLO</b>	<b>AGREGADO FINO - (Cantera - CUNYAC)</b>	<b>M-1</b>	<b>M-2</b>	<b>M-3</b>	<b>PROMEDIO.</b>	<b>Und</b>
500	Muestra Saturado con Superficie Seca.	500.00	500.00	500.00	500.00	gr
W <sub>o</sub> =	Peso en el aire de la muestra secada en el homo.	493.62	494.68	492.10	493.47	gr
V <sub>f</sub> =	Volumen de la Fiola.	500.00	500.00	500.00	500.00	cm <sup>3</sup>
V <sub>a</sub>	Volumen de Agua añadida a la Fiola con Bureta y/o Probeta graduada.	303.00	306.00	305.00	304.67	cm <sup>3</sup>
P <sub>em</sub> =	Peso Específico de masa:	2.51	2.55	2.52	2.53	g/cm <sup>3</sup>
P <sub>eSSS</sub> =	Peso Específico de masa Saturado con Superficie Seca:	2.54	2.58	2.56	2.56	g/cm <sup>3</sup>
Abs =	Absorción expresada en porcentaje:	1.29%	1.38%	1.61%	1.32%	%

*Nota:* Imagen obtenida de fuente propia.

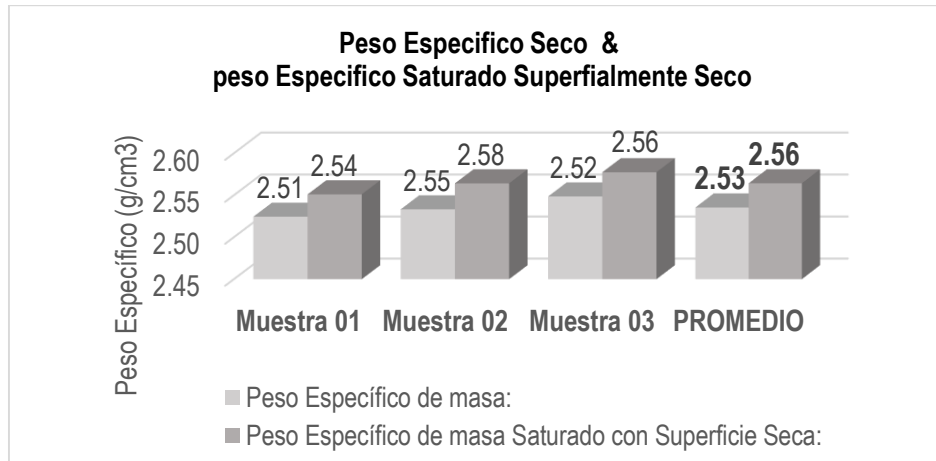
**Tabla 85** *Peso específico y absorción del agregado fino cantera mina roja*

<b>SIMBOLO</b>	<b>AGREGADO FINO - (Catera MINA ROJA)</b>	<b>M-1</b>	<b>M-2</b>	<b>M-3</b>	<b>PROMEDIO.</b>	<b>Und</b>
500	Muestra Saturado con Superficie Seca.	500.000	500.000	500.000	500.000	gr
W <sub>o</sub> =	Peso en el aire de la muestra secada en el homo.	492.00	492.00	491.80	491.93	gr
V <sub>f</sub> =	Volumen de la Fiola.	500.00	500.00	500.00	500.00	cm <sup>3</sup>
V <sub>a</sub>	Volumen de Agua añadida a la Fiola con Bureta y/o Probeta graduada.	300.00	300.00	305.00	301.67	cm <sup>3</sup>
P <sub>em</sub> =	Peso Específico de masa:	2.46	2.46	2.52	2.48	g/cm <sup>3</sup>
P <sub>eSSS</sub>	Peso Específico de masa Saturado con Superficie Seca:	2.50	2.50	2.56	2.52	g/cm <sup>3</sup>
Abs =	Absorción expresada en porcentaje:	1.63%	1.63%	1.67%	1.64%	%

*Nota:* Imagen obtenida de fuente propia.

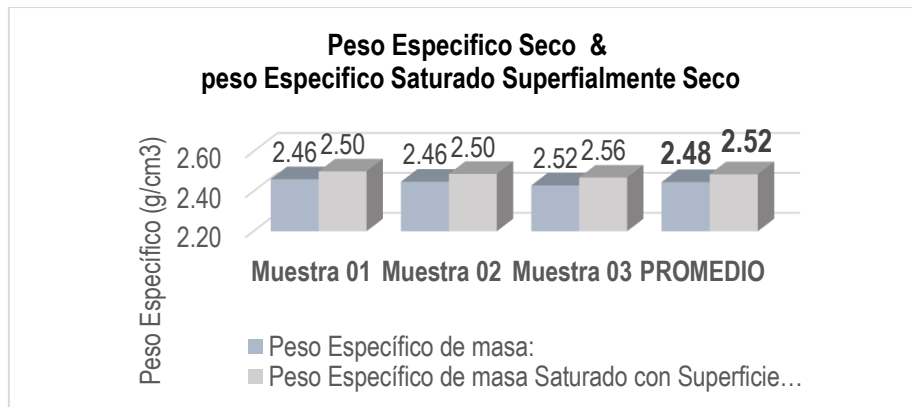
b) Diagrama de Interpretación:

**Tabla 86** *Peso específico de masa y peso específico saturado superficialmente seco del agregado fino – Cunyac.*



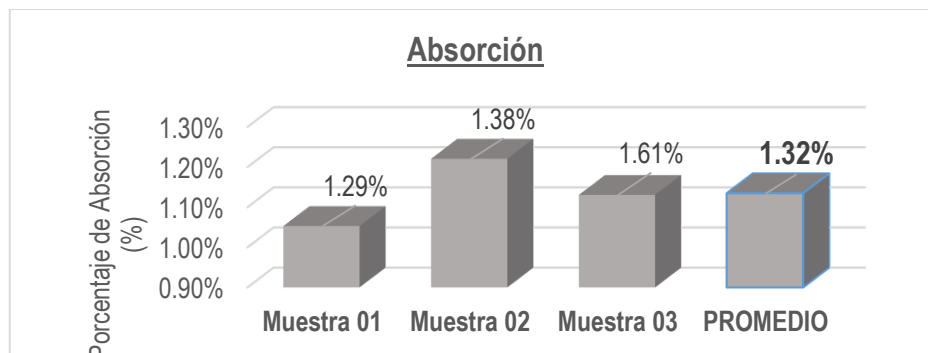
*Nota:* Imagen obtenida de fuente propia.

**Tabla 87** *Peso específico de masa y peso específico saturado superficialmente seco del agregado fino – mina roja.*



*Nota:* Imagen obtenida de fuente propia.

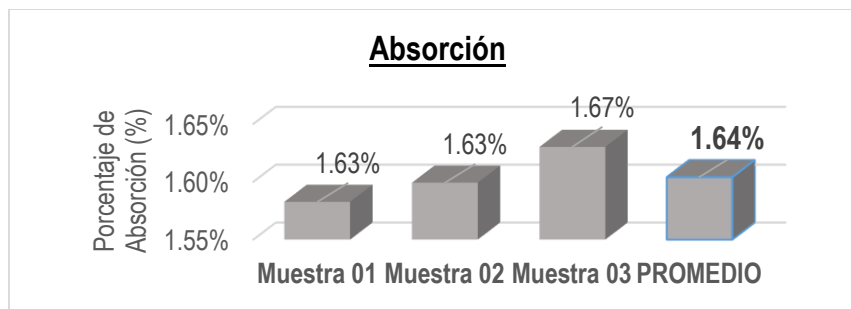
**Tabla 88** *Porcentaje de absorción del agregado fino (Cunyac).*



*Nota:* Imagen obtenida de fuente propia.



**Tabla 89** *Porcentaje de absorción del agregado fino (mina roja).*



*Nota:* Imagen obtenida de fuente propia.

**c) Análisis de Prueba:**

- ✓ Según la interpretación del diagrama, el Peso Específico de Masa, Peso Específico Saturado Superficialmente Seco y Absorción del Agregado Fino de la cantera de Cunyac, es  $Pem = 2.53\text{g/cm}^3$ ,  $PeSSS = 2.56\text{g/cm}^3$  y  $Abs = 1.32\%$ .
- ✓ Según la interpretación del diagrama, el Peso Específico de Masa, Peso Específico Saturado Superficialmente Seco y Absorción del Agregado Fino de la cantera de Mina Roja, es  $Pem = 2.48\text{g/cm}^3$ ,  $PeSSS = 2.52\text{g/cm}^3$  y  $Abs = 1.64\%$ .
- ✓ De tal forma para el diseño de mezclas y dosificación de materiales en cuanto a peso usaremos la siguiente tabla.

**Tabla 90** *Resumen de peso específico y absorción del agregado fino.*

Agregado Fino - Canteras					
SIMBOLO	PESO ESPECIFICO Y ABSORCION	CUNYAC	MINA ROJA	PROMEDIO PONDERADO (0.65 Cunyac) + (0.35 Mina Roja)	Und
Pem =	Peso Específico de masa:	2.53	2.48	2.51	g/cm <sup>3</sup>
Abs =	Absorción expresada en porcentaje:	1.32%	1.64%	1.43%	%

*Nota:* Imagen obtenida de fuente propia.

**3.5.4.10 Análisis del peso específico y porcentaje de absorción para el agregado grueso.**

En el proceso de los análisis del Peso Específico y Porcentaje de Absorción del Agregado Grueso de la cantera de Vicho, se usaron las siguientes consideraciones de (N.T.P. 400.021, 2013).



$$\text{Peso Específico de Masa:} \\ (Pem) = \frac{A}{B-C}$$

$$\text{Peso Específico de Masa Saturado} \\ \text{con Superficie Seca:} \\ (PeSSS) = \frac{B}{B-C}$$

$$\text{Absorción:} \\ (Abs) = \frac{B-A}{A} \times 100$$

Donde:

Pem : Peso Específico de Masa (g/cm<sup>3</sup>).

PeSSS : Peso específico de Masa Saturado con Superficie Seca (g/cm<sup>3</sup>).

Abs : Absorción en Porcentaje (%).

A : Peso del Agregado Grueso secado al horno, en (gr).

B : Peso del Agregado Grueso Saturado Superficialmente Seco (gr).

C : Peso Del Agregado Grueso Saturado dentro del Agua (gr).

**a) Procesamiento y cálculos de Datos:**

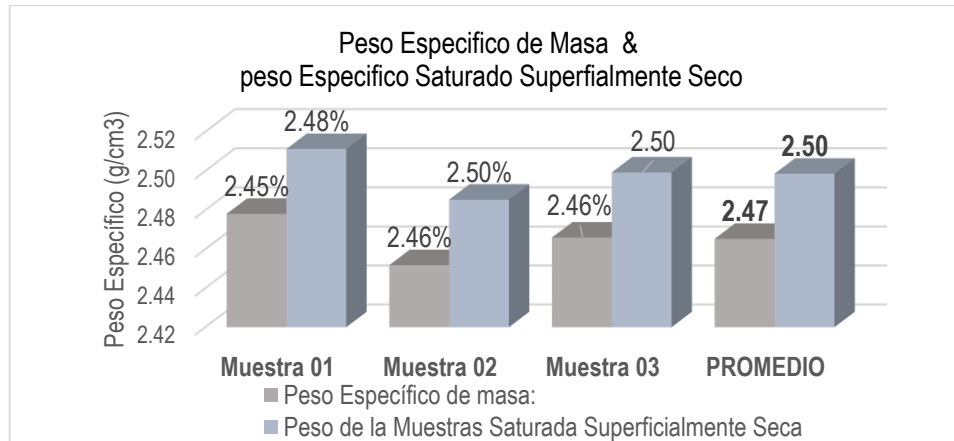
**Tabla 91** *Peso específico y absorción del agregado grueso.*

AGREGADO GRUESO - Cantera de Vicho		M-1	M-2	M-3	Promedio.	Und
Peso de la M muestra Saturada dentro del Agua + Canastilla.		2445.10	2411.40	2427.75	2428.08	gr
Peso de la Canastilla Dentro del Agua.		16.50	16.50	16.50	16.50	gr
A	Peso de la Muestra Seca	3953.18	3966.02	3967.20	3967.20	gr
B	Peso de la Muestras Saturada Superficialmente Seca	4007.20	4019.50	4020.77	4020.77	gr
C	Peso de la Muestra Saturada dentro del Agua	2392.70	2410.35	2410.40	2410.40	gr
Pem	Peso Específico de masa:	2.45	2.46	2.46	2.47	g/cm3
PeSSS	Peso Específico de masa Saturado con Superficie Seca:	2.48	2.50	2.50	2.50	g/cm3
Abs	Absorción expresada en porcentaje:	1.37%	1.35%	1.35%	1.35%	%

*Nota:* Imagen obtenida de fuente propia.

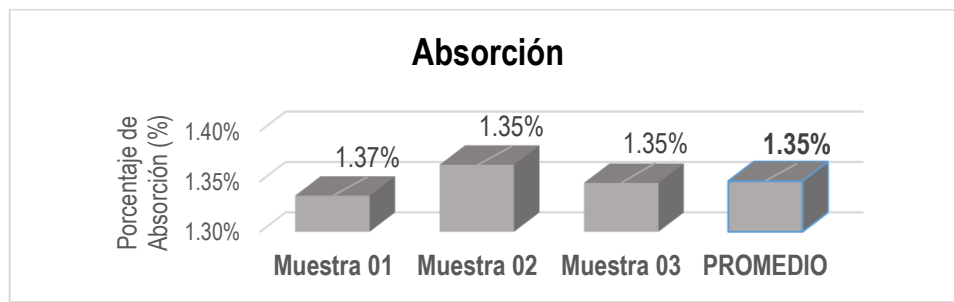
**b) Diagrama de Interpretación:**

**Figura 61** *Peso específico de masa y peso específico saturado superficialmente seco del agregado grueso.*



*Nota:* Imagen obtenida de fuente propia.

**Figura 62** *Porcentaje de absorción del agregado grueso.*



*Nota:* Imagen obtenida de fuente propia.

**c) Análisis de Prueba:**

- ✓ Según la interpretación del diagrama, el promedio del Peso Específico de masa y Peso Específico Saturado Superfialmente Seco son de 2.45 g/cm<sup>3</sup> y 2.48g/cm<sup>3</sup>.
- ✓ Para el diseño de mezclas usaremos el Peso Específico de Masa.
- ✓ La Absorción promedio en función al porcentaje es de 1.35%.

**3.5.4.11 Análisis del peso unitario para los agregados.**

En el proceso de los análisis del Peso Unitario Seco Suelto y Peso Unitario Seco Compactado de los Agregados se usaron las siguientes consideraciones de (N.T.P. 400.017, 1999).



**PESO UNITARIO SUELTO**

$$PUs = \frac{Gsc - T}{Ve}$$

**PESO UNITARIO COMPACTADO**

$$PUc = \frac{Gco - T}{Ve}$$

Donde:

- PUs : Peso Unitario Seco Suelto (g/cm<sup>3</sup>)  
 PUc : Peso Unitario Seco Compactado (g/cm<sup>3</sup>)  
 Gsc : Peso del envase más la muestra seca, sin compactar (gr).  
 Gco : Peso del envase más la muestra seca, compactado (gr).  
 T : Peso del envase (gr).  
 Gsc - T : Muestra (SIN Compactar) (gr).  
 Gco - T : Muestra (Compactado) (gr).  
 Ve : Volumen del envase (cm<sup>3</sup>).

**3.5.4.11.1 Análisis del peso unitario del agregado fino.**

Para la determinación del análisis de este ensayo se utilizó la combinación de Agregado Fino de las canteras 35% Mina Roja y 65% Cunyac.

**a) Procesamiento y cálculos de Datos:**

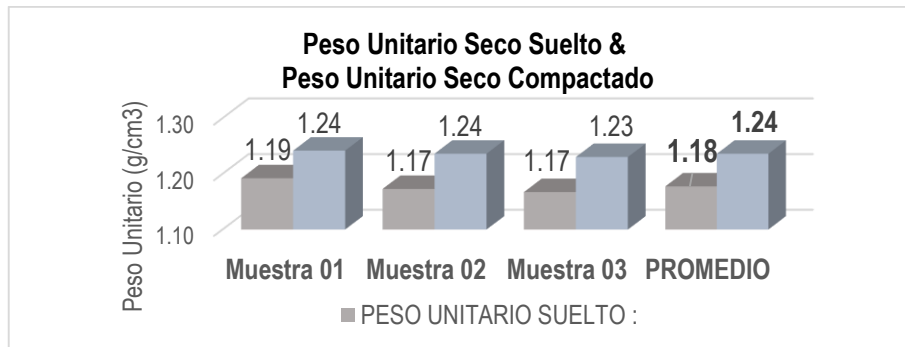
**Tabla 92** *Peso unitario seco suelto y peso unitario seco compactado de agregado fino.*

Datos:	(65% Cunyac y 35% mina roja)	M-1	M-2	M-3	Promedio.	Und.
T:	Peso del Envase	7532.30	7532.30	7532.30	7532.30	g
Ve:	Volumen del Envase	2970.00	2970.00	2970.00	2970.00	cm <sup>3</sup>
Gsc:	Envase + Muestra (SIN Compactar)	11076.48	11019.18	11002.78	11032.81	g
Gsc - T:	Muestra (SIN Compactar)	3544.18	3486.88	3470.48	3500.51	g
Gco:	Envase + Muestra (compactado)	11224.08	11207.58	11190.08	11207.25	g
Gco - T:	Muestra (compactado)	3691.78	3675.28	3657.78	3674.95	g
PUS:	Peso unitario suelto:	1.19	1.17	1.17	1.18	g/cm <sup>3</sup>
PUc:	Peso unitario compactado:	1.24	1.24	1.23	1.24	g/cm <sup>3</sup>

*Nota:* Imagen obtenida de fuente propia.

**b) Diagrama de Interpretación:**

**Figura 63** *Peso unitario seco suelto y peso unitario seco compactado de agregado fino.*



*Nota:* Imagen obtenida de fuente propia.

**c) Análisis de Prueba:**

- ✓ Según la interpretación del diagrama, el promedio del Peso Unitario Seco Suelto y Peso Unitario Seco Compactado del Agregado Fino son de 1.18 g/cm<sup>3</sup> y 1.24 g/cm<sup>3</sup>.

**3.5.4.11.2 Análisis del peso unitario del agregado grueso.**

Para la determinación del análisis de este ensayo se utilizó Agregado Grueso de la cantera de Vicho.

**a) Procesamiento y cálculos de Datos:**

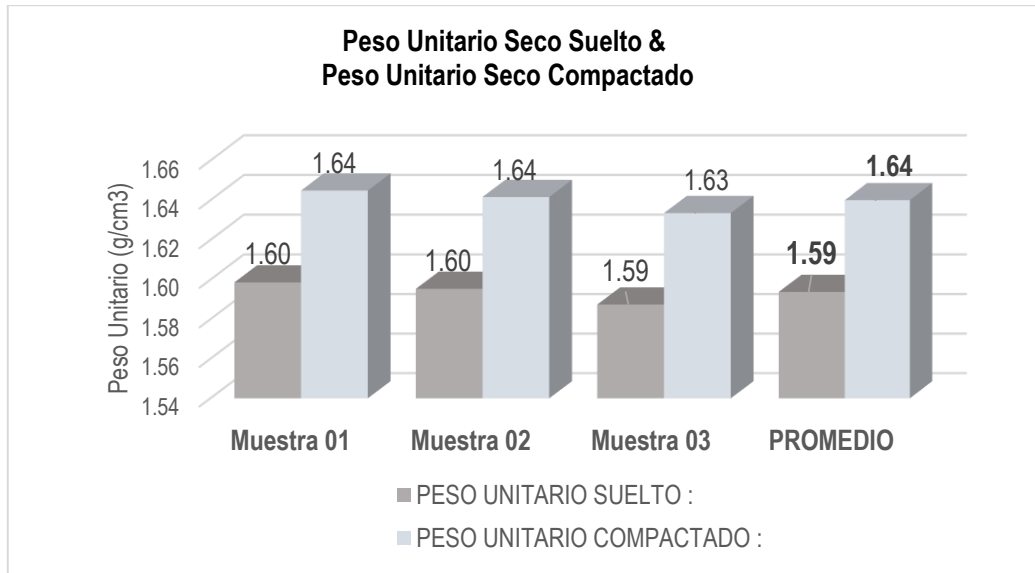
**Tabla 93** *Peso unitario seco suelto y peso unitario seco compactado del agregado grueso Cantera Vicho.*

Datos:	Agregado grueso. cantera vicho	M-1	M-2	M-3	Promedio.	Und.
T:	Peso del Envase	7532.30	7532.30	7532.30	7532.30	g
Ve:	Volumen del Envase	2970.00	2970.00	2970.00	2970.00	cm <sup>3</sup>
Gsc:	Envase + Muestra (Sin Compactar)	12282.92	12273.29	12249.64	12268.62	g
Gsc - T:	Muestra (Sin Compactar)	4752.70	4743.07	4719.42	4738.40	g
Gco:	Envase + Muestra (compactado)	12420.55	12410.86	12386.78	12406.06	g
Gco - T:	Muestra (compactado)	4890.33	4880.64	4856.56	4875.84	g
PU:	Peso unitario suelto:	1.60	1.60	1.59	1.59	g/cm <sup>3</sup>
PUc:	Peso U. compactado:	1.64	1.64	1.63	1.64	g/cm <sup>3</sup>

*Nota:* Imagen obtenida de fuente propia.

b) Diagrama de Interpretación:

**Figura 64** Peso unitario seco suelto y peso unitario seco compactado del agregado grueso.



*Nota:* Imagen obtenida de fuente propia.

c) Análisis de Prueba:

- ✓ Según la interpretación del diagrama, el promedio del Peso Unitario Seco Suelto y Peso Unitario Seco Compactado del Agregado Grueso son de  $1.59 \text{ g/cm}^3$  y  $1.64 \text{ g/cm}^3$ .
- ✓ Para el diseño de mezclas usaremos el Peso Unitario Seco Compactado, por ser un dato necesario para el diseño de mezclas por el método del comité 211 del ACI.

**3.5.4.12 Análisis del diseño de mezclas para el concreto  $f'c: 210 \text{ kg/cm}^2$ .**

Una vez que se realizó los diferentes ensayos a los agregados, se obtuvo valores que son muy necesarios para diseñar una mezcla de concreto cuya resistencia a la compresión es de  $f'c: 210 \text{ kg/cm}^2$  a los 28 Días de curado.

El diseño de Mezclas (ACI 211) que se adoptó en esta investigación es la dosificación típica realizado por el método de Volúmenes absolutos, del “MANUAL DE LA CONSTRUCCIÓN” de la Agenda Técnica - (I.C.G., 2020), donde las consideraciones de nuestro concreto a idealizar, no estará expuesto a agentes degradantes (no tendrá aire incorporado), ni contendrá aditivos y no consideraremos condiciones especiales de exposición.

### 3.5.4.12.1 Características físicas y mecánicas de los componentes del concreto.

#### a) Características de los Agregados.

**Tabla 94** *Características del agregado grueso y agregado fino.*

PROPIEDADES	UND	AGREGADO	
		FINO	GRUESO
Tamaño máximo nominal	Puig	-	3/4"
Peso específico de masa	kg/m <sup>3</sup>	2510	2500
Absorción	%	1.43	1.35
Contenido de humedad	%	6.19	2.32
Módulo de fineza	-	2.58	-
Peso unitario seco compactado	kg/m <sup>3</sup>	-	1640

*Nota:* Imagen obtenida de fuente propia.

#### b) Características del Cemento.

**Tabla 95** *Características del cemento.*

CEMENTO PORTLAND PUZOLÁNICO YURA TIPO IP		
CARACTERISTICAS	Und.	VALOR
Peso Específico	Kg/m <sup>3</sup>	2850
01 bolsa	kg	42.50

*Nota:* Imagen obtenida de Ficha Técnica – Cemento Portland Pozolánico Yura IP –  
Alta Durabilidad – nov. 2014

#### c) Características del Agua.

- ✓ Agua Potable, cumple con la Norma NTP 339.088 o E 0-60.

#### d) Resistencia a la Compresión

- ✓  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$  a los 28 Días.



### 3.5.4.12.2 Cálculo de resistencia de diseño.

Cuando no se conoce propiedades estadísticas (Factor de seguridad) de la resistencia del Concreto se pueden tomar los siguientes valores. (E.060 RNE, 2009).

En este caso nosotros no conocemos nuestro factor de seguridad o cuanto sería nuestra experiencia, por lo tanto, usaremos la Segunda Opción.

- Si:  $F'c < 210 \text{ Kg/cm}^2$  →  $F'cr = (F'c + 70) \text{ Kg/cm}^2$ .
- ✓ Si:  $210 \text{ Kg/cm}^2 \leq F'c \leq 350 \text{ Kg/cm}^2$  →  **$F'cr = (F'c + 85) \text{ Kg/cm}^2$ .**
- Si:  $350 \text{ Kg/cm}^2 < F'c$  →  $F'cr = (1.1F'c + 5) \text{ Kg/cm}^2$ .

Por consiguiente, la Resistencia promedio requerida en obra y esta investigación:

$$F'cr = 210 + 85$$

$$F'cr = 295 \text{ kg/cm}^2$$

### 3.5.4.12.3 Pasos para el diseño de mezclas $f'c$ : 210 kg/cm<sup>2</sup> ACI - 211.

#### PASO 1: “Selección del Asentamiento”.

**Tabla 96** Selección del tipo de asentamiento ( $F'cr$ ).

TIPO DE ESTRUCTURA	REVENIMIENTO MAXIMO	REVENIMIENTO MINIMO
Reforzados	3"	1"
Cimentaciones simples y calzaduras	3"	1"
Vigas y muros armados	4"	1"
Columnas	4"	1"
Losas y pavimentos	3"	1"
Concreto ciclópeo	2"	1"

*Nota:* Imagen obtenida de *Manual de la Construcción - Agenda Técnica* (I.C.G., 2020).

- ✓ Revenimiento elegido entre (1" - 2"), Concreto Ciclópeo, por lo tanto, para esta investigación.

$$\text{Revenimiento} = 2''$$





**PASO 2: “Selección del Tamaño Máximo Nominal (TMN) del Agregado Grueso”.**

El Agregado grueso está conformado por partículas limpias, de perfil preferente angular o semi angular, duras, compactas, resistentes y de textura rugosa, para lo cual se eligió el Tamaño Máximo Nominal (TMN), de la cantera de Vicho.

<b>TMN = 3/4”</b>
-------------------

**PASO 3: “Selección del Contenido de Agua y selección del Aire atrapado”.**

**Tabla 97** Selección del volumen de agua por m<sup>3</sup>, agua en litros/m<sup>3</sup> para (tmn) de agregados y consistencia indicada.

Revenimiento (1"=25mm)	Tamaño máximo de agregado							
	3/8"	1/2"	3/4"	1"	1 1/2"	2"	3"	4"
Concreto sin aire incorporado								
1"a2"	207	199	190	179	166	154	130	113
3"a4"	228	216	205	193	181	169	145	124
6"a7"	243	228	216	202	190	178	160	

*Nota:* Imagen obtenida de Manual de la Construcción - Agenda Técnica (I.C.G., 2020).

**Tabla 98** Selección, contenido de aire atrapado.

TMN Agregado Grueso		Aire Atrapado %
3/8"	9.5 mm	3.0
1/2"	12.5 mm	2.50
<b>3/4"</b>	<b>19.0 mm</b>	<b>2.0</b>
1"	25.0 mm	1.50
1 1/2"	37.5mm	1.0
2"	50.0 mm	0.5
3"	75.0 mm	0.3
6"	150.0 mm	0.2

*Nota:* Imagen obtenida de Manual de la Construcción - Agenda Técnica (I.C.G., 2020).



- ✓ En nuestro caso el TMN es de 3/4", el revenimiento vario de 1" a 2", y sin aire incorporado el valor sería, según Tala 97

$$\text{Peso Agua} = 190 \text{ lts} = 190 \text{ Kg}$$

- ✓ El aire atrapado es de 2% equivalente  $0.020 \text{ m}^3$ , según Tabla 98

$$\text{Aire Atrapado} = 2\% = 0.020 \text{ m}^3$$

**PASO 4: "Selección de la relación Agua/Cemento (A/C), sea a la resistencia a Compresión".**

**Tabla 99** Selección, relación agua/cemento por resistencia, para  $F'_{cr}$ .

F'c (Kg/cm <sup>2</sup> )	Relación Agua Cemento en Peso	
	Concreto sin aire incorporado	Concreto con aire incorporado
140	0.82	0.74
150	0.80	0.71
200	0.70	0.61
210	0.68	0.59
250	0.62	0.53
<b>280</b>	<b>0.57</b>	<b>0.48</b>
<b>300</b>	<b>0.55</b>	<b>0.46</b>
350	0.48	0.40
400	0.43	--

295

*Nota:* Imagen obtenida de Manual de la Construcción - Agenda Técnica (I.C.G., 2020).

- ✓ Para este paso se utilizó el  $F'_{cr}$ :  $295 \text{ Kg/cm}^2$ , por consiguiente, la relación Agua/Cemento se interpola:

F'c (Kg/cm <sup>2</sup> )	Agua/Cemento
280	0.57
<b>295</b>	<b>X</b>
300	0.55

$$\frac{2.80 - 300}{295 - 300} = \frac{0.57 - 0.55}{X - 0.55}$$

$$\text{A/C} = 0.555$$



**PASO 5: “Cálculo del contenido de Cemento”.**

- ✓ Para el cálculo del contenido de Cemento se dividió: **Paso 3/Paso 4** dividido entre 42.5 Kg (Peso por Bolsa), se obtiene el número de bolsas de cemento en 01 m<sup>3</sup> de concreto.

$$\frac{\text{Paso 3}}{\text{Paso 4}} = \frac{190 \text{ Kg}}{0.555} = \text{Cemento}(C)$$

$$\boxed{\text{Cemento} = 342.342 \text{ kg}} = 342.342/42.5 = 8.055 \text{ Bolsas.}$$

$$\text{Volumen Cemento} = \frac{\text{PesoCemento (kg)}}{\text{PesoEspecíficoCemento} \left(\frac{\text{Kg}}{\text{m}^3}\right)}$$

**PASO 6: “Cálculo del Contenido del Agregado Grueso”.**

- ✓ Siendo el cálculo Paso 5/ Peso específico del cemento (2850 Kg/cm<sup>3</sup>)

$$C = (342.342 / 2850) = \mathbf{0.120 \text{ m}^3}$$

**Tabla 100** Selección, peso del agregado grueso por unidad de volumen del concreto.

<b>Relación entre peso unitario seco con y sin compactar del agregado grueso, por unidad de volumen en del concreto.</b>						
<b>TMN Tamaño Máximo Nominal, Agregado. Grueso.</b>		<b>Módulo de Fineza agregado fino</b>				
		2.40	2.60	2.80	3.00	Und
3/8"	9.5 mm	0.50	0.48	0.46	0.44	m3
1/2"	12.5 mm	0.59	0.57	0.55	0.53	m3
<b>3/4"</b>	<b>19.0 mm</b>	<b>0.66</b>	<b>0.64</b>	0.62	0.60	m3
1"	25.0 mm	0.71	0.69	0.67	0.65	m3
1 1/2"	37.5 mm	0.76	0.74	0.72	0.70	m3
2"	50.0 mm	0.78	0.76	0.74	0.72	m3
3"	75.0 mm	0.81	0.79	0.77	0.75	m3
6"	150.0 mm	0.87	0.85	0.83	0.81	m3

*Nota:* Imagen obtenida de Manual de la Construcción - Agenda Técnica (I.C.G., 2020).



- ✓ Módulo de Fineza 2.58, por consiguiente, el Volumen Interpolando:

Módulo de Fineza	Volumen en función al TMN
2.6	0.64
<b>2.58</b>	<b>x</b>
2.4	0.66

$$\frac{2.6 - 2.4}{2.58 - 2.4} = \frac{0.64 - 0.66}{X - 0.66}$$

$$X = 0.642 \text{ m}^3$$

- ✓ El Peso seco del agregado grueso es:

$$\text{Agreg. Grueso (kg)} = \frac{b}{b_0} (\text{m}^3) \times \text{Peso Unitario Compactado Piedra} \left( \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right)$$

$$\text{Peso Seco Agregado Grueso} = 0.642 \text{ m}^3 \times 1640 \text{ Kg/m}^3 \text{ (PUc. seco)}$$

$$\text{Peso Seco Agregado Grueso} = 1052.88 \text{ kg}$$

**PASO 7: “Cálculo del Contenido Agregado Fino. (Método del Volumen Absoluto)”.**

Se reporta los **pesos** de todos los materiales sin considerar el Agregado Fino:

- ✓ *Cemento* : (de Paso 5) → = 342.34 kg.
- ✓ *Agua* : (de Paso 3) → = 190.00 kg.
- ✓ *Agregado Grueso* : (de Paso 6) → = 1052.88 kg.
- ✓ *Aire (Volumen Absoluto)* : (de paso 3) → = 0.020 m<sup>3</sup>.

Para la determinación de la cantidad del Agregado fino se utilizó el Método del Volumen Absoluto, donde se halla en función al volumen de materiales que forman el metro cubico de concreto.



**Tabla 101** Valores de diseño para 01 metro cúbico en estado seco.

MATERIALES	PESO SECO (kg)	PESO ESPECIFICO (Kg/m <sup>3</sup> )	VOLUMEN ABSOLUTO (m <sup>3</sup> )
Cemento portland puzolánico tipo IP (yura)	342.34	2850.00	0.120
AGUA (Red Pública)	190.00	1000.00	0.190
AIRE	0.00	0000.00	0.020
PIEDRA SECA Agregado Grueso - (Cantera de Vicho)	1052.88	2500.00	0.421
$\sum [\text{Vol. (Cemento + Agua + Aire + Agregado Grueso)}] =$			<b>0.751</b>
ARENA SECA Agregado Fino - (35% Mina Roja y 65% Cunyac)	624.99	2510.00	<b>0.243</b>
Total:			1 m <sup>3</sup>

*Nota:* Imagen obtenida de fuente propia.

Volumen absoluto de agregado fino =  $1 - \sum \text{Vol. Absolutos}$

Volumen absoluto de agregado fino =  $1 \text{ m}^3 - 0.751 \text{ m}^3$

<b>Volumen absoluto de Agregado Fino = 0.249 m<sup>3</sup></b>
--

✓ Peso seco ARENA GRUESA =  $0.249 \times 2510 = 624.990$

**PASO 8:** “Ajuste por humedad del Agregado”.

✓ Corrección del Peso por humedad de los agregados en 01 m<sup>3</sup> de material:

Peso corregido, Agregado Grueso =  $(1+0.0232) \times 1052.880 = 1077.306 \text{ Kg/m}^3$

Peso corregido, Agregado Fino =  $(1+0.0619) \times 624.990 = 663.676 \text{ Kg/m}^3$

<i>Peso Corregido = (1 + ContenidoHumedad) x PesoSeco</i>
---

✓ Luego se procede a calcular el Balance de Agua:

<i>Balance de H<sub>2</sub>O = %Humedad – %Absorción</i>
--

Balance de Agua, Agregado Grueso =  $2.32\% - 1.35\% = 0.97\% = +0.0097$

Balance de Agua, Agregado Fino =  $6.19\% - 1.43\% = 4.76\% = +0.0476$



- ✓ Luego se procede a calcular la contribución del Agua (aporte de agua):

$$\text{Contribución } H_2O = \text{PesoCorregido} \times \text{Balance de } H_2O$$

Contribución de agua, Agregado Grueso =  $1077.306 \text{ Kg/m}^3 \times 0.0097 = +10.449 \text{ Kg/m}^3$ .

Contribución de agua, Agregado Fino =  $663.676 \text{ Kg/m}^3 \times 0.0476 = +31.590 \text{ Kg/m}^3$ .

- ✓ Enseguida se determinó el Agua final de mezcla”.

$$\text{Agua Final} = \text{PesoAbs. } (H_2O) - [\text{Contribución } H_2O_{\text{Agreg. Grueso}} + \text{Contribución } H_2O_{\text{Agreg. Fino}}]$$

$$\text{Agua Final} = 190 \text{ Kg} - 10.449 \text{ Kg} - 31.590 \text{ Kg} = 147.967 \text{ Kg.}$$

### **PASO 09: “Dosificación Final por 1m<sup>3</sup> de Concreto”.**

**Tabla 102** *Dosificación final por 01 m<sup>3</sup> de concreto.*

Materiales		Peso (Kg)		Peso específico (Kg/M3)	Volumen (M3)
AGUA		146.084	146.084	1000	0.146
AIRE		0.000	0.000	-	0.020
CEMENTO		342.342	342.342	2850	0.120
AGREGADO GRUESO (Cantera Vicho)		1076.991	1076.991	2500	0.431
AGREGADO FINO	Mina Roja (35%)	624.990	199.99	2480.00	0.088
	Cunyac (65%)		424.993	2530.00	0.161
TOTAL:		2216.508	2216.508	-	0.966

*Nota:* Imagen obtenida de fuente propia.



3.5.4.12.4 Dosificación de concreto  $f'c: 210 \text{ kg/cm}^2$  – patrón.

a) Procesamiento y cálculos de Datos:

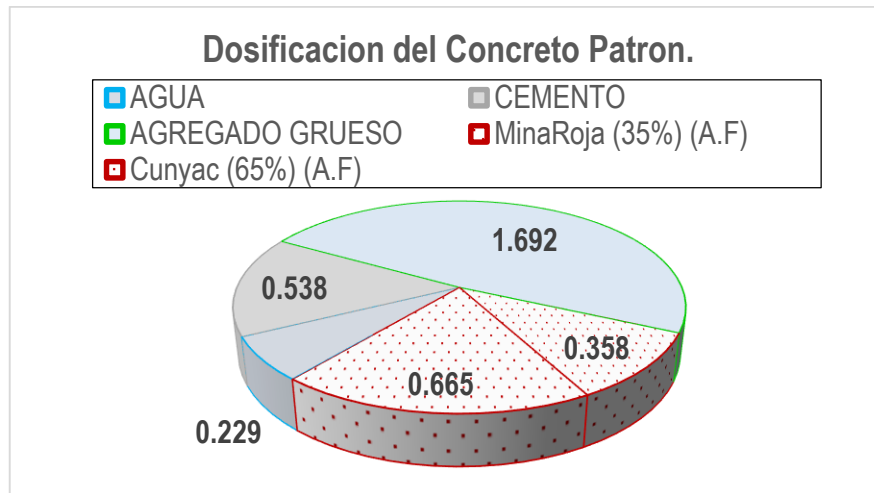
Tabla 103 Dosificación de concreto  $f'c: 210 \text{ kg/cm}^2$  – patrón.

Elemento		Peso Específico (Kg/m <sup>3</sup> )	Peso (kg) 01 m <sup>3</sup>		Volumen 01 (m <sup>3</sup> )	Porcentaje Peso (%)	Peso 01 Probeta (Kg)	Volumen 01 (m <sup>3</sup> )	Peso kg/Tanda 06 Probeta + 10% Fs.
AGUA		1000	146.084	146.084	0.146	6.67%	I PROBETA-TESTIGO = 0.00157 m <sup>3</sup>	0.146	1.514
AIRE		----	0.000	0.000	0.020	0.00%		0.020	0.000
CEMENTO		2850	342.342	342.342	0.120	15.63%		0.120	3.549
AGREGADO GRUESO (Cantera Vicho)		2500	1076.991	1076.991	0.431	49.17%		0.431	11.165
AGREGADO FINO	Mina Roja (35%)	2480.00	624.990	218.747	0.088	28.53%		0.088	2.268
	Cunyac (65%)	2530.00		406.244	0.161			0.161	4.212
<b>TOTAL:</b>			<b>2190.407</b>	<b>2190.407</b>	<b>0.966</b>	<b>100.00%</b>	<b>3.441</b>	<b>0.966</b>	<b>22.709</b>

Nota: Imagen obtenida de fuente propia.

**b) Diagrama de Interpretación:**

**Figura 65** Dosificación en peso para 01 probeta de concreto  $f'c$ : 210 kg/cm<sup>2</sup> – patrón.



*Nota:* Imagen obtenida de fuente propia.

**c) Análisis de Prueba:**

- ✓ Para la dosificación se utilizó 01 Probeta-Testigo, de 10 cm de Diámetro y 20 cm de altura,
- ✓ 01 probeta-Testigo, tiene 0.00157 m<sup>3</sup> y un peso según diseño de 3.441 Kg.
- ✓ La dosificación se realizó para 01 Tanda en función del peso de los materiales.
- ✓ Se considera un 10% más de la cantidad de concreto (agua, agregado grueso, agregado fino y cemento) por razones de factor de seguridad, para consideraciones de verificación del revenimiento, elaboración y desperdicio del concreto en la mezcladora





**Tabla 104** Dosificación de concreto  $f'c$ : 210 kg/cm<sup>2</sup> – adición de 5% de diatomita en estado calcinado.

a) Procesamiento y cálculos de Datos:

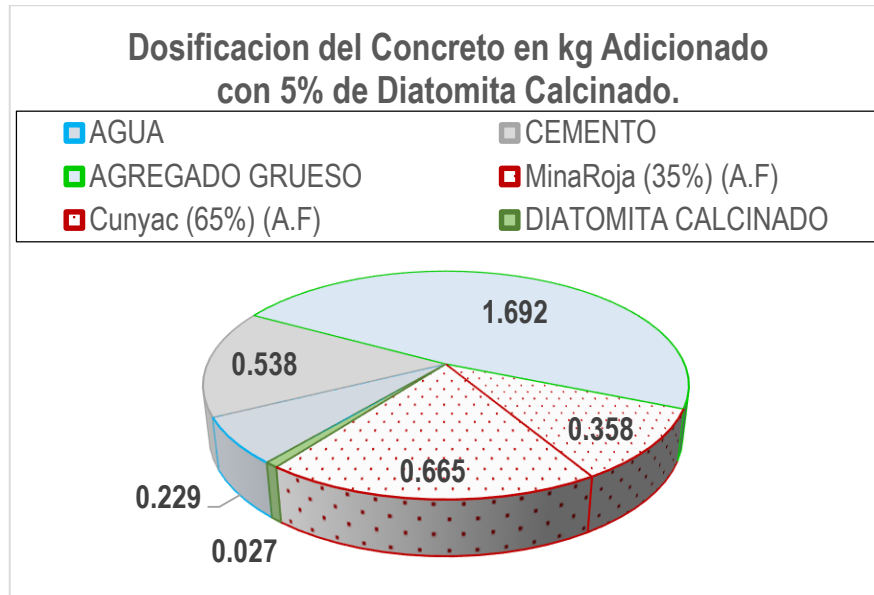
**Tabla 105** Dosificación de concreto  $F'c$ : 210 kg/cm<sup>2</sup> +5% de diatomita.

Elemento		Peso Específico (Kg/m <sup>3</sup> )	Peso (Kg) 01 m <sup>3</sup>		Volumen 01 (m <sup>3</sup> )	Porcentaje Peso (%)	Peso 01 Probeta (Kg)	Peso 06 Probeta (Kg)	Peso kg/Tanda 06 Probeta + 10% Fs.	
Agua		1000	146.084	146.084	0.146	6.67%	1 PROBETA-TESTIGO = 0.00157 m <sup>3</sup>	<b>0.229</b>	1.377	<b>1.514</b>
Aire		----	0.000	0.000	0.020	0.00%		<b>0.000</b>	0.000	<b>0.000</b>
Cemento		2850	342.342	342.342	0.120	15.63%		<b>0.538</b>	3.227	<b>3.549</b>
Agregado grueso (Cantera Vicho)		2500	1076.991	1076.991	0.431	49.17%		<b>1.692</b>	10.150	<b>11.165</b>
Agregado fino	Mina Roja (35%)	2480.00	624.990	218.747	0.088	28.53%		<b>0.344</b>	2.062	<b>2.268</b>
	Cunyac (65%)	2530.00		406.244	0.161			<b>0.638</b>	3.829	<b>4.212</b>
Diatomita en estado calcinado adición en 5%								<b>0.027</b>	0.161	<b>0.177</b>
<b>TOTAL:</b>			<b>2190.407</b>	<b>2190.407</b>	<b>0.966</b>	<b>100.00%</b>	<b>3.468</b>	<b>20.805</b>	<b>22.886</b>	

*Nota:* Imagen obtenida de fuente propia.

d) Diagrama de Interpretación:

**Figura 66** Dosificación en peso para 01 probeta de concreto  $F'c$ : 210 kg/cm<sup>2</sup> +5% de diatomita.



Nota: Imagen obtenida de fuente propia.

e) **Análisis de Prueba:**

- ✓ Para la dosificación se utilizó 01 Probeta-Testigo, de 10 cm de Diámetro y 20 cm de altura,
- ✓ 01 probeta-Testigo, tiene 0.00157 m<sup>3</sup> y un peso según diseño de 3.482 Kg.
- ✓ La dosificación se realizó para 01 Tanda en función del peso de los materiales.
- ✓ Se considera un 10% más de la cantidad de concreto por razones de factor de seguridad, para consideraciones de verificación del revenimiento, y elaboración del concreto en la mezcladora.



3.5.4.12.6 Dosificación de concreto f'c: 210 kg/cm<sup>2</sup> – adición de 10% de diatomita en estado calcinado.

f) Procesamiento y cálculos de Datos:

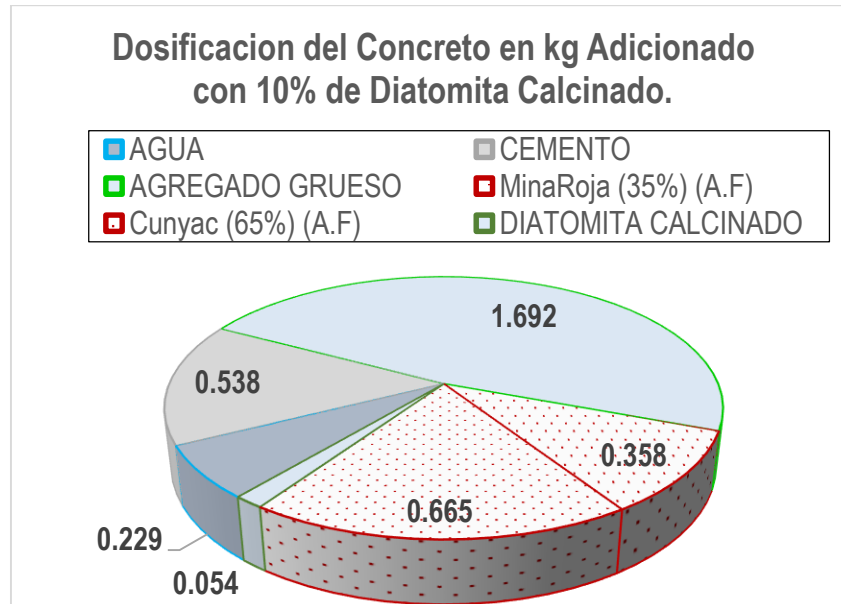
Tabla 106 Dosificación de concreto F'c: 210 kg/cm<sup>2</sup> + 10% de diatomita.

Elemento		Peso Específico (Kg/m <sup>3</sup> )	Peso (Kg) 01 m <sup>3</sup>		Volumen 01 (m <sup>3</sup> )	Porcentaje Peso (%)	Peso 01 Probeta (Kg)	Peso 06 Probeta (Kg)	Peso kg/Tanda 06 Probeta + 10% Fs.	
Agua		1000	146.084	146.084	0.146	6.67%	1 PROBETA-TESTIGO = 0.00157 m <sup>3</sup>	<b>0.229</b>	1.377	<b>1.514</b>
Aire		----	0.000	0.000	0.020	0.00%		<b>0.000</b>	0.000	<b>0.000</b>
Cemento		2850	342.342	342.342	0.120	15.63%		<b>0.538</b>	3.227	<b>3.549</b>
Agregado grueso (Cantera Vicho)		2500	1076.991	1076.991	0.431	49.17%		<b>1.692</b>	10.150	<b>11.165</b>
Agregado fino	Mina Roja (35%)	2480.00	624.990	218.747	0.088	28.53%		<b>0.344</b>	2.062	<b>2.268</b>
	Cunyac (65%)	2530.00		406.244	0.161			<b>0.638</b>	3.829	<b>4.212</b>
Diatomita en estado calcinado adición en 10%								<b>0.054</b>	0.323	<b>0.355</b>
<b>TOTAL:</b>			<b>2190.407</b>	<b>2190.407</b>	<b>0.966</b>	<b>100.00%</b>	<b>3.494</b>	<b>20.967</b>	<b>23.063</b>	

Nota: Imagen obtenida de fuente propia.

**g) Diagrama de Interpretación:**

**Tabla 107** Dosificación en peso para 01 probeta de concreto  $F'c: 210 \text{ kg/cm}^2$  +  
10% de diatomita.



*Nota:* Imagen obtenida de fuente propia.

**h) Análisis de Prueba:**

- ✓ Para la dosificación se utilizó 01 Probeta-Testigo, de 10 cm de Diámetro y 20 cm de altura,
- ✓ 01 probeta-Testigo, tiene  $0.00157 \text{ m}^3$  y un peso según diseño de 3.482 Kg.
- ✓ La dosificación se realizó para 01 Tanda en función del peso de los materiales.
- ✓ Se considera un 10% más de la cantidad de concreto por razones de factor de seguridad, para consideraciones de verificación del revenimiento, y elaboración del concreto en la mezcladora.



3.5.4.12.7 Dosificación de concreto f'c: 210 kg/cm<sup>2</sup> – adición de 15% de diatomita en estado calcinado.

i) Procesamiento y cálculos de Datos:

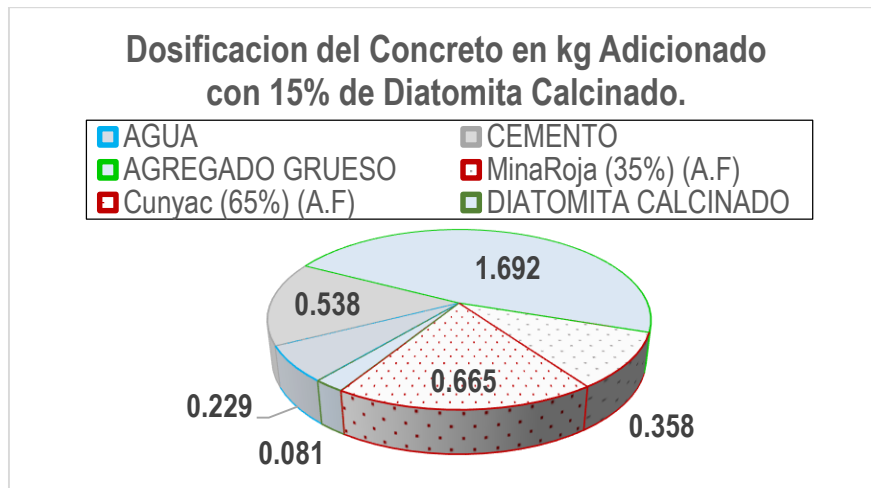
Tabla 108 Dosificación de concreto F'c: 210 kg/cm<sup>2</sup> +15% diatomita.

Elemento		Peso Específico (Kg/m <sup>3</sup> )	Peso (Kg) 01 m <sup>3</sup>		Volumen 01 (m <sup>3</sup> )	Porcentaje Peso (%)	Peso 01 Probeta (Kg)	Peso 06 Probeta (Kg)	Peso kg/Tanda 06 Probeta + 10% Fs.	
Agua		1000	146.084	146.084	0.146	6.67%	1 PROBETA-TESTIGO = 0.00157 m <sup>3</sup>	<b>0.229</b>	1.377	<b>1.514</b>
Aire		----	0.000	0.000	0.020	0.00%		<b>0.000</b>	0.000	<b>0.000</b>
Cemento		2850	342.342	342.342	0.120	15.63%		<b>0.538</b>	3.227	<b>3.549</b>
Agregado grueso (Cantera Vicho)		2500	1076.991	1076.991	0.431	49.17%		<b>1.692</b>	10.150	<b>11.165</b>
Agregado fino	Mina Roja (35%)	2480.00	624.990	218.747	0.088	28.53%		<b>0.344</b>	2.062	<b>2.268</b>
	Cunyac (65%)	2530.00		406.244	0.161			<b>0.638</b>	3.829	<b>4.212</b>
Diatomita en estado calcinado adición en 15%								<b>0.081</b>	0.484	<b>0.532</b>
<b>TOTAL:</b>			<b>2190.407</b>	<b>2190.407</b>	<b>0.966</b>	<b>100.00%</b>	<b>3.521</b>	<b>21.128</b>	<b>23.241</b>	

Nota: Imagen obtenida de fuente propia.

**j) Diagrama de Interpretación:**

**Tabla 109** Dosificación en peso para 01 probeta de concreto  $F'c: 210 \text{ kg/cm}^2$   
+15% diatomita.



*Nota:* Imagen obtenida de fuente propia.

**k) Análisis de Prueba:**

- ✓ Para la dosificación se utilizó 01 Probeta-Testigo, de 10 cm de Diámetro y 20 cm de altura,
- ✓ 01 probeta-Testigo, tiene  $0.00157 \text{ m}^3$  y un peso según diseño de 3.482 Kg.
- ✓ La dosificación se realizó para 01 Tanda en función del peso de los materiales.
- ✓ Se considera un 10% más de la cantidad de concreto por razones de factor de seguridad, para consideraciones de verificación del revenimiento, y elaboración del concreto en la mezcladora.

**3.5.4.13 Análisis del revenimiento del concreto.**

En cuanto al análisis del revenimiento de cada Tanda se consideró por lo menos 03 lecturas realizadas en el molde Cónico (Cono de Abrams).

No se realizó ningún tipo de control en cuanto a su asentamiento, solo se verificó los determinados asentamientos con la misma cantidad de agua en función del diseño, tal como se muestra en los siguientes cuadros:



**Tabla 110** *Revenimiento del concreto patrón.*

Tipo de Concreto	Serie de Vaciado	Lec. 1 Cm	Lec. 2 Cm	Lec. 3 Cm	Promedio pulgada	Comentario
Concreto Patrón F'C:210kg/cm <sup>2</sup>	Tanda 1	4.60	4.60	4.50	1.79	El diseño de mezclas, se encuentra en el rango de 1" a 2", siendo una mezcla de consistencia ligeramente seca y poco trabajable.
	Tanda 2	4.40	4.45	4.40		
	Tanda 3	4.55	4.70	4.65		
	Tanda 4	4.45	4.80	4.50		

*Nota:* Imagen obtenida de fuente propia.

**Tabla 111** *Revenimiento del concreto con adición de diatomita en estado calcinado en 5%.*

Tipo de Concreto	Serie de Vaciado	Lec. 1 Cm	Lec. 2 Cm	Lec. 3 Cm	Promedio pulgada	Comentario
Concreto con Adición de Diatomita en Estado Calcinado al 5%	Tanda 1	4.00	4.20	4.10	1.59	Se obtuvo un revenimiento un tanto menor de 2" el cual es una mezcla ligeramente seca y poco trabajable.
	Tanda 2	4.10	4.10	4.20		
	Tanda 3	3.90	3.90	4.00		
	Tanda 4	4.00	4.00	4.10		

*Nota:* Imagen obtenida de fuente propia.

**Tabla 112** *Revenimiento del concreto con adición de diatomita en estado calcinado en 10%.*

Tipo de Concreto	Serie de Vaciado	Lec. 1 Cm	Lec. 2 Cm	Lec. 3 Cm	Promedio pulgada	Comentario
Concreto con Adición de Diatomita en Estado Calcinado al 10%	Tanda 1	3.5	3.4	3.5	1.38	Se obtuvo un revenimiento próximo a 1" el cual es una mezcla de consistencia seca y muy poco trabajable.
	Tanda 2	3.6	3.5	3.5		
	Tanda 3	3.4	3.5	3.6		
	Tanda 4	3.5	3.6	3.5		

*Nota:* Imagen obtenida de fuente propia.



**Tabla 113** *Revenimiento del concreto con adición de diatomita en estado calcinado en 15%.*

Tipo de Concreto	Serie de Vaciado	Lec. 1 Cm	Lec. 2 Cm	Lec. 3 Cm	Promedio pulgada	Comentario
Concreto con Adición de Diatomita en Estado Calcinado al 15%	Tanda 1	3.00	3.10	3.20	1.21	Se obtuvo un revenimiento muy próximo a 1" el cual es una mezcla de consistencia seca y dificultoso trabajable.
	Tanda 2	3.10	3.00	3.10		
	Tanda 3	3.20	3.10	3.10		
	Tanda 4	3.00	2.90	3.00		

*Nota:* Imagen obtenida de fuente propia.

#### 3.5.4.14 Análisis de la temperatura del concreto.

En cuanto al análisis de la temperatura de cada Tanda se consideró por lo menos 03 lecturas realizadas en el termómetro.

se realizó la toma de la temperatura del concreto en estado fresco con diferentes porcentajes de adición de diatomita en estado calcinado con un mismo diseño de mezclas, tal como se muestra en los siguientes cuadros:

**Tabla 114** *Temperatura del concreto patrón.*

Tipo de Concreto	Serie de Vaciado	Lec. 1 °C	Lec. 2 °C	Lec. 3 °C	Promedio	Comentario
Concreto Patrón F°C:210kg/cm <sup>2</sup>	Tanda 1	19.10	19.20	19.30	19.16	La temperatura del diseño de mezclas, se encuentra en el rango de 18° a 22° de calor de hidratación del concreto a 3,600 msnm, siendo esta una temperatura estándar y normada.
	Tanda 2	19.00	19.20	19.10		
	Tanda 3	18.90	19.00	19.30		
	Tanda 4	19.20	19.30	19.30		

*Nota:* Imagen obtenida de fuente propia.





**Tabla 115** *Temperatura del concreto con adiciones de diatomita en estado calcinado en 5%.*

Tipo de Concreto	Serie de Vaciado	Lec. 1 °C	Lec. 2 °C	Lec. 3 °C	Promedio	Comentario
Concreto con Adición de Diatomita en Estado Calcinado al 5%	Tanda 1	20.50	20.50	20.70	20.45	la temperatura de la hidratación del concreto se encuentra dentro de los intervalos permitidos.
	Tanda 2	20.40	20.40	20.60		
	Tanda 3	20.30	20.40	20.20		
	Tanda 4	20.40	20.50	20.50		

*Nota:* Imagen obtenida de fuente propia.

**Tabla 116** *Temperatura del concreto con adiciones de diatomita en estado calcinado en 10%.*

Tipo de Concreto	Serie de Vaciado	Lec. 1 °C	Lec. 2 °C	Lec. 3 °C	Promedio	Comentario
Concreto con Adición de Diatomita en Estado Calcinado al 10%	Tanda 1	22.60	22.50	22.80	22.54	La temperatura de hidratación del concreto se encuentra ligeramente por sobre el intervalo de 22° de hidratación del concreto.
	Tanda 2	22.50	22.60	22.50		
	Tanda 3	22.70	22.70	22.80		
	Tanda 4	22.40	22.20	22.20		

*Nota:* Imagen obtenida de fuente propia.

**Tabla 117** *Temperatura del concreto con adiciones de diatomita en estado calcinado en 15%.*

Tipo de Concreto	Serie de Vaciado	Lec. 1 °C	Lec. 2 °C	Lec. 3 °C	Promedio	Comentario
Concreto con Adición de Diatomita en Estado Calcinado al 15%	Tanda 1	24.30	24.62	24.62	24.12	La temperatura se encuentra por sobre el intervalo de calor de hidratación del concreto acelerándose así el calor de hidratación del mismo.
	Tanda 2	23.50	23.90	24.00		
	Tanda 3	24.00	24.20	24.20		
	Tanda 4	24.00	24.10	24.00		

*Nota:* Imagen obtenida de fuente propia.



### 3.5.4.15 Análisis, resistencia a la compresión axial del concreto.

Para el análisis de la resistencia a la compresión las Probetas, se consideró los parámetros de (N.T.P. 339.034, 2013).

Las Probetas testigos cumplieron antes del ensayo, con los parámetros de la Tabla 24 del presente documento, corroboración de las medidas de Probetas-testigos de la relación (Longitud/Diámetro), antes del ensayo de resistencia a la compresión.

Para el cálculo de la resistencia a la compresión se utilizó la siguiente expresión:

$$R = \frac{P}{A}$$

Donde:

R= Esfuerzo a la compresión del espécimen (Kg/cm<sup>2</sup>).

P= Máxima carga aplicada en Peso (kg).

A= Área axial de la cara circular del espécimen (cm<sup>2</sup>).

Como dato adicional se calcula la desviación estándar de una serie evaluada de las probetas-testigos, (series menores a 15 testigos). Siendo la desviación estándar denominado por la siguiente expresión:

$$Ds = \sqrt{\frac{\sum(X - \bar{X}_{prom})^2}{n - 1}}$$

Donde:

*Ds* : Desviación Estándar (kg/cm<sup>2</sup>).

*n* : Número de ensayos de la serie.

*X* : Resultado de resistencia de 01 muestra (ensayo individual).

$\sum$  : Sumatoria de resultados de  $(X - \bar{X}_{prom})^2$ .

$\bar{X}_{prom}$  : Promedio de todos los ensayos individuales de una serie.

a) Procesamiento y cálculos de Datos:

Tabla 118 Cálculo de resistencia a la compresión. del concreto patrón.

CONCRETO F'c: 210 Kg/cm <sup>2</sup>	TIEMPO CURADO	DATOS OBTENIDOS DE PROBETAS- TESTIGOS			DATOS DE ROTURA COMPRESION AXIAL		Promedio F'c: Kg/cm <sup>2</sup>	Desviación Estándar
		PROBETA N°	Ø: Diámetro	Área axial circular promedio A(cm <sup>2</sup> )	Altura	Fuerza Aplicada (Kg)		
			Promedio		Promedio			
			Dp (cm)		Lp (cm)			
CONCRETO PATRÓN F'c: 210 Kg/cm <sup>2</sup>	7 DÍAS	P-01	10.18	81.31	20.20	12,510	153.85	±1.93
		P-02	10.20	81.71	20.20	13,050	159.71	
		P-03	10.13	80.52	20.10	12,620	156.74	
		P-04	10.13	80.52	20.20	12,530	155.62	
		P-05	10.13	80.52	20.15	12,600	156.49	
		P-06	10.15	80.91	20.15	12,600	155.72	
	14 DÍAS	P-07	10.10	80.12	20.20	15,920	198.71	±4.18
		P-08	10.18	81.31	20.20	16,810	206.73	
		P-09	10.13	80.52	20.05	16,630	206.54	
		P-10	10.18	81.31	20.10	16,020	197.02	
		P-11	10.13	80.52	20.20	16,020	198.97	
		P-12	10.08	79.72	20.10	16,020	200.95	
	28 DÍAS	P-13	9.98	78.15	20.20	17,600	225.21	±5.37
		P-14	10.08	79.72	20.15	17,700	222.02	
		P-15	10.08	79.72	20.15	17,600	220.77	
		P-16	10.08	79.72	20.15	17,780	223.02	
		P-17	10.13	80.52	20.20	17,900	222.32	
		P-18	9.98	78.15	20.05	17,900	229.05	

Nota: Imagen obtenida de fuente propia.

**Tabla 119** Cálculo de resistencia a la compresión. del concreto con adiciones de diatomita en estado calcinado en 5%.

CONCRETO F'c: 210 Kg/cm <sup>2</sup>	TIEMPO CURADO	DATOS OBTENIDOS DE PROBETAS-TESTIGOS			DATOS DE ROTURA COMPRESION AXIAL		Promedio F'c: Kg/cm <sup>2</sup>	Desviación Estándar	
		PROBETA N°	Ø: Diámetro	Área axial circular promedio A(cm <sup>2</sup> )	Altura	Fuerza Aplicada (Kg)			F'c: Kg/cm <sup>2</sup>
			Promedio		Promedio				
			Dp (cm)		Lp (cm)				
ADICION DEL 5% DE DIATOMITA EN ESTADO CALCINADO	7 DÍAS	P-19	10.18	81.31	20.05	13,800	169.72	169.99	±2.27
		P-20	10.18	81.31	20.15	13,610	167.38		
		P-21	10.18	81.31	20.05	13,700	168.49		
		P-22	10.03	78.93	20.05	13,600	172.30		
		P-23	10.13	80.52	20.15	13,600	168.91		
		P-24	10.00	78.54	20.10	13,600	173.16		
	14 DÍAS	P-25	10.15	80.91	20.20	17,570	217.14	215.64	±2.33
		P-26	10.18	81.31	20.20	17,480	214.97		
		P-27	9.95	77.76	20.05	16,790	215.93		
		P-28	10.03	78.93	20.05	16,680	211.32		
		P-29	9.98	78.15	20.15	17,020	217.79		
		P-30	10.00	78.54	20.05	17,020	216.71		
	28 DÍAS	P-31	10.05	79.33	20.05	19,020	239.77	238.76	±4.64
		P-32	10.20	81.71	20.20	19,280	235.95		
		P-33	10.03	78.93	20.05	18,350	232.48		
		P-34	10.20	81.71	20.20	19,550	239.25		
		P-35	10.20	81.71	20.15	19,500	238.64		
		P-36	10.05	79.33	19.95	19,550	246.45		

Nota: Imagen obtenida de fuente propia.

**Tabla 120** Cálculo de resistencia a la compresión del concreto con adiciones de diatomita en estado calcinado en 10%.

CONCRETO F'c: 210 Kg/cm <sup>2</sup>	TIEMPO CURADO	DATOS OBTENIDOS DE PROBETAS-TESTIGOS			DATOS DE ROTURA COMPRESION AXIAL		Promedio F'c: Kg/cm <sup>2</sup>	Desviación Estándar	
		PROBETA N°	Ø: Diámetro	Área axial circular promedio A(cm <sup>2</sup> )	Altura	Fuerza Aplicada (Kg)			F'c: Kg/cm <sup>2</sup>
			Promedio		Promedio				
			Dp (cm)		Lp (cm)				
ADICION DEL 10% DE DIATOMITA EN ESTADO CALCINADO	7 DÍAS	P-37	10.18	81.31	20.00	14,250	175.25	179.39	±2.69
		P-38	9.98	78.15	19.95	14,150	181.07		
		P-39	10.00	78.54	20.20	14,350	182.71		
		P-40	10.15	80.91	20.00	14,450	178.59		
		P-41	10.10	80.12	20.20	14,250	177.86		
		P-42	10.05	79.33	20.05	14,350	180.90		
	14 DÍAS	P-43	9.98	78.15	20.20	16,850	215.62	220.19	±3.55
		P-44	10.10	80.12	20.20	17,410	217.30		
		P-45	10.15	80.91	20.15	17,890	221.10		
		P-46	10.10	80.12	20.05	17,580	219.43		
		P-47	10.10	80.12	20.30	17,800	222.17		
		P-48	10.03	78.93	20.05	17,800	225.51		
	28 DÍAS	P-49	10.13	80.52	20.10	19,190	238.34	240.65	±4.15
		P-50	10.18	81.31	20.25	19,590	240.92		
		P-51	10.00	78.54	20.20	19,370	246.63		
		P-52	10.18	81.31	20.15	19,150	235.51		
		P-53	10.20	81.71	20.00	19,470	238.27		
		P-54	10.08	79.72	20.15	19,470	244.22		

Nota: Imagen obtenida de fuente propia.

**Tabla 121** Cálculo de resistencia a la compresión del concreto con adiciones de diatomita en estado calcinado en 15%.

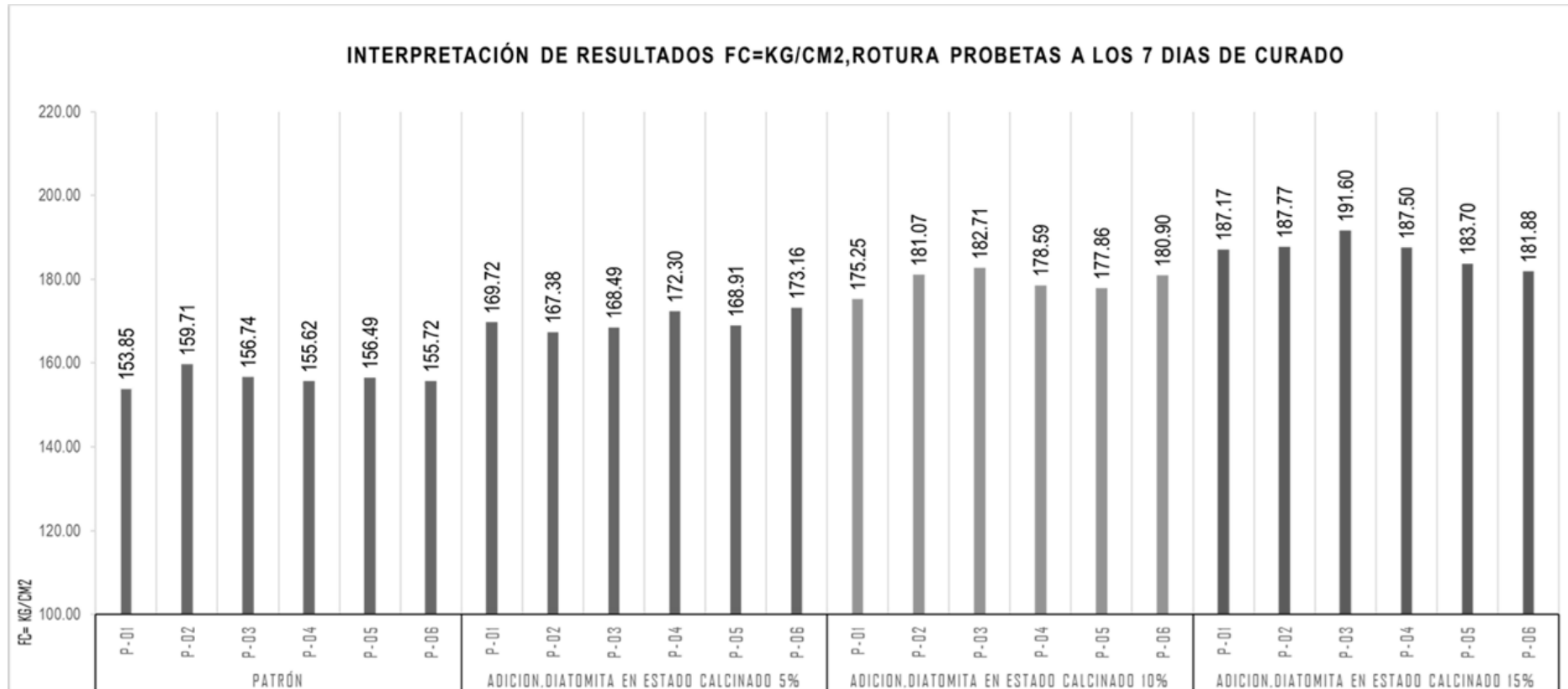
CONCRETO F'c: 210 Kg/cm <sup>2</sup>	TIEMPO CURADO	DATOS OBTENIDOS DE PROBETAS-TESTIGOS			DATOS DE ROTURA COMPRESION AXIAL		Promedio F'c: Kg/cm <sup>2</sup>	Desviación Estándar	
		PROBETA N°	Ø: Diámetro	Área axial circular promedio A(cm <sup>2</sup> )	Altura	Fuerza Aplicada (Kg)			F'c: Kg/cm <sup>2</sup>
			Promedio		Promedio				
			Dp (cm)		Lp (cm)				
ADICION DEL 15% DE DIATOMITA EN ESTADO CALCINADO	7 DÍAS	P-55	10.00	78.54	19.95	14,700	187.17	186.60	±3.41
		P-56	9.95	77.76	19.95	14,600	187.77		
		P-57	9.85	76.20	20.15	14,600	191.60		
		P-58	10.03	78.93	20.05	14,800	187.50		
		P-59	10.03	78.93	20.15	14,500	183.70		
		P-60	10.08	79.72	20.05	14,500	181.88		
	14 DÍAS	P-61	10.00	78.54	19.95	17,810	226.76	223.79	±3.93
		P-62	9.98	78.15	20.05	17,770	227.39		
		P-63	9.95	77.76	20.00	17,700	227.63		
		P-64	10.00	78.54	20.20	17,180	218.74		
		P-65	10.03	78.93	20.10	17,510	221.83		
		P-66	10.00	78.54	20.00	17,310	220.40		
	28 DÍAS	P-67	10.05	79.33	20.05	19,000	239.51	242.45	±3.09
		P-68	10.00	78.54	20.00	19,090	243.06		
		P-69	10.00	78.54	20.10	19,250	245.10		
		P-70	9.93	77.37	20.05	19,100	246.88		
		P-71	10.03	78.93	20.20	18,900	239.44		
		P-72	10.03	78.93	20.15	19,000	240.71		

Nota: Imagen obtenida de fuente propia.



b) Diagrama de Interpretación:

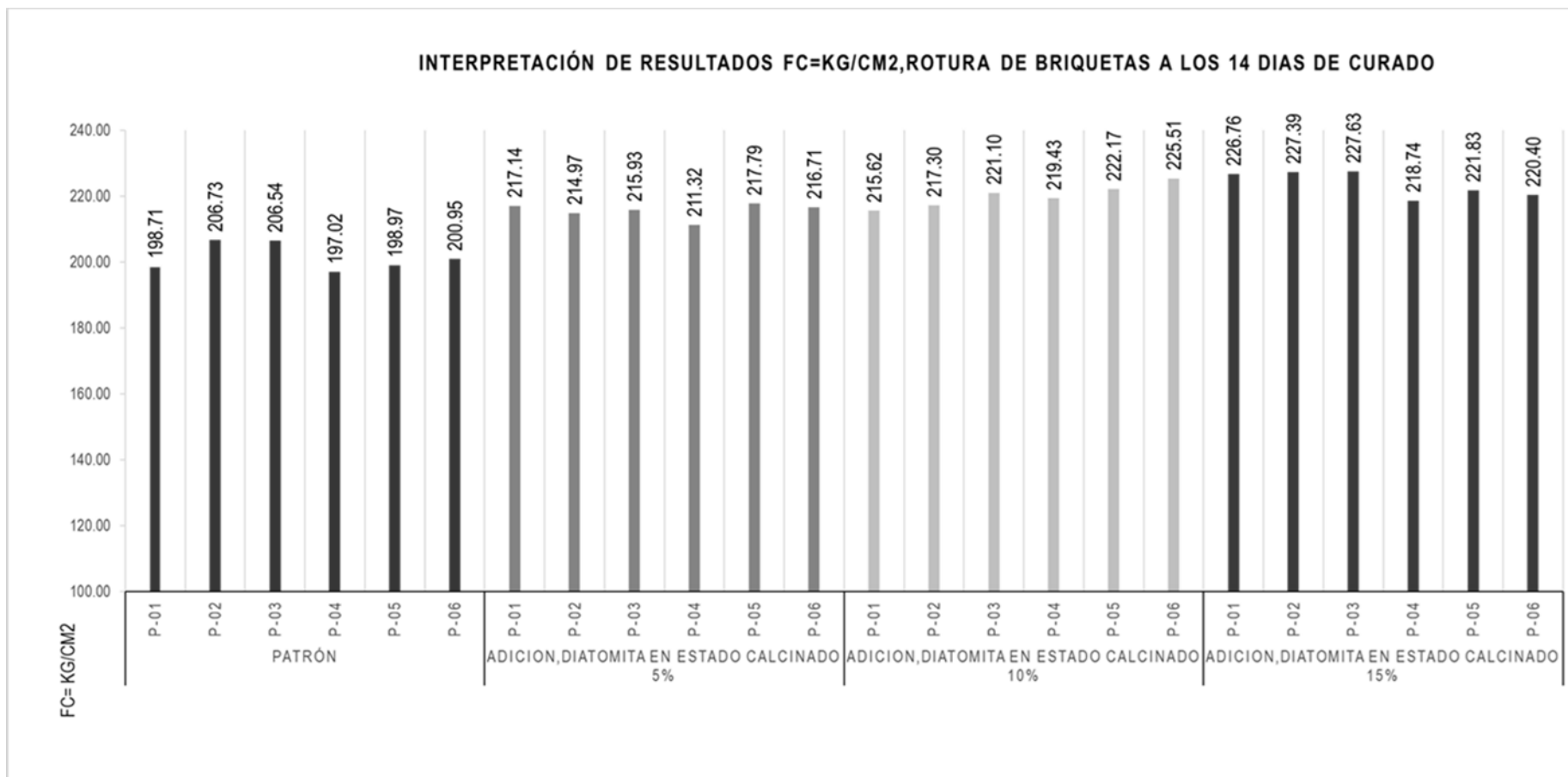
**Figura 67** Interpretación de resultados a la compresión, rotura de briquetas a los 7 días de curado, con adición de 5%,10% y 15% de diatomita en estado calcinado.



Nota: Imagen obtenida de fuente propia.



**Figura 68** Interpretación de resultados a la compresión, rotura de briquetas a los 14 días de curado, con adición de 5%,10% y 15% de diatomita en estado calcinado.

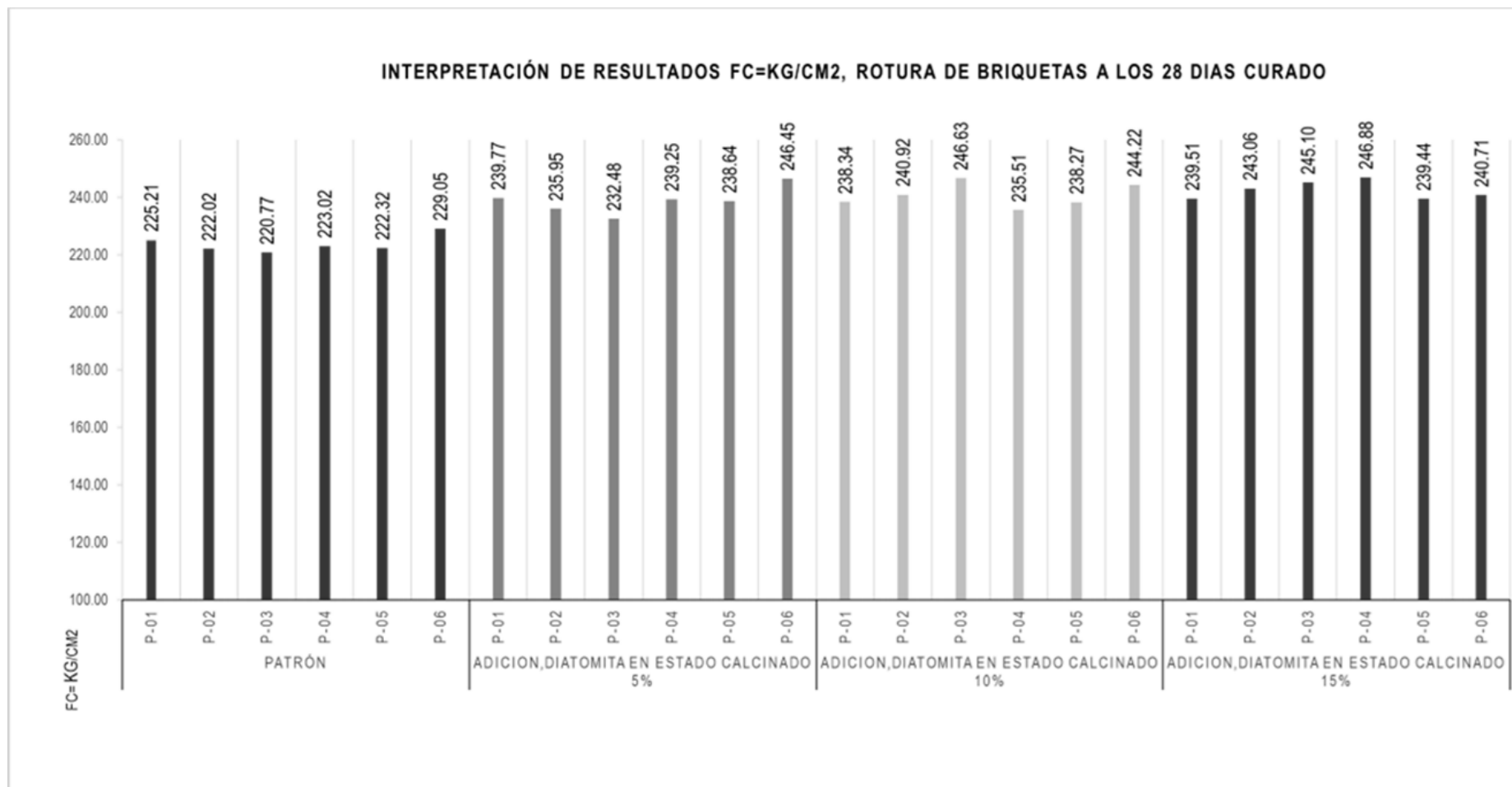


Nota: Imagen obtenida de fuente propia.





**Figura 69** Interpretación de resultados a la compresión, rotura de briquetas a los 28 días de curado, con adición de 5%,10% y 15% de diatomita en estado calcinado.



Nota: Imagen obtenida de fuente propia.



**c) Análisis de Prueba.**

Se aprecia del análisis que, con la adición de diatomita en estado calcinado en diferentes porcentajes, la resistencia a la compresión incrementa significativamente.

Se verifica los resultados de resistencia a la compresión a los 7 días, que muestra que al ir adicionando mayor porcentaje de diatomita en estado calcinado al concreto la resistencia se incrementa.

**3.5.4.16 Análisis de la composición físico químico diatomita en estado natural.**

Para el análisis de la composición físico química de la diatomita se consideró al laboratorio de química de la facultad de química de la universidad San Antonio Abad del Cusco, lugar donde se realizaron los ensayos de composición físico químico de la diatomita en estado natural.

a) Procesamiento y cálculos de Datos:

**Tabla 122**

Composición química	%
Humedad %	2.12
P. e	2.75
Carbonatos %	51.80
Sulfatos %	3.22
SiO <sub>2</sub> %	4.15
Calcio %	32.20
Magnesio %	1.70
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> %	2.20
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> %	0.28
K <sub>2</sub> O %	0.17

*Nota:* Imagen obtenida de Informe de análisis N.º 0118-18 (Anexo 4, pág. 278).

b) Análisis de la Prueba

- ✓ Según la interpretación del gráfico el porcentaje de humedad del espécimen diatomita es de 2.12% el espécimen está ligeramente mojado.
- ✓ La sumatoria de Dióxido de Sílice (SiO<sub>2</sub>) + Oxido de Aluminio (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) + Oxido de Hierro (Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>), min, % es de 6.63%.



### 3.6 Validez y confiabilidad de los instrumentos.

La valides y confiabilidad de instrumentos a utilizar en la presente investigación son garantizados por el LABORATORIO DE SUELOS, MATERIALES CONCRETO Y ASFALTO DE INGENIERIA CIVIL, “FICHA PARA UTILIZAR EQUIPOS DE LABORATORIO” documento que podrá ser utilizado con fines de ley.

LA facultad de ingeniería civil, y el mencionado laboratorio cuenta con la respectiva certificación de todos sus instrumentos y equipos a utilizar en la presente investigación.



**UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO**  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL  
LABORATORIO DE SUELOS, MATERIALES, CONCRETO Y ASFALTO DE INGENIERIA CIVIL N° 00223  
**FICHA PARA UTILIZAR EQUIPOS DE LABORATORIO**



LOS QUE SUSCRIBIMOS LINEAS ABAJO, SOMOS TOTALMENTE RESPONSABLES POR TODO EL EQUIPO QUE SE NOS ENTREGA E INDICA. (CERTIFICO HABER REVISADO INTEGRAMENTE LOS EQUIPOS)

**NOTA: EL PRESENTE DOCUMENTO PODRÁ SER UTILIZADO CON FINES DE LEY**

CURSO : TESIS DE INVESTIGACIÓN  
TITULO DE LA PRACTICA : ELABORACION DE CONCRETO GRUPO : B  
DOCENTE DEL CURSO : DOCENTE PENDIENTE HORARIO : 7 a 9  
FECHA : 11/04/2018

N°	NOMBRE	CODIGO	FIRMA	DNI
1	PEREZ RAMOS WALTER RUDI	008200520A		23999677

N°	EQUIPO Y/O INSTRUMENTOS	CANT	MARCA	COD. PATRIMONIAL	ESTADO	OBSERVACION
1	MEZCLADOR DE CONCRETO DE 4,4 P3	1	PITBULL	673638490003	GASTADO	
2	BALANZA ELECTRONICA (8000 Gr.) PRECISION 0.1	1	ELECTRONIC SCALE		OPERATIVO	
3	PROBETA GRADUADA 1000 ML	1			OPERATIVO	
4	CUCHARON METALICO	2			OPERATIVO	
5	VARILLA LISA 5/8"	2			OPERATIVO	
6	COMBA DE GOMA	2			OPERATIVO	

*brache, betidor, adptador, lina chca*

DATOS DEL ALUMNO RESPONSABLE, LÍDER DE GRUPO O TESISTA				OBSERVACIONES DEL JEFE DE PRACTICAS	
NOMBRE : PEREZ RAMOS WALTER RUDI	DNI : 23999677	TELEFONO : 23999677			
DIRECCION : AVENIDA DEL EJERCITO NRO.2 CUSCO CUSCO.					
CORREO : YAHR10190@GMAIL.COM	FIRMA	<i>[Firma]</i>			
DATOS PARA LA ENTREGA DE LOS EQUIPOS Y/O INSTRUMENTOS DEL LABORATORIO					
CONFORMIDAD DE RECEPCION		CONFORMIDAD DE ENTREGA		JEFES DE PRACTICAS DEL LABORATORIO DE SUELO DE ING. CIVIL	
FECHA: 11/04/2018 11:22:11 a.m.		FECHA:		HORAS	



#### 3.6.1 Ensayos de laboratorio para la elección de la diatomita en estado natural disponible en nuestra localidad.

- Análisis físico químico LABORATORIO UNSAAC

#### 3.6.2 Ensayos de laboratorio para el agregado fino UAC Facultad de Ingeniería Civil.

- Granulometría para el Agregado Fino.
- Contenido de Humedad.
- Peso específico y Porcentaje de Absorción para el Agregado fino.
- Peso Unitario.



### **3.6.3 Ensayos de laboratorio para el agregado grueso, UAC Facultad de Ingeniería Civil.**

- Desgaste por Abrasión, según categoría “B”.
- Granulometría para el Agregado Grueso.
- Contenido de Humedad.
- Peso específico y Porcentaje de Absorción para el Agregado Grueso.
- Peso Unitario.

### **3.6.4 Ensayos de laboratorio durante la elaboración del concreto UAC Facultad de Ingeniería Civil.**

- Revenimiento del Concreto durante su elaboración y moldeado
- Temperatura del concreto en estado fresco y/o recién elaborado.

### **3.6.5 Ensayos de laboratorio de resultados de resistencia a la compresión axial a los 7, 14 y 28 días de curado, UAC Facultad de Ingeniería Civil.**

- Corroboración de dimensiones de Probetas-Testigos y apunte de lectura del resultado durante el ensayo de resistencia a la Compresión Axial.

## **3.7 Plan de análisis de datos**

### **3.7.1 Pasos a seguir en la investigación - diseño de ingeniería.**

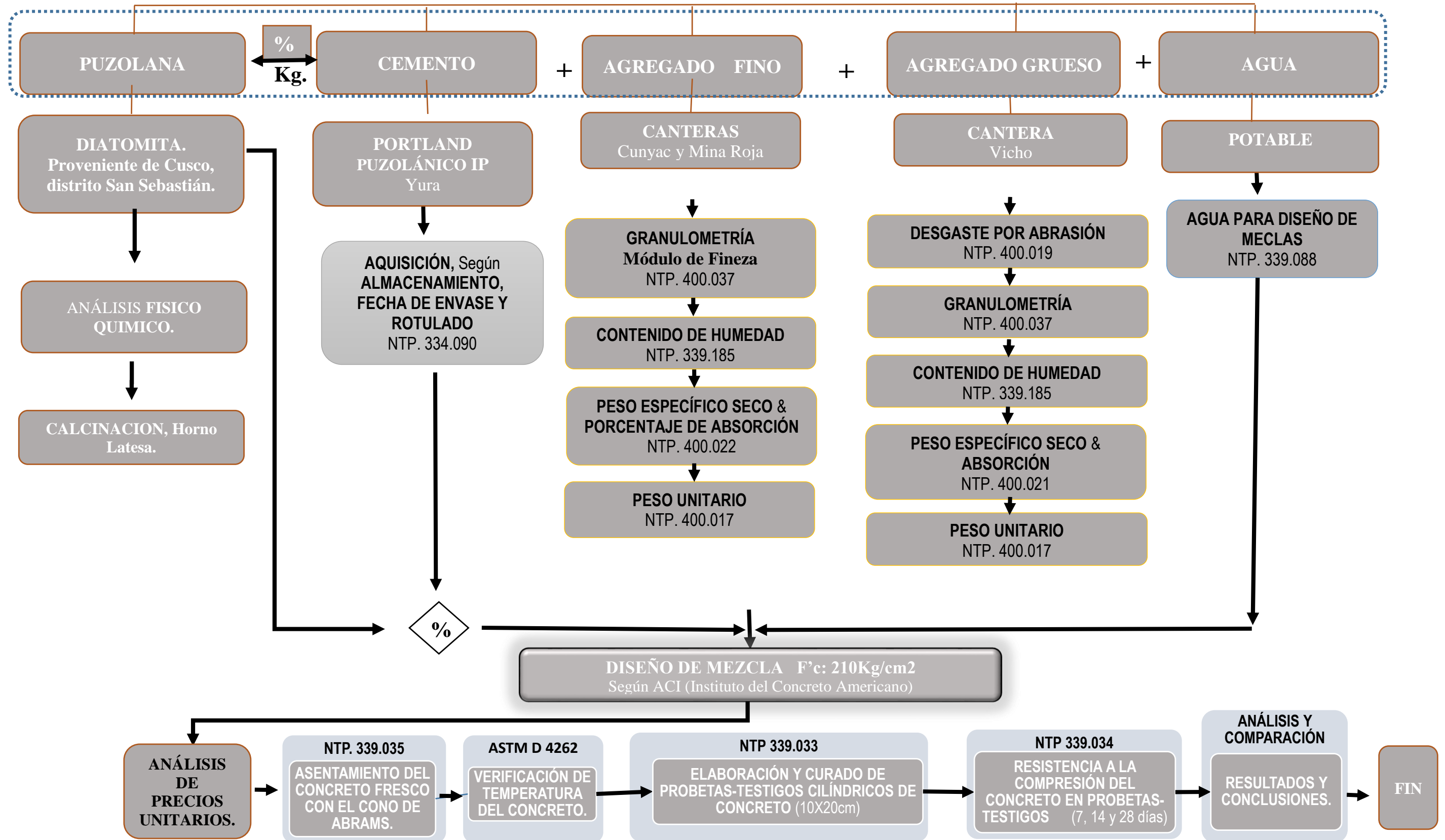
En la presente investigación se llevó una secuencia de procesos y/o metodología de la investigación para lo cual es importante tener presente ciertos pasos y criterios, los cuales tienen un sustento científico y normativo adoptados para la presente investigación, para tal efecto se desprende el diagrama de flujo de ingeniería, donde se puede apreciar los procesos a seguir para llevar a cabo la presente investigación hasta llegar al proceso final de análisis y comparación de resultados.

### **3.7.2 Diagrama de flujo de ingeniería de la investigación de la tesis:**

“Evaluación de la resistencia a la compresión axial del concreto  $f'_c$ : 210 kg/cm<sup>2</sup>, elaborado con adiciones porcentuales de 5%, 10% y 15% de diatomita en estado calcinado con respecto a un concreto patrón a los 7,14 y 28 días de curado”.



Figura 70 Diagrama de flujo de ingeniería de la presente tesis de investigación.



Nota: Imagen obtenida de fuente Propia.

**Capítulo IV: Resultados de la investigación.**

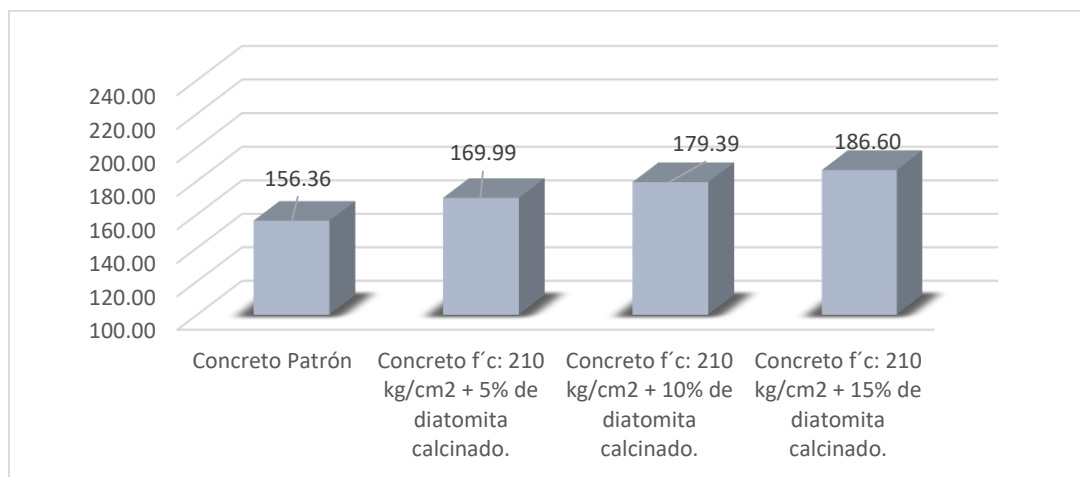
**4.1 Resultados del desarrollo de la resistencia a la compresión axial del concreto  $f'c$ : 210 kg/cm<sup>2</sup>, con la adición de diatomita en estado calcinado en 5%,10% y 15% respecto a la resistencia a la compresión axial del concreto patrón, evaluado a los 7,14 y 28 días de curado.**

**Tabla 123** Resultados de la resistencia de la compresión axial del concreto  $f'c$ : 210 kg/cm<sup>2</sup> a los 7 días.

<b>Edad de curado:07 días.</b>				
<b>Tipo de Concreto.</b>	<b>Resistencia a la Compresión axial (kg/cm<sup>2</sup>)</b>	<b>Desviación Estándar (kg/cm<sup>2</sup>)</b>	<b>Porcentaje (%) de comparación respecto al concreto patrón.</b>	<b>% Desviación Estándar (kg/cm<sup>2</sup>)</b>
Concreto Patrón	156.36	±1.93	100.00%	±1.23
Concreto $F'c$ : 210 kg/cm <sup>2</sup> + 5% de diatomita calcinado.	169.99	±2.27	108.72%	±1.34
Concreto $F'c$ : 210 kg/cm <sup>2</sup> + 10% de diatomita calcinado.	179.39	±2.69	114.73%	±1.50
Concreto $F'c$ : 210 kg/cm <sup>2</sup> + 15% de diatomita calcinado.	186.60	±3.41	119.34%	±1.83

*Nota:* Imagen obtenida de fuente propia.

**Figura 71** Resumen de la resistencia a la compresión a los 7 días.



*Nota:* Imagen obtenida de fuente propia.

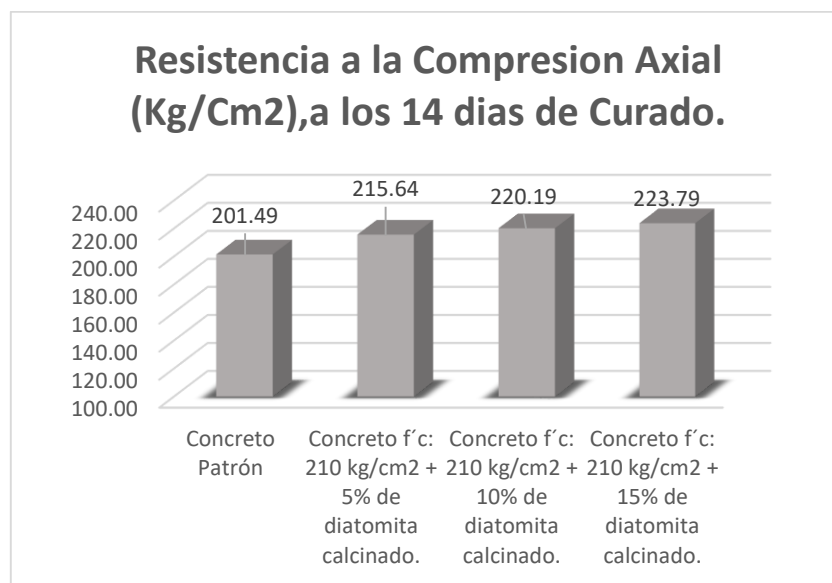
**Comentario:** De acuerdo con la Tabla 123, los valores de la resistencia a la compresión axial del concreto con adición de diatomita en estado calcinado presentan un mayor valor para los análisis realizados, a diferencia de los valores del concreto patrón.

**Tabla 124** Resultados de la resistencia a la compresión axial del concreto  $f'c$ : 210 kg/cm<sup>2</sup> a los 14 días.

<b>Edad de curado:14 días.</b>				
<b>Tipo de Concreto.</b>	<b>Resistencia a la Compresión axial (kg/cm<sup>2</sup>)</b>	<b>Desviación Estándar (kg/cm<sup>2</sup>)</b>	<b>Porcentaje (%) de comparación respecto al concreto patrón.</b>	<b>% Desviación Estándar (kg/cm<sup>2</sup>)</b>
Concreto Patrón	201.49	±4.18	100.00%	±2.07
Concreto $F'c$ : 210 kg/cm <sup>2</sup> + 5% de diatomita calcinado.	215.64	±2.33	107.02%	±1.08
Concreto $F'c$ : 210 kg/cm <sup>2</sup> + 10% de diatomita calcinado.	220.19	±3.55	109.28%	±1.61
Concreto $F'c$ : 210 kg/cm <sup>2</sup> + 15% de diatomita calcinado.	223.79	±3.93	111.07%	±1.76

*Nota:* Imagen obtenida de fuente propia.

**Figura 72** Resumen grafico de la resistencia a la compresión a los 14 días.



*Nota:* Imagen obtenida de fuente propia.



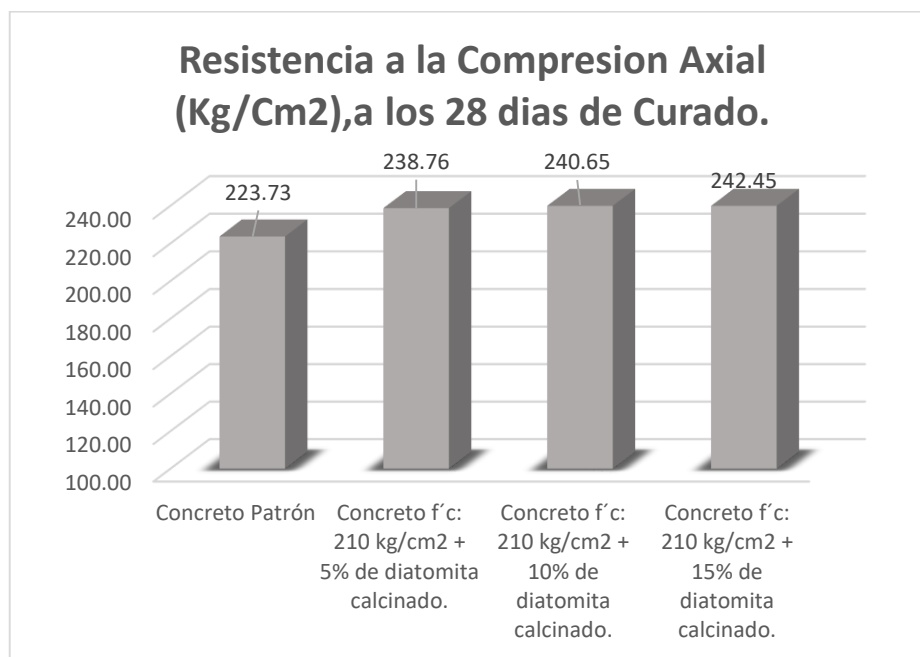
**Comentario:** De acuerdo con la Tabla 124, los valores de la resistencia a la compresión axial del concreto con adición de diatomita en estado calcinado presentan un mayor valor para los análisis realizados, los cuales se incrementan a diferencia de los valores del concreto patrón.

**Tabla 125** Resultados de la resistencia a la compresión axial del concreto  $f'c$ : 210 kg/cm<sup>2</sup> a los 28 días.

<b>Edad de curado: 28 días.</b>				
Tipo de Concreto.	Resistencia a la Compresión axial (kg/cm <sup>2</sup> )	Desviación Estándar (kg/cm <sup>2</sup> )	Porcentaje (%) de comparación respecto al concreto patrón.	% Desviación Estándar (kg/cm <sup>2</sup> )
Concreto Patrón	223.73	±5.37	100.00%	±2.40
Concreto $f'c$ : 210 kg/cm <sup>2</sup> + 5% de diatomita calcinado.	238.76	±4.64	106.72%	±1.94
Concreto $f'c$ : 210 kg/cm <sup>2</sup> + 10% de diatomita calcinado.	240.65	±4.15	107.56%	±1.72
Concreto $f'c$ : 210 kg/cm <sup>2</sup> + 15% de diatomita calcinado.	242.45	±3.09	108.37%	±1.27

*Nota:* Imagen obtenida de fuente propia.

**Figura 73** Resumen grafico de la resistencia a la compresión a los 28 días.



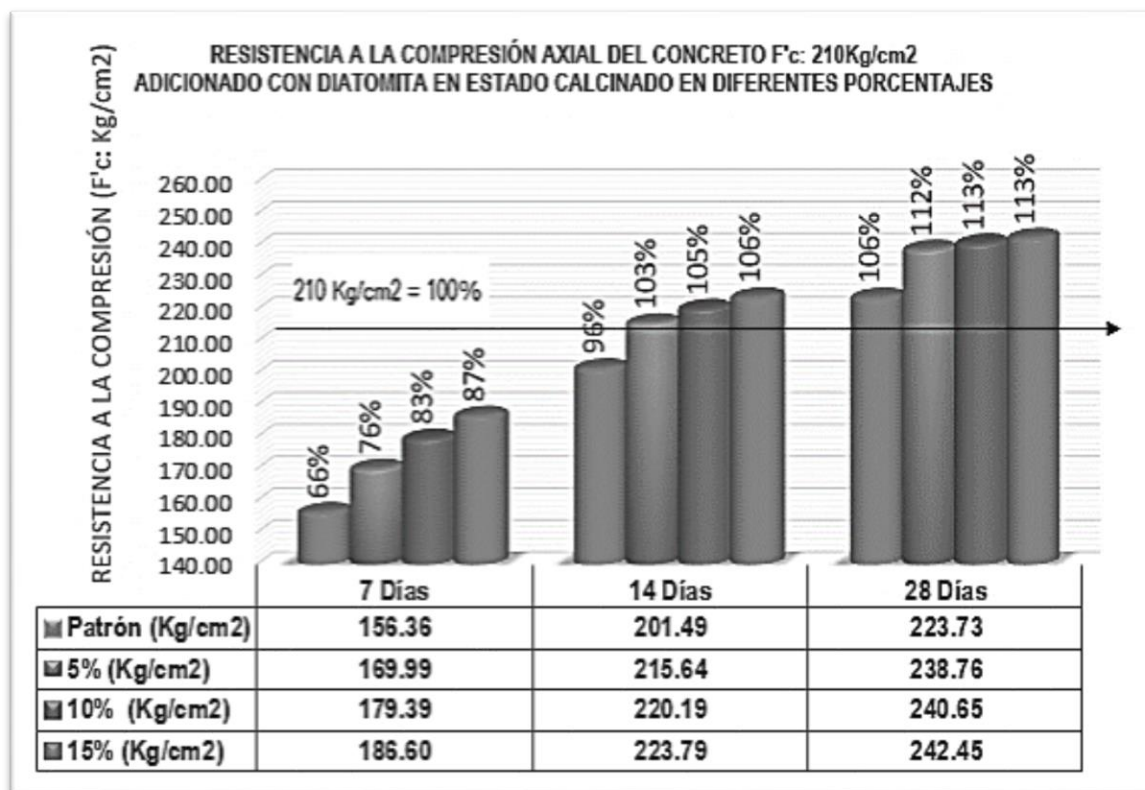
*Nota:* Imagen obtenida de fuente propia.



**Comentario:** De acuerdo con la Tabla 123, los valores de la resistencia a la compresión axial del concreto con adición de diatomita en estado calcinado presentan un mayor valor para los análisis realizados, los cuales se incrementan a diferencia de los valores del concreto patrón.

#### 4.1.1 Resumen de resultados de la resistencia a la compresión axial del concreto $f'c$ : 210 kg/cm<sup>2</sup>, con diferentes adiciones a los 7,14 y 28 días de curado.

**Figura 74** Comparación de la Resistencia a la compresión axial del concreto patrón, con adición en diferentes % de diatomita en estado calcinado respecto del concreto  $f'c$ : 210 kg/cm<sup>2</sup> a los 7,14 y 28 días de curado.

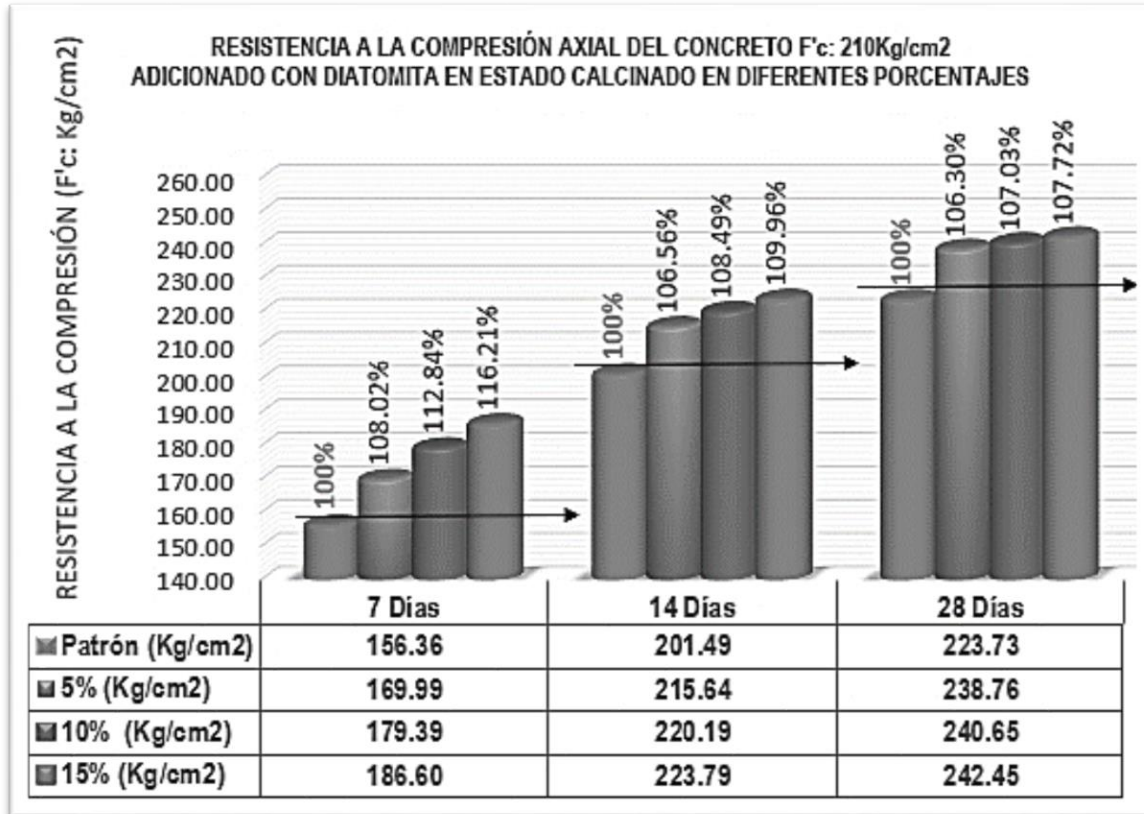


*Nota:* Imagen obtenida de fuente propia.

**Comentario:** De acuerdo con la Figura 74 podemos apreciar que, los valores de concreto con adición han superado a los valores del concreto patrón a los 7,14 y 28 días de curado.

También, se puede apreciar que, el concreto con adiciones porcentuales de diatomita en estado calcinado han superado la resistencia a la compresión axial de diseño.

**Figura 75** Comparación de resistencia a compresión axial del concreto patrón y el concreto patrón con adición en diferentes % de diatomita en estado calcinado a los 7,14 y 28 días de curado.



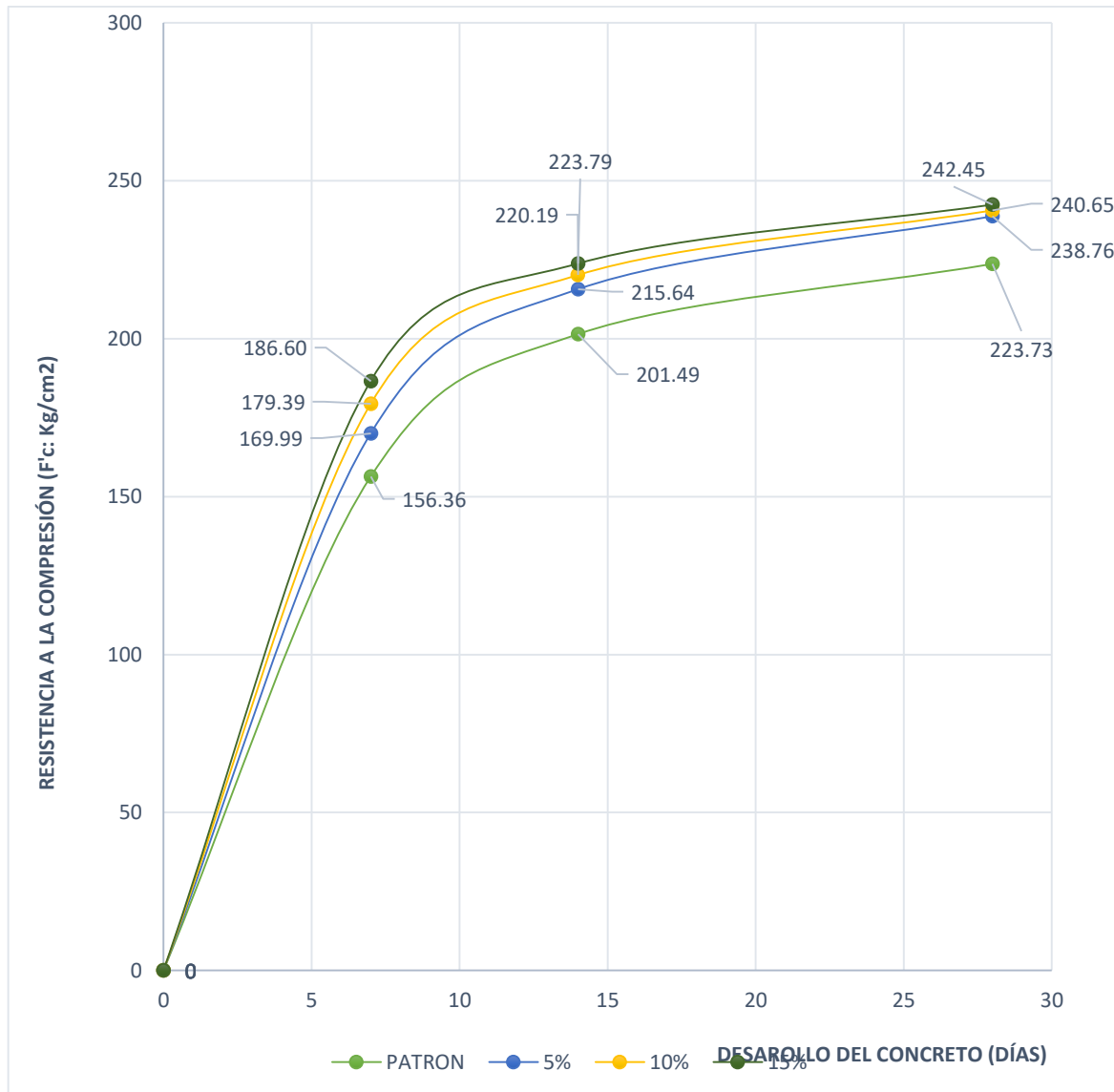
*Nota:* Imagen obtenida de fuente propia.

**Comentario:** en los resultados obtenidos en el presente gráfico, se puede observar que, la resistencia a la compresión del concreto patrón a alcanzado más de 50% de la resistencia de diseño a los 7 días de curado, así como el concreto con diferentes % de adición de diatomita en estado calcinado.

De igual manera la resistencia a la compresión axial del concreto patrón y concretos con % de adición alcanzaron su resistencia de diseño a los 28 días de curado.

#### 4.1.2 Grafica resumen del desarrollo de la resistencia a la compresión axial del concreto patrón $f'c$ : 210 kg/cm<sup>2</sup>, adicionado con diferentes porcentajes de diatomita en estado calcinado a los 7,14 y 28 días de curado.

**Figura 76** Resumen del desarrollo de la resistencia a la compresión axial del concreto a los 7,14 y 28 días de curado.



*Nota:* Imagen obtenida de fuente propia.

**Comentario:** De acuerdo a la figura 76, se puede apreciar el incremento sustancial de la resistencia a la compresión axial del concreto con adiciones de 5%,10% y 15% de diatomita en estado calcinado.



Al incorporar 5% de diatomita en estado calcinado al concreto patrón, este incrementa la resistencia a la compresión axial del concreto a los 7,14 y 28 días de curado alcanzando un 108.72%,107.02% y 106.72% respectivamente, a comparación del 100% que representa el concreto patrón; este concreto adicionado desarrolla en un 8.72%,7.02% y 6.72% respectivamente, mayor resistencia a la compresión axial respecto del concreto patrón.

Al incorporar 10% de diatomita en estado calcinado al concreto patrón, este incrementa la resistencia a la compresión axial del concreto a los 7,14 y 28 días de curado alcanzando un 114.73%, 109.28% y 107.56% respectivamente, a comparación del 100% que representa el concreto patrón; este concreto adicionado desarrolla en un 14.73%,9.28% y 7.56% respectivamente, mayor resistencia a la compresión axial respecto del concreto patrón.

Al incorporar 15% de diatomita en estado calcinado al concreto patrón, este incrementa la resistencia a la compresión axial del concreto a los 7,14 y 28 días de curado alcanzando un 119.34%,111.07% y 108.37% respectivamente, a comparación del 100% que representa el concreto patrón; este concreto adicionado desarrolla en un 14.73%,9.28% y 7.56% respectivamente, mayor resistencia a la compresión axial respecto del concreto patrón.



**4.2 Resultados de la máxima resistencia a la compresión axial del concreto  $f'c$ : 210 kg/cm<sup>2</sup> adicionado con diferentes porcentajes de diatomita en estado calcinado y que porcentaje de diferencia significa respecto del concreto patrón.**

De acuerdo a los datos obtenidos del ensayo a la compresión axial del concreto se obtuvo los siguientes resultados a los 7, 14 y 28 días de curado.

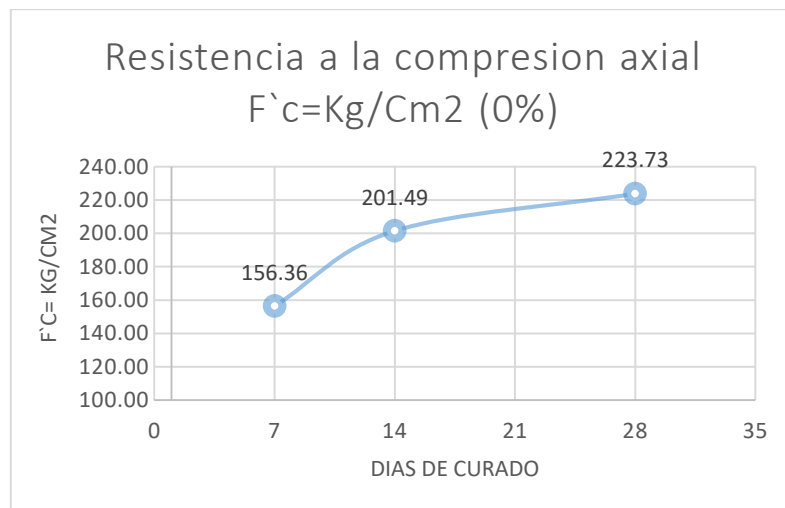
**4.2.1 Resistencia de concreto  $f'c$ : 210 kg/cm<sup>2</sup> - patrón.**

**Tabla 126** Resistencia a la compresión del concreto  $f'c$ :210 kg/cm<sup>2</sup>.-patrón.

Concreto Patrón $f'c$ 210 kg/cm <sup>2</sup>		
Edad (Días de curado)	Resistencia a la compresión axial (kgf/cm <sup>2</sup> )	Porcentaje (%) de concreto Patrón $F'c=210\text{kg/cm}^2$ .
7	156.36	74.46%
14	201.49	95.95%
28	223.73	106.54%

*Nota:* Imagen obtenida de fuente propia.

**Figura 77** Representación gráfica de la resistencia a la compresión del concreto patrón.



*Nota:* Imagen obtenida de fuente propia.

**Comentario:** La resistencia a la compresión axial del concreto patrón se refiere a aquel valor de  $F'c$  sin ningún tipo de adición en el cálculo del diseño de mezclas y elaboración del mismo, viene a ser un parámetro para cuantificar la investigación. Los valores de  $F'cr$  obtenidos nos ayudan a analizar y comparar con aquellos valores de  $F'cr$  con adiciones de diatomita en estado calcinado y así cuantificar nuestra investigación.



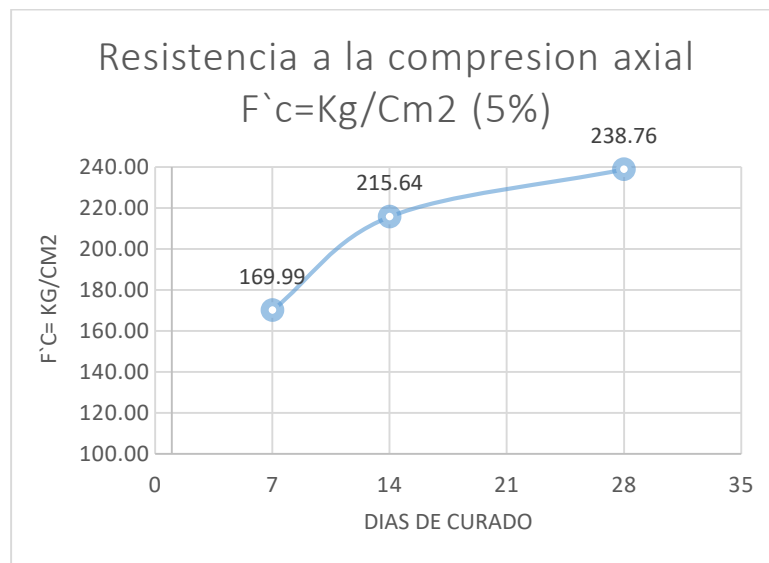
**4.2.2 Resistencia de concreto  $F'c$ : 210 kg/cm<sup>2</sup> – con adición de 5% de diatomita en estado calcinado.**

**Tabla 127** Resistencia a la compresión axial del concreto  $f'c$ :210 kg/cm<sup>2</sup> con adición de 5% de diatomita en estado calcinado.

Concreto $f'c$ 210 kg/cm <sup>2</sup> con adición de 5% de diatomita en estado Calcinado.		
Edad (Días de curado)	Resistencia a la compresión axial (kg/cm <sup>2</sup> )	Porcentaje (%) de Patrón $F'c=210$ kg/cm <sup>2</sup> .
7	169.99	<b>80.95%</b>
14	215.64	<b>102.69%</b>
28	238.76	<b>113.70%</b>

*Nota:* Imagen obtenida de fuente propia.

**Figura 78** Representación gráfica de la resistencia a la compresión axial del concreto con adición de 5% de diatomita en estado calcinado.



*Nota:* Imagen obtenida de fuente propia.

**Comentario:** En los resultados obtenidos respecto de la resistencia a la compresión axial del concreto con adición de diatomita en estado calcinado en 5%, se puede observar un incremento de la resistencia a la compresión axial del concreto a los 7,14 y 28 días de curado.

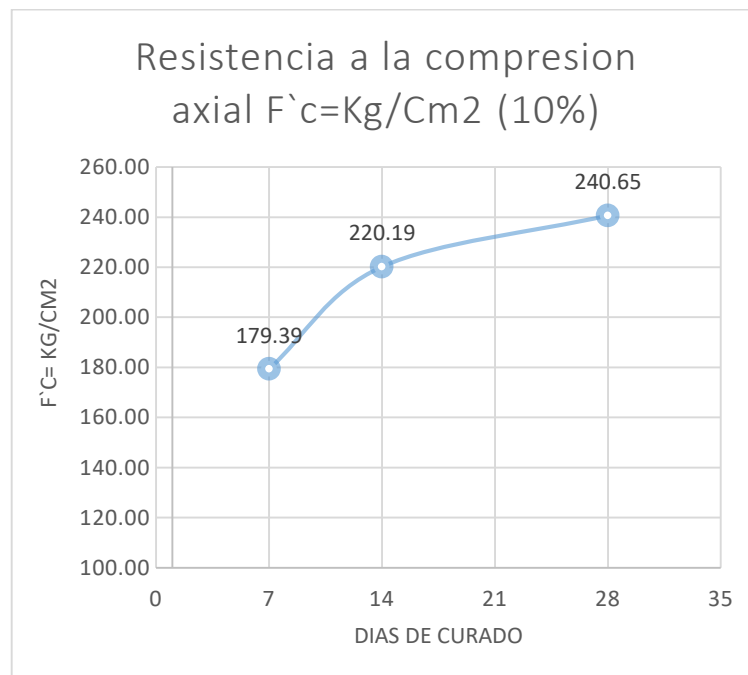
#### 4.2.3 Resistencia de concreto $f'c$ : 210 kg/cm<sup>2</sup> – con adición de 10% de diatomita en estado calcinado.

**Tabla 128** Resistencia a la compresión del concreto  $f'c$ :210 kg/cm<sup>2</sup> con adición de 10% de diatomita en estado calcinado.

Concreto $f'c$ 210 kg/cm <sup>2</sup> con adición de 10% de diatomita en estado Calcinado.		
Edad (Días de curado)	Resistencia a la compresión axial (kg/cm <sup>2</sup> )	Porcentaje (%) de Patrón $F'c=210$ kg/cm <sup>2</sup> .
7	179.39	85.42%
14	220.19	104.85%
28	240.65	114.60%

*Nota:* Imagen obtenida de fuente propia.

**Figura 79** Representación gráfica de la resistencia a la compresión axial del concreto con adición de 10% de diatomita en estado calcinado.



*Nota:* Imagen obtenida de fuente propia.

**Comentario:** En los resultados obtenidos respecto de la resistencia a la compresión axial del concreto con adición de diatomita en estado calcinado en 10%, se puede observar un incremento constante de la resistencia a la compresión axial del concreto a los 7,14 y 28 días de curado.



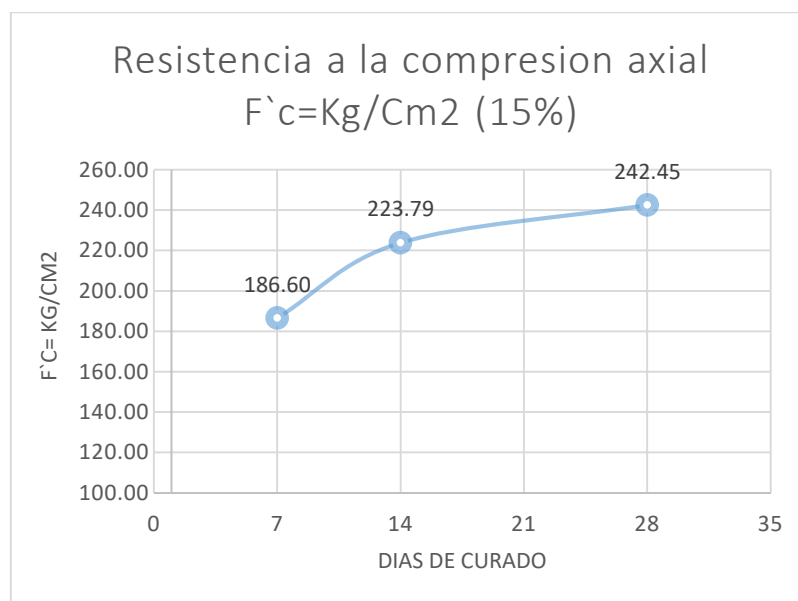
**4.2.4 Resistencia de concreto  $f'c:210 \text{ kg/cm}^2$  con adición de 15% de diatomita en estado calcinado.**

**Tabla 129** Resistencia a la compresión del concreto  $f'c:210 \text{ kg/cm}^2$  con adición de 15% de diatomita en estado calcinado.

Concreto $f'c 210 \text{ kg/cm}^2$ con adición de 15% de diatomita en estado Calcinado.		
Edad (Días de curado)	Resistencia a la compresión axial ( $\text{kg/cm}^2$ )	Porcentaje (%) de Patrón $F'c=210\text{kg/cm}^2$ .
7	186.60	88.86%
14	223.79	106.57%
28	242.45	115.45%

Fuente: Propia

**Figura 80** Representación gráfica de la resistencia a la compresión del concreto con adición de 15% de diatomita en estado calcinado.



Nota: Imagen obtenida de fuente propia.

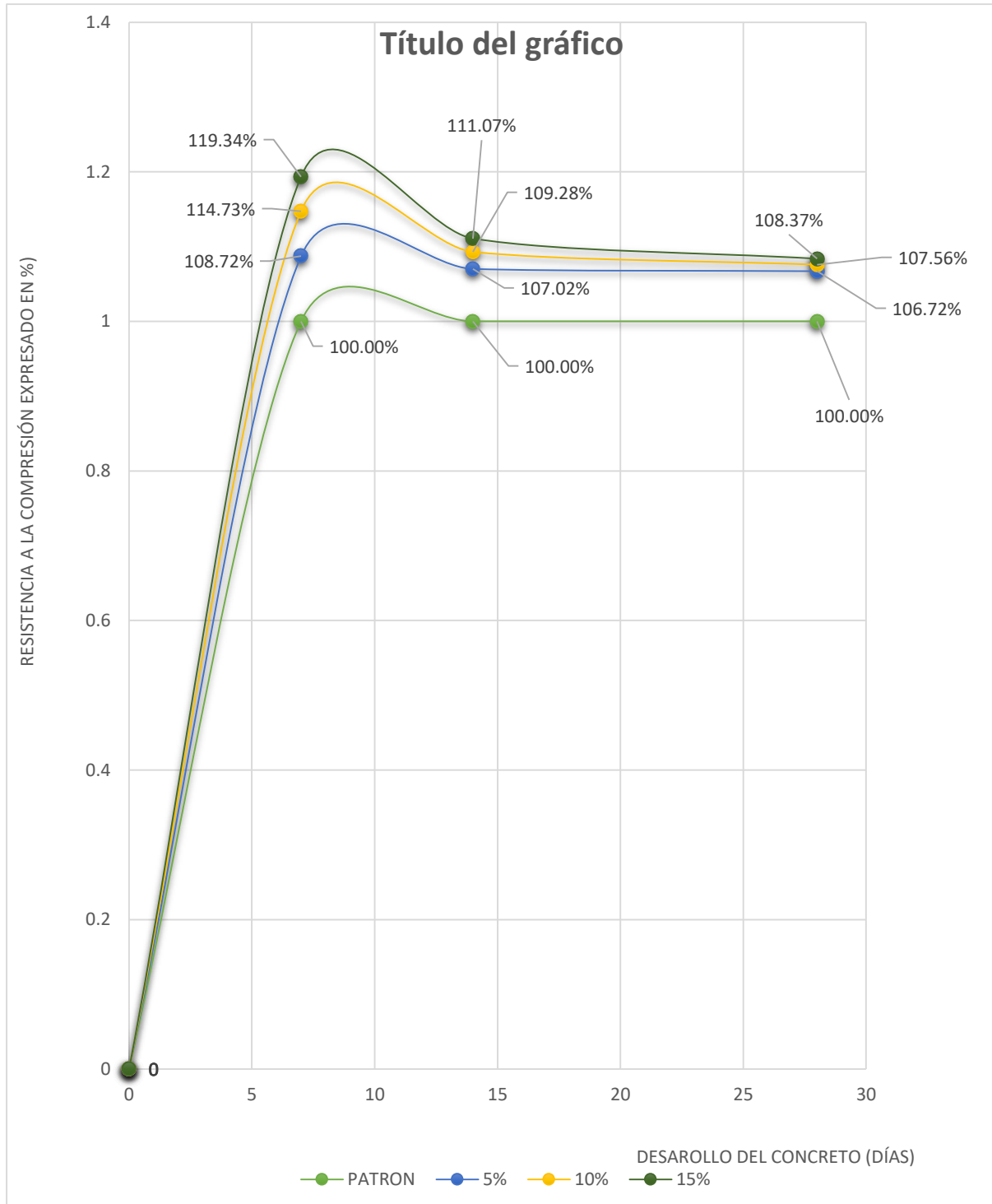
**Comentario:** En los resultados obtenidos respecto de la resistencia a la compresión axial del concreto con adición de diatomita en estado calcinado en 15%, se puede observar un incremento de la resistencia a la compresión axial del concreto a los 7,14 y 28 días de curado.

DÍAS



4.2.5 Grafica resumen de la máxima resistencia a la compresión axial del concreto  $f'c:210 \text{ kg/cm}^2$  adicionado con diferentes porcentajes de diatomita en estado calcinado y que porcentaje de diferencia significa respecto del concreto patrón.

Figura 81 Máxima resistencia a la compresión axial del concreto  $f'c:210 \text{ kg/cm}^2$



Nota: Imagen obtenida de fuente propia.



**Comentario:** La máxima resistencia a la compresión axial del concreto patrón con adición de 5% de diatomita en estado calcinado a los 28 días de curado es de 238.76 kg/cm<sup>2</sup> representando el 106.72% respecto del porcentaje de la resistencia a la compresión axial del concreto patrón que representa el 100%, haciendo una diferencia porcentual de 6.72%.

Del mismo modo la resistencia a la compresión axial del concreto con la adición de 10% de diatomita en estado calcinado a los 28 días de curado es de 240.65 kg/cm<sup>2</sup> representando el 107.56% respecto del porcentaje de la resistencia a la compresión axial del concreto patrón que representa el 100%, haciendo una diferencia porcentual de 7.56%.

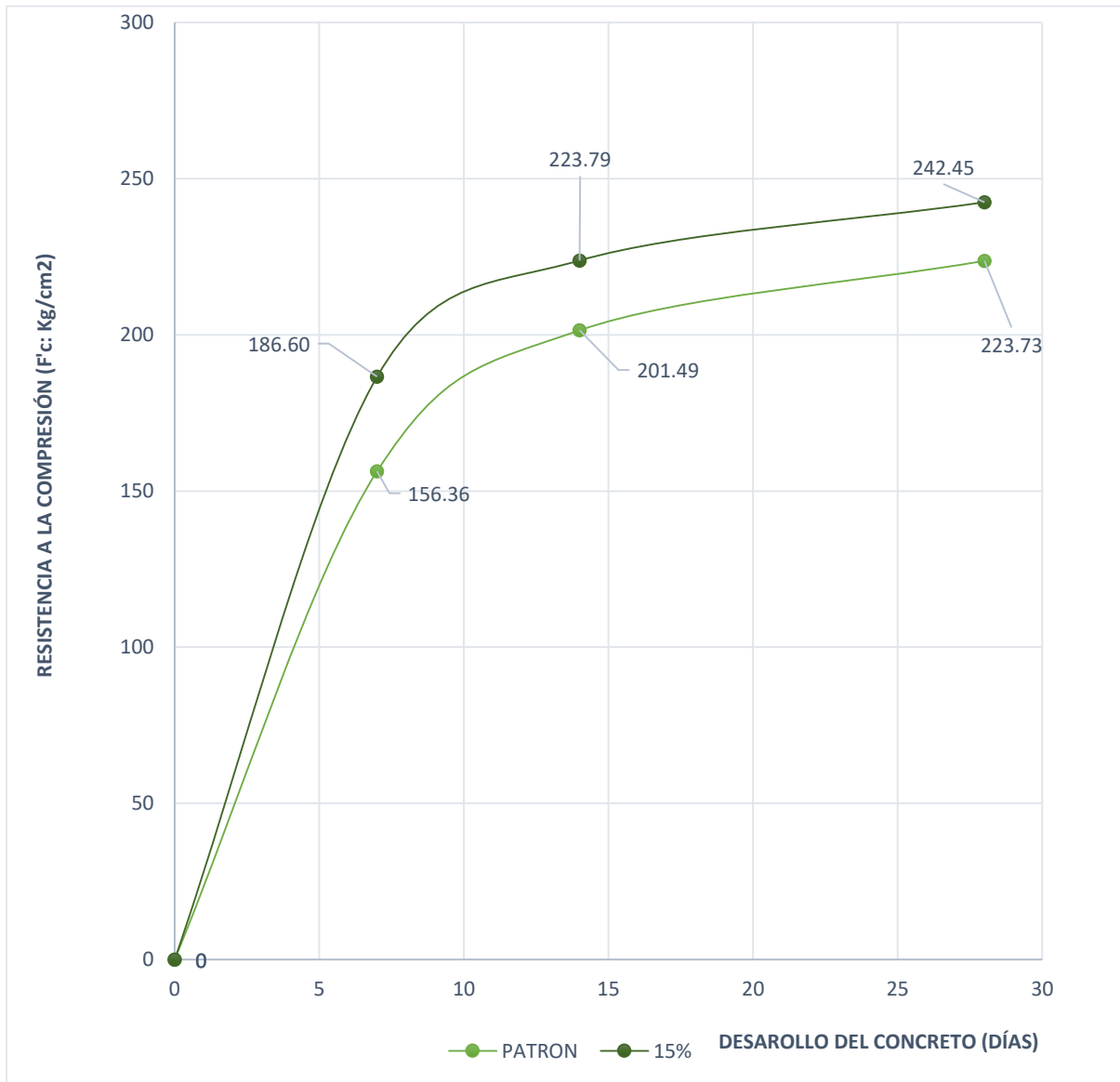
También, la resistencia a la compresión axial del concreto con la adición de 15% de diatomita en estado calcinado a los 28 días de curado es de 242.45 kg/cm<sup>2</sup> representando el 108.35% respecto del porcentaje de la resistencia a la compresión axial del concreto patrón que representa el 100%, haciendo una diferencia porcentual de 8.35%.

La giba que se puede apreciar corresponde a el incremento de la temperatura por acción de la adición de diatomita en estado calcinado en diferentes %, a los 7 días de curado, comportándose la adición como un acelerante de fragua del concreto.

Podemos, inferir que el incremento de temperatura del concreto con adiciones de diatomita en estado calcinado se debe a una reacción exotérmica al contacto con agua producida por el componente químico Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (óxido de aluminio) y K<sub>2</sub>O (óxido de potasio), presentes en la muestra de diatomita Verificar Tabla 132, por haber sido estos sometidos a un proceso de calcinación.

### 4.3 Resultados del porcentaje de adición óptimo de diatomita en estado calcinado que presente una mejor resistencia a la compresión axial del concreto patrón.

Figura 82 Porcentaje óptimo de diatomita en estado calcinado



Nota: Imagen obtenida de fuente propia.

**Comentario:** En los resultados obtenidos la adición de 15% de diatomita en estado calcinado representa la máxima resistencia a la compresión axial del concreto con un  $F'_{cr} = 242.45 \text{ kg/cm}^2$  a los 28 días de curado, respecto de la resistencia a la compresión axial del concreto  $F'_{c} = 210 \text{ kg/cm}^2$  en el mismo tiempo de curado.



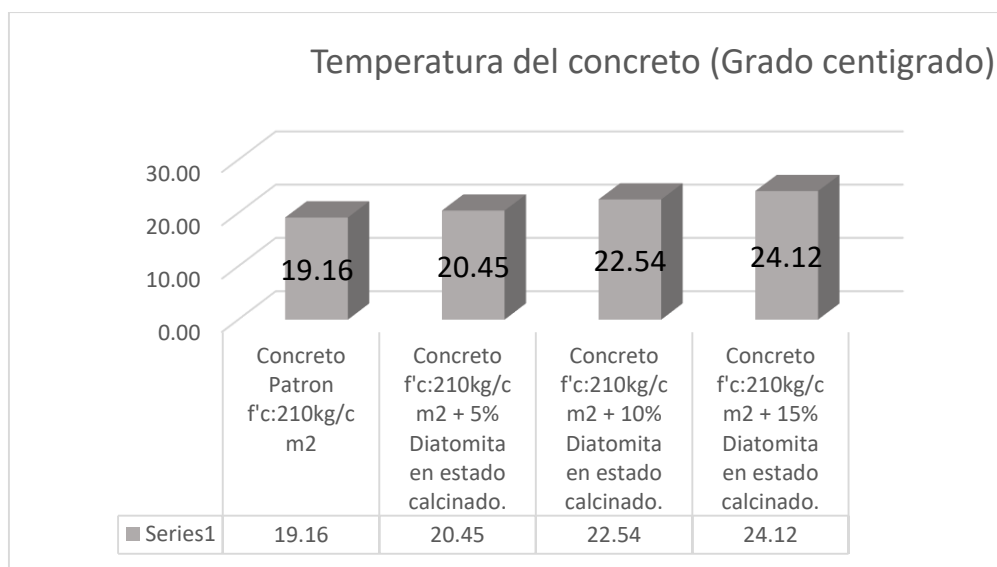
**4.4 Resultados de la temperatura del concreto en estado fresco con adiciones de diatomita en estado calcinado en diferentes porcentajes.**

**Tabla 130** *Temperatura del concreto  $F'c$ : 210 kg/cm<sup>2</sup>.*

TIPO DE CONCRETO	Temperatura (°C)	Comentario
Concreto Patrón $f'c$ :210kg/cm <sup>2</sup>	19.16	Temperatura estándar.
Concreto $f'c$ :210kg/cm <sup>2</sup> + 5% Diatomita Calcinado.	20.45	Leve incremento.
Concreto $f'c$ :210kg/cm <sup>2</sup> + 10% Diatomita Calcinado.	22.54	Mediano incremento.
Concreto $f'c$ :210kg/cm <sup>2</sup> + 15% Diatomita Calcinado.	24.12	Alto incremento.

*Nota:* Imagen obtenida de fuente propia.

**Figura 83** *Temperatura del concreto en estado fresco.*



*Nota:* Imagen obtenida de fuente propia.

**Comentario:** En los resultados obtenidos respecto de la temperatura, se observa que a mayor porcentaje de adición de diatomita en estado calcinado se obtendrá una mayor temperatura en ascenso, obteniendo una mayor aceleración en el tiempo de fraguado del concreto en los primeros 7 días de curado.

#### 4.5 Resultados del revenimiento del concreto $F'c: 210\text{kg/cm}^2$ con diferentes % de adición de diatomita en estado calcinado.

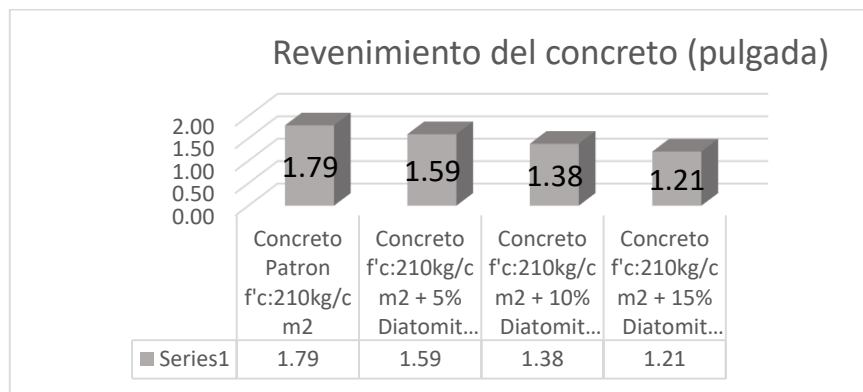
Después de los análisis del revenimiento de los diferentes testigos de concreto se ha determinado los siguientes resultados.

**Tabla 131** Revenimiento del concreto  $F'c: 210\text{ kg/cm}^2$ .

TIPO DE CONCRETO	REVENIMIENTO (PULG)	TIPO DE MEZCLA
Concreto Patrón $f'c:210\text{kg/cm}^2$	1.79	Mezcla seca
Concreto $f'c:210\text{kg/cm}^2 + 5\%$ Diatomita Calcinado.	1.59	Mezcla seca
Concreto $f'c:210\text{kg/cm}^2 + 10\%$ Diatomita Calcinado.	1.38	Mezcla más seca y poco plástica
Concreto $f'c:210\text{kg/cm}^2 + 15\%$ Diatomita Calcinado.	1.21	Mezcla muy seca y poco plástica

*Nota:* Imagen obtenida de fuente propia.

**Figura 84** Revenimiento de concreto.



*Nota:* Imagen obtenida de fuente propia.

**Comentario:** Para esta prueba se ha utilizado el cono de Abrams cuyos resultados muestra que el valor del revenimiento disminuye a medida que se incrementan las adiciones de diatomita en estado calcinado respecto del concreto patrón.

El proceso de calcinación de la diatomita también es un factor importante que, predispone a este material a estar habido de agua al contacto y mezcla con el concreto.



Así mismo el incremento de la diatomita en estado calcinado reduce el revenimiento del concreto por tener esta las siguientes propiedades: Dureza 5.5 a 6.0, Peso específico=2.75 gr/cm<sup>3</sup>, gravedad específica = 1.90 – 2.35, área superficial = 0.5 a 5 m<sup>2</sup>/g, índice de refracción = 1.46, y tamaño de partículas finas. influye en la absorción adicional del agua del diseño de mezclas, por tal motivo se sugiere utilizar al momento de la elaboración de concreto utilizar super plastificantes.

#### 4.6 Resultados de análisis de la composición físico química de diatomita.

**Tabla 132** *Análisis químico de diatomita en estado natural proveniente de la cantera del distrito de san Sebastián-Cusco.*

COMPOSICIÓN QUÍMICA	%
Humedad %	2.12
P. e	2.75
Carbonatos %	51.80
Sulfatos %	3.22
SiO <sub>2</sub> %	4.15
Calcio %	32.20
Magnesio %	1.70
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> %	2.20
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> %	0.28
K <sub>2</sub> O %	0.17

*Nota:* Imagen obtenida de Informe de análisis N.º 0118-18 (Anexo 4, pág. 278).

**Comentario:** Según la prueba fisicoquímica a la cual fue sometida la diatomita en laboratorio de química de UNSAAC se puede apreciar los valores en la tabla 132; el óxido de silicio es el componente que aporta mayor resistencia a la compresión axial al concreto pudiendo afirmar mediante el análisis químico realizado a la muestra de diatomita en estado calcinado contiene oxido de silicio en 4.15% de la muestra.

#### 4.7 Resultados de análisis de precios unitarios.

##### 4.7.1 Resultados de análisis de costo de elaboración de un m<sup>3</sup> de concreto patrón.

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
Tesis: "EVALUACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN AXIAL DEL CONCRETO F'c: 210 Kg/cm <sup>2</sup> , ELABORADO CON ADICIONES PORCENTUALES DE 5%, 10% Y 15% DE DIATOMITA EN ESTADO CALCINADO CON RESPECTO A UN CONCRETO PATRÓN A LOS 7, 14 Y 28 DÍAS DE CURADO".					
Partida	Elaboración de concreto con 0% de diatomita en estado calcinado				
Especificaciones	F'c=210 kg/Cm <sup>2</sup>				
Cuadrilla	02 operarios + 02 oficiales + 08 peones.				
Rendimiento	10 m <sup>3</sup> /día				
Descripcion	Und	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	ParcialS/.
<b>Materiales</b>					<b>415.57</b>
Arena Gruesa	m <sup>3</sup>		1.14	90.00	102.96
Piedra Chancada de 1/2	m <sup>3</sup>		0.62	70.00	43.12
Cemento Portland puzolanico Tipo IP (42.5KG)	Bls		8.00	33.60	268.80
Agua	M <sup>3</sup>		0.23	3.00	0.69
<b>Mano de obra</b>					<b>72.00</b>
Operario	Hh	2.00	1.60	9.00	14.40
Oficial	Hh	2.00	1.60	8.00	12.80
Peon	Hh	8.00	6.40	7.00	44.80
<b>Equipo y materiales</b>					<b>16.41</b>
Herramientas Manuales	%M 0		0.03	67.14	2.01
Mezcladora de 9 a 11 pie 3	Hm	1.00	0.80	8.00	6.40
Vibrador de Concreto 4HP 2.40"	Hm	1.00	0.80	10.00	8.00
<b>Costo Total</b>					<b>S/ 503.98</b>

##### 4.7.2 Resultados de análisis de costo de elaboración de un m<sup>3</sup> de concreto patrón + 5% de adición de diatomita en estado calcinado

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
Tesis: "EVALUACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN AXIAL DEL CONCRETO F'c: 210 Kg/cm <sup>2</sup> , ELABORADO CON ADICIONES PORCENTUALES DE 5%, 10% Y 15% DE DIATOMITA EN ESTADO CALCINADO CON RESPECTO A UN CONCRETO PATRÓN A LOS 7, 14 Y 28 DÍAS DE CURADO".					
Partida	Elaboración de concreto con 5% de diatomita en estado calcinado				
Especificaciones	F'c=210 kg/Cm <sup>2</sup>				
Cuadrilla	02 operarios + 02 oficiales + 08 peones.				
Rendimiento	10 m <sup>3</sup> /día				
Descripcion	Und	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	ParcialS/.
<b>Materiales</b>					<b>420.73</b>
Arena Gruesa	m <sup>3</sup>		1.14	90.00	102.96
Piedra Chancada de 1/2	m <sup>3</sup>		0.62	70.00	43.12
Cemento Portland puzolanico Tipo IP (42.5KG)	Bls		8.00	33.60	268.80
Diatomita en estado calcinado	Kg		0.52	10.00	5.16
Agua	M <sup>3</sup>		0.23	3.00	0.69
<b>Mano de obra</b>					<b>72.00</b>
Operario	Hh	2.00	1.60	9.00	14.40
Oficial	Hh	2.00	1.60	8.00	12.80
Peon	Hh	8.00	6.40	7.00	44.80
<b>Equipo y materiales</b>					<b>16.41</b>
Herramientas Manuales	%M 0		0.03	67.14	2.01
Mezcladora de 9 a 11 pie 3	Hm	1.00	0.80	8.00	6.40
Vibrador de Concreto 4HP 2.40"	Hm	1.00	0.80	10.00	8.00
<b>Costo Total</b>					<b>S/ 509.14</b>

Nota: Imagen obtenida de fuente propia.

#### 4.7.3 Resultados de análisis de costo de elaboración de un m<sup>3</sup> de concreto patrón + 10% de adición de diatomita en estado calcinado

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
Tesis: "EVALUACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN AXIAL DEL CONCRETO F'c: 210 Kg/cm <sup>2</sup> , ELABORADO CON ADICIONES PORCENTUALES DE 5%, 10% Y 15% DE DIATOMITA EN ESTADO CALCINADO CON RESPECTO A UN CONCRETO PATRÓN A LOS 7, 14 Y 28 DÍAS DE CURADO".					
Partida	Elaboracion de concreto con 10% de diatomita en estado calcinado				
Especificaciones	F'c=210 kg/Cm <sup>2</sup>				
Cuadrilla	02 operarios + 02 oficiales + 08 peones.				
Rendimiento	10 m <sup>3</sup> /dia				
Descripcion	Und	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	ParcialS/.
<b>Materiales</b>					<b>425.89</b>
Arena Gruesa	m <sup>3</sup>		1.14	90.00	102.96
Piedra Chancada de 1/2	m <sup>3</sup>		0.62	70.00	43.12
Cemento Portland puzolanico Tipo IP (42.5KG)	Bls		8.00	33.60	268.80
Diatomita en estado calcinado	Kg		1.03	10.00	10.32
Agua	M <sup>3</sup>		0.23	3.00	0.69
<b>Mano de obra</b>					<b>72.00</b>
Operario	Hh	2.00	1.60	9.00	14.40
Oficial	Hh	2.00	1.60	8.00	12.80
Peon	Hh	8.00	6.40	7.00	44.80
<b>Equipo y materiales</b>					<b>16.41</b>
Herramientas Manuales	%M 0		0.03	67.14	2.01
Mezcladora de 9 a 11 pie 3	Hm	1.00	0.80	8.00	6.40
Vibrador de Concreto 4HP 2.40"	Hm	1.00	0.80	10.00	8.00
<b>Costo Total</b>					<b>S/ 514.30</b>

#### 4.7.4 Resultados de análisis de costo de elaboración de un m<sup>3</sup> de concreto patrón + 15% de adición de diatomita en estado calcinado

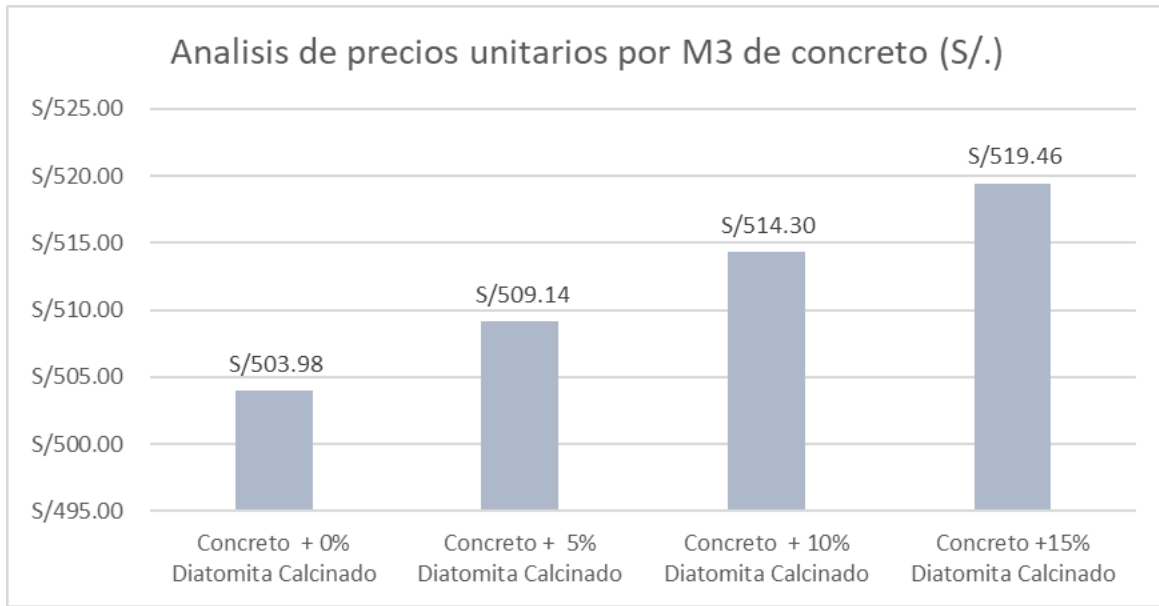
ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
Tesis: "EVALUACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN AXIAL DEL CONCRETO F'c: 210 Kg/cm <sup>2</sup> , ELABORADO CON ADICIONES PORCENTUALES DE 5%, 10% Y 15% DE DIATOMITA EN ESTADO CALCINADO CON RESPECTO A UN CONCRETO PATRÓN A LOS 7, 14 Y 28 DÍAS DE CURADO".					
Partida	Elaboracion de concreto con 15% de diatomita en estado calcinado				
Especificaciones	F'c=210 kg/Cm <sup>2</sup>				
Cuadrilla	02 operarios + 02 oficiales + 08 peones.				
Rendimiento	10 m <sup>3</sup> /dia				
Descripcion	Und	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	ParcialS/.
<b>Materiales</b>					<b>431.05</b>
Arena Gruesa	m <sup>3</sup>		1.14	90.00	102.96
Piedra Chancada de 1/2	m <sup>3</sup>		0.62	70.00	43.12
Cemento Portland puzolanico Tipo IP (42.5KG)	Bls		8.00	33.60	268.80
Diatomita en estado calcinado	Kg		1.55	10.00	15.48
Agua	M <sup>3</sup>		0.23	3.00	0.69
<b>Mano de obra</b>					<b>72.00</b>
Operario	Hh	2.00	1.60	9.00	14.40
Oficial	Hh	2.00	1.60	8.00	12.80
Peon	Hh	8.00	6.40	7.00	44.80
<b>Equipo y materiales</b>					<b>16.41</b>
Herramientas Manuales	%M 0		0.03	67.14	2.01
Mezcladora de 9 a 11 pie 3	Hm	1.00	0.80	8.00	6.40
Vibrador de Concreto 4HP 2.40"	Hm	1.00	0.80	10.00	8.00
<b>Costo Total</b>					<b>S/ 519.46</b>

Nota: Imagen obtenida de fuente propia.



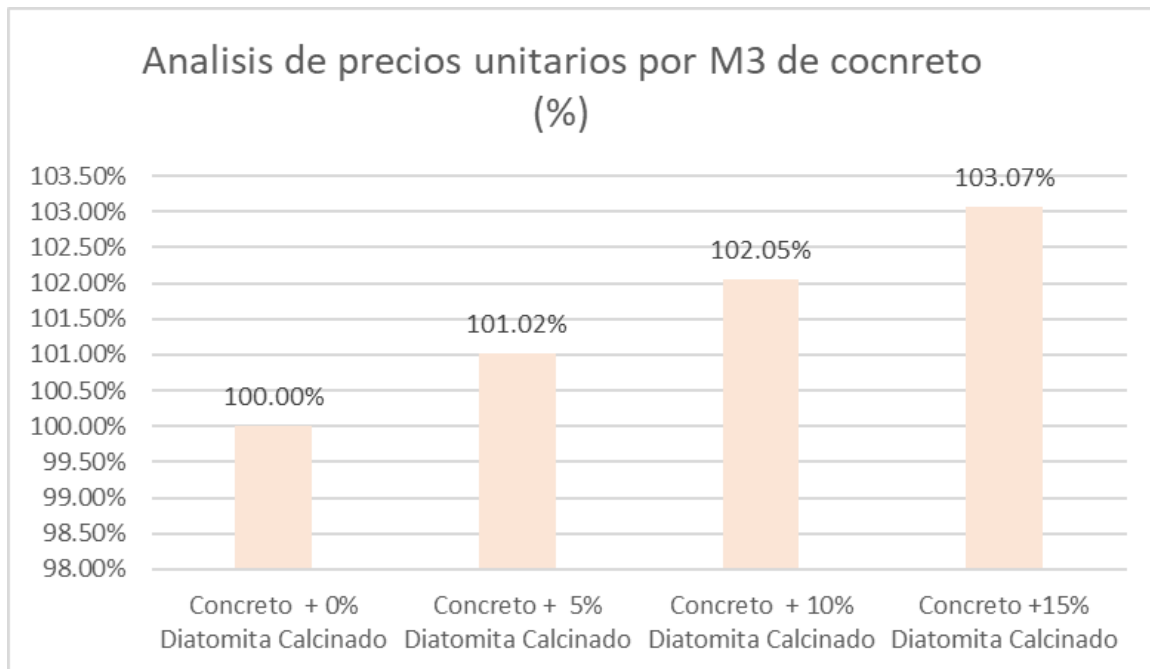


#### 4.7.5 Comparación de costos por metro cubico de concreto en nuevos soles.



Nota: Imagen obtenida de fuente propia.

#### 4.7.6 Comparación de costos por metro cubico de concreto en porcentaje (%).



Nota: Imagen obtenida de fuente propia.



#### 4.7 Resultados respecto de los objetivos específicos.

- SI, se ha podido comprobar el **objetivo específico número uno**, puesto que el concreto  $F'c= 210 \text{ kg/cm}^2$  adicionado con diatomita en estado calcinado en los porcentajes de 5%,10% y 15% SI presenta una mayor resistencia a la compresión axial respecto al concreto patrón evaluado a los 7, 14 y 28 días de curado.
- NO, se ha podido comprobar el **objetivo específico número dos**, puesto que, la máxima resistencia a la compresión axial del concreto  $F'c= 210 \text{ kg/cm}^2$ , adicionado con diatomita en estado calcinado, NO es mayor al 15% de la resistencia alcanzada por el concreto patrón a los 28 días de curado, mas, no siendo así a los 7 y 14 días de curado.
- NO, se ha podido comprobar el **objetivo específico número tres**, puesto que, la mayor resistencia a la compresión axial del concreto  $F'c= 210 \text{ kg/cm}^2$ , NO se obtiene con la adición de 10% de diatomita en estado calcinado.
- SI, se ha podido comprobar el **objetivo específico número cuatro**, puesto que, al adicionar diatomita en estado calcinado, en diferentes porcentajes al concreto  $F'c= 210 \text{ kg/cm}^2$ , este acelera el desarrollo de la resistencia a la compresión axial del concreto comportándose la diatomita en estado calcinado como un aditivo acelerante.
- NO, se ha podido comprobar el **objetivo específico número cinco**, puesto que, al adicionar diatomita en estado calcinado en diferentes porcentajes al concreto  $F'c= 210 \text{ kg/cm}^2$ , este disminuye significativamente el revenimiento del mismo.
- SI, se ha podido determinar el **objetivo específico número seis**, el costo económico del concreto  $F'c: 210 \text{ kg/cm}^2$  adicionado con diatomita en estado calcinado en diferentes porcentajes SI se incrementa respecto del concreto patrón.

#### 4.8 Resultados respecto del objetivo general.

- SI, se ha podido realizar y comprobar el **objetivo general propuesto**, siendo la diatomita en estado calcinado una adición al concreto que incrementa la resistencia a la compresión axial del mismo en diferentes %, siendo la adición optima el 15%.



## Capítulo V: Discusión.

### 5.1 Descripción de los hallazgos más relevantes y significativos.

- a) Se pudo verificar que el agregado fino de la cantera de mina roja, tiene demasiado contenido de material grueso también que, el agregado fino de la cantera de cunyac cuenta con demasiado material fino; La razón por el cual se utilizó la mezcla de agregado fino de dos canteras fue para poder cumplir con los parámetros exigidos por la Norma Técnica Peruana (N.T.P. 400.037, 2014 establece rangos granulométricos) Es por esta razón que se utilizó agregado fino las dos canteras donde se utilizó las proporciones de 65% de la cantera de Cunyac y 35% de la cantera de Mina Roja logrando cumplir con este propósito.
- b) Al momento de analizar y comparar resultados, ¿Cuál es el porcentaje de diatomita en estado calcinado que incrementara mejor la resistencia a la compresión axial del concreto  $F'c$ : 210 kg/cm<sup>2</sup>? El porcentaje de diatomita en estado calcinado que ha incrementado mejor la resistencia a la compresión axial del concreto fue del 15% respecto del peso del cemento. Obteniéndose un incremento de 7.00% respecto al concreto patrón, en un tiempo de 28 días de curado
- c) Al momento de comparar resultados ¿la diatomita en estado calcinado pudo interactuar de manera óptima con el concreto? Al realizar las mezclas de concreto con diatomita en estado calcinado se observó que la consistencia va reduciéndose al incrementar mayor porcentaje de diatomita en estado calcinado, el cual nos da una mezcla seca que llega por debajo de 2", dando así menor trabajabilidad en el concreto. Asimismo, al momento de la rotura de testigos se pudo observar que la diatomita en estado calcinado se incorporó uniformemente distribuida a la mezcla de concreto y adherida, por lo cual se pudo registrar un incremento mayor a la resistencia a la compresión.
- d) La diatomita en estado calcinado al contacto con agua reacciona químicamente elevando la temperatura al punto de quemar y/o derretir el recipiente que lo contiene (vaso plástico transparente descartable).
- e) Las probetas testigos al momento de ser curadas (7,14 y 28 días) estas expulsan la diatomita en estado calcinado al agua de curado durante todo el periodo de 28 días, tornando la posa de curado con un color blanquecino (blanco humo).



- f) La diatomita en estado calcinado es un material que ha de ser almacenado apropiadamente lejos de fuentes de agua y humedad para evitar que esta al contacto con el agua y se produzca la reacción exotérmica y cause quemaduras químicas a personas u otros materiales.
- g) En todo momento se ha de utilizar el integro de los elementos de protección personal al momento de manipular este material.
- h) La mayor reactividad de la diatomita en estado calcinado es a las 48 horas de haberse extraído del horno de calcinación.
- i) La diatomita proveniente del distrito de San Sebastián posee 4.15% de óxido de silicio ( $\text{SiO}_2$ ).
- j) Los costos unitarios del concreto con adiciones porcentuales de diatomita en estado calcinado se incrementan respecto del concreto patrón.

## 5.2 Limitaciones del estudio.

- k) Al momento de calcinar la diatomita no se pudo obtener un horno que pueda calcinar la diatomita durante 12 horas seguidas a una temperatura de 700 grados centígrados de manera constante.
- l) La manipulación de la diatomita en estado calcinado ha de ser cuidadosa y utilizar una protección especial en las manos y ojos para evitar la quemadura química por acción de esta.
- m) En la ciudad del Cusco al parecer no contamos con diatomita en estado natural que contenga % altos en cuanto al contenido de óxido de silicio, hecho que sería de gran utilidad puesto que a mayor cantidad de silicio mayor resistencia a la compresión, por tal razón recomendamos para estudios futuros verificar la mayor cantidad porcentual de sílice en la muestra a utilizar.
- n) Es limitado los antecedentes nacionales e internacionales que hayan abordado el tema de la elaboración de concreto con adiciones de diatomita en estado calcinado.
- o) Respecto del diseño de mezclas, se encontró la limitación de que, a mayor cantidad de adición de diatomita en estado calcinado, menor es el revenimiento por tal motivo se sugiere la utilización de un súper plastificante en estudios futuros con adiciones mayores a 15% del peso del cemento.



- p) En la presente investigación se utilizó agregado fino de la cantera de Cunyac, la cual no cumple con el módulo de fineza contenido en la (N.T.P. 400.037, 2014).
- q) También se utilizó agregado fino de la cantera de mina roja la que, también no cumple con el módulo de fineza contenido en (N.T.P. 400.037, 2014).
- r) En la presente investigación se tuvo que mezclar agregado fino de la cantera de Cunyac 65% y mina roja 35%, con la finalidad de cumplir con la norma en mención.
- s) Se utilizó, agregado grueso de ½” proveniente de la cantera vicho la cual cumple con la (N.T.P. 400.037, 2014).

### 5.3 Comparación crítica con la literatura existente.

- t) El concreto adicionado en 15% con diatomita en estado calcinado presento un incremento en la resistencia a la compresión axial respecto del concreto patrón, a diferencia del antecedente local N°02 del presente documento el cual concluye en: *... "solo el fabricado con 15% presenta menor desarrollo de la resistencia a compresión respecto al desarrollo de la resistencia del concreto patrón" ...*
- u) En la presente investigación se ha obtenido un contenido de óxido de silicio homogéneo debido a una mezcla repetitiva del espécimen de diatomita a utilizar y adicionar al concreto patrón a diferencia del antecedente local N°1 del presente documento que no realizo dicho proceso de homogeneización del espécimen alterando posiblemente los resultados obtenidos.
- v) En la presente investigación a mayor cantidad de diatomita en estado calcinado adicionado al concreto menor es la relación agua / cemento a diferencia del antecedente local N°1 del presente documento que concluye en: *... "A mayor cantidad de diatomita, la relación agua/cemento aumenta. A pesar de que la cantidad de agua en la mezcla fue siempre constante y la variante fue la cantidad de aditivo necesaria para los diferentes diseños." ...*
- w) En la presente investigación los resultados obtenidos en lo que refiera a asentamiento han variado entre los diferentes diseños, los cuales están en el rango de 4” y 1” a diferencia del antecedente local N°1 del presente documento que concluye en: *... "Asentamiento y peso unitario no varían entre los diferentes diseños, todas están en el rango entre 3” y 4” ...*



- x) En la presente investigación con respecto a la fragua del concreto podemos afirmar que a mayor cantidad de diatomita en estado calcinado menor es el tiempo de fragua a diferencia del antecedente local N°1 del presente documento que concluye en: ... " *Con respecto a la fragua, se puede decir que: a menor cantidad de diatomita, el tiempo de fraguado disminuye de manera directamente proporcional a la cantidad de aditivo usado* " ... debido a que es posible que la causa sea por el contenido de humedad que posee la diatomita en estado natural.

#### **5.4 Comentario de la demostración de la hipótesis.**

La hipótesis de la presente investigación ha sido demostrada puesto que la diatomita en estado calcinado adicionado en diferentes porcentajes al concreto  $F'c=210$  kg/cm<sup>2</sup> incrementa la resistencia a la compresión axial del mismo.

El 15% de diatomita en estado calcinado adicionado al concreto  $F'c=210$  kg/cm<sup>2</sup> incrementa más la resistencia a la compresión axial del mismo.

A mayor porcentaje de adición de diatomita en estado calcinado incrementa más la temperatura del concreto recién elaborado reduciendo así el tiempo de fraguado.

A mayor porcentaje de adición de diatomita en estado calcinado al concreto  $F'c=210$  kg/cm<sup>2</sup> este reduce el revenimiento del concreto y la relación A/C.

#### **5.5 Implicancias del estudio**

Las implicancias de la presente investigación se refieren a que hemos obtenido un concreto de mayor resistencia a la compresión axial, con adiciones de diatomita en estado calcinado al concreto en estudio, como así lo demuestran los resultados y conclusiones arribadas en el presente documento. Las implicancias son:

1. Contribución al conocimiento: La presente investigación aporta nuevos conocimientos o evidencia físicas sobre el tema de estudio, lo que puede tener implicaciones teóricas y prácticas en el campo de estudio de la tecnología del concreto.
2. Aplicabilidad: Los resultados y conclusiones obtenidos en la presente investigación pueden ser aplicables en la práctica, para reducir los costos de producción de concreto estructural en la ciudad del Cusco.
3. Relevancia social: La investigación tiene implicancias sociales muy importantes, porque en la presente investigación hemos obtenido resultados favorables en la



resistencia a la compresión axial del concreto con adiciones porcentuales de diatomita en estado calcinado, reduciendo el costo de elaboración de concreto estructural por m<sup>3</sup>, generando un ahorro y calidad de vida en la población del Cusco.

4. Innovación: La presente investigación aporta nuevas alternativa, enfoques o metodologías que pueden ser aplicados en investigaciones futuras o en el desarrollo de nuevos concretos con adición de diatomita y así ampliar las investigaciones y mejorar las diferentes propiedades físicas y mecánicas y nuevas tecnologías al utilizar y experimentar con este material de construcción tan importante en nuestro medio.
5. Mejora de la sostenibilidad: si se utilizan materiales más económicos y sostenibles en la construcción, se podría reducir el impacto ambiental y mejorar la sostenibilidad del sector de la construcción.



### Conclusiones.

Se ha podido comprobar la hipótesis general, el concreto  $F'c= 210 \text{ kg/cm}^2$  elaborado con adiciones porcentajes de diatomita en estado calcinado, con respecto al peso del cemento, Mejora la resistencia a la compresión axial del concreto  $F'c= 210 \text{ kg/cm}^2$ , a los 7, 14 y 28 días de curado incrementa la resistencia a la compresión axial del mismo, siendo la adición optima el 15% a los 28 días de curado.

	7 Días	14 Días	28 Días
■ Patrón (Kg/cm <sup>2</sup> )	156.36	201.49	223.73
■ 5% (Kg/cm <sup>2</sup> )	169.99	215.64	238.76
■ 10% (Kg/cm <sup>2</sup> )	179.39	220.19	240.65
■ 15% (Kg/cm <sup>2</sup> )	186.60	223.79	242.45

**Conclusión N°1.** El concreto  $F'c= 210 \text{ kg/cm}^2$  adicionado con diatomita en estado calcinado en los porcentajes de 5%,10% y 15%, **SI** presenta una mayor resistencia a la compresión axial respecto al concreto patrón evaluado a los 7, 14 y 28 días de curado.

**Conclusión N°2.** La máxima resistencia a la compresión axial del concreto  $F'c= 210 \text{ kg/cm}^2$ , adicionado con diatomita en estado calcinado, **NO** es mayor al 15% de la resistencia alcanzada por el concreto patrón a los 28 días de curado.

**Conclusión N°3.** La mayor resistencia a la compresión axial del concreto  $F'c= 210 \text{ kg/cm}^2$ , **NO** se obtiene con la adición de 10% de diatomita en estado calcinado.

**Conclusión N°4.** Al adicionar diatomita en estado calcinado, en 5%,10% y 15% al concreto  $F'c= 210 \text{ kg/cm}^2$ , la diatomita en estado calcinado **SI acelera** el desarrollo de la resistencia a la compresión axial del concreto (Incrementa el calor de hidratación del concreto en estado fresco) comportándose este como un aditivo acelerante en el intervalo de tiempo del día 1 hasta aproximadamente el día 10 de curado

**Conclusión N°5.** Al adicionar diatomita en estado calcinado en diferentes porcentajes al concreto  $F'c= 210 \text{ kg/cm}^2$ , **NO** aumenta significativamente el revenimiento, todo lo contrario, a mayor adición de diatomita en estado calcinado al concreto **MENOR** es el revenimiento.

**Conclusión N°6.** Al adicionar diatomita en estado calcinado en diferentes porcentajes al concreto  $F'c= 210 \text{ kg/cm}^2$ , **SI** aumenta el costo económico por m<sup>3</sup> en 1%,2% y 3% respectivamente del costo del concreto patrón.





### Recomendaciones.

1. Se sugiere ampliar la investigación de adiciones de diatomita en estado calcinado al concreto con porcentajes mayores a 15%.
2. Se sugiere ampliar el presente trabajo de investigación con la adición de la diatomita calcinado en diferentes porcentajes para determinar cómo influye en la mejora de la resistencia a compresión del concreto.
3. Se sugiere ampliar las edades del concreto con adiciones de diatomita en estado calcinado y la prueba de resistencia a la compresión axial del mismo, puesto que, debido a que la diatomita como puzolana desarrolla una mayor resistencia a la compresión en el tiempo.
4. Se sugiere la ampliación del estudio, usando mayores porcentajes de adición de diatomita en estado calcinado al concreto puesto que, este material se comporta como un aditivo acelerante de fragua del concreto existiendo la relación de que a mayor adición de diatomita en estado calcinado mayor será la temperatura del concreto recién elaborado.
5. Se puede ampliar su estudio de la adición de diatomita en estado calcinado a los ladrillos utilizados en mampostería de albañilería puesto que, este material presenta propiedades exotérmicas.
6. Se recomienda ampliar la investigación de la diatomita como aditivo del concreto verificando los porcentajes mayores 4.15% de  $\text{SiO}_2$  contenido en el espécimen de diatomita a investigar puesto que este componente químico es quien aporta propiedades físicas (resistencia a la compresión) al concreto.
7. Se recomienda realizar investigaciones en cuanto a que, si la diatomita en estado calcinado adicionado con el concreto posee propiedades de almacenamiento de calor, lo cual sería importante en climas fríos.
8. Se sugiere la utilización de súper plastificantes en investigaciones futuras en la elaboración concreto con adiciones porcentuales mayores a 15% de diatomita en estado calcinado.
9. Se recomienda realizar un mezclado óptimo de los especímenes de diatomita a utilizar en investigaciones futuras para lograr una homogeneidad del contenido de óxido de silicio.
10. Utilizar super plastificante para adiciones mayores a 15% de diatomita en estado calcinado al concreto patrón.



11. Se recomienda en las mezclas de concreto adicionado con diatomita en estado calcinado, utilizar de floculadores y/o aditivos súper plastificantes, con la finalidad de tener una mayor trabajabilidad en el concreto fresco, manteniendo la relación agua / cemento bajas.
12. Se recomienda ampliar investigaciones futuras y determinar la relación agua cemento en los diseños de mezcla con porcentajes de adición de diatomita en estado calcinado al concreto.
13. Se recomienda ampliar las investigaciones en cuanto a determinar la temperatura del concreto con adiciones de diatomita en estado calcinado en el tiempo de curado.
14. Se recomienda realizar ensayos de peso específico, gravedad específica, densidad y módulo de fineza en la muestra de diatomita a utilizar en investigaciones futuras.



## Referencias.

- ABANTO CASTILLO, F. (2009). *Tenología del Concreto (Teoría y Problemas)*. Lima - Perú: San Marcos.
- ASTM D4262. (2005). *Standard Test Method for pH of Chemically Cleaned or Etched Concrete Surfaces*. United States: ASTM International.
- CARRASCO FLORES, N. N., & QUINTANILLA CUELLAR, M. A. (2015). *Evaluación comparativa del tiempo de fraguado, expansión potencial y la resistencia a la compresión del mortero de cemento, elaborado con puzolana de la zona de Raqchi Y cemento portland tipo I con respecto al cemento portland tipo IP. (TESIS)*. Cusco - Perú: UAC - Universidad Andina del Cusco.
- CASTILLO PAZMIÑO, M. (2010). *Investigación de la utilización del Vidrio Molido como material de construcción y técnicas constructivas*. Izla Santa Cruz - Ecuador: WWF - (World Wildlife Fund).
- CATALAN ARTEAGA, C. J. (2013). *Estudio de la influencia del Vidrio Molido en Hormigones H15, H20 y H30. (TESIS)*. Valdivia - Chile: UACH - (Universidad Austral de Chile).
- Diario: "El Correo". (Agosto de 2010). Nuevos sectores abastecidos de Agua potable por SEDACUSCO. *El Correo*.
- E. BOWLES, J. (1980). *Manual de laboratorios de Suelos en Ingeniería Civil*. Bogotá - Colombia: McGRAW-HILL Latinnoamericana S.A..
- E.060 RNE. (2009). *Norma Técnica de Edificación E.060 - Concreto Armado*. Lima - Perú: ICG - (Instituto de la Construcción y Gerencia).
- ELE International. (2012). ACCU-TEK Touch TM. *Series of Compression Machines, 1-4*.
- FERNANDEZ, J. M. (1985). *El Vidrio*. Madrid - España.: C.S.I.C. Kelsen - Instituto.
- GASTAÑADUI RUIZ, F. (2014). Control de Calidad del Concreto. *Conferencia 14* (págs. 1-30). Lima Perú: fgastanaudi.
- HERNÁNDEZ SAMPIERI, R., FERNÁNDEZ COLLADO, C., & BAPTISTA LUCIO, M. d. (2010). *"Metodología de la Investigación"*. México: McGRAW-HILL.
- HUINCHO SALVATIERRA, E. (2011). *Concreto de alta resistencia usando aditivo superplastificante, Microsílice y Nnosílice con Cemento Portland tipo I*. Lima - Perú: UNI (Universidad Nacional de Ingeniería).
- I.C.G. (2016). *Manual de la Construcción - Agenda Técnica (15va Edición)*. Lima - Perú: ICG - (Instituto de la Construcción y Gerencia).
- N.T.P. 334.090. (2013). *Cementos Portland adicionados - CEMENTOS (5ta Edición)* . Lima - Perú: INDECOPI.
- N.T.P. 339.033. (2009). *Práctica normalizada para la elaboración y curado de especímenes de concreto en campo - CONCRETO. (3ra Edición)*. Lima - Perú: INDECOPI.
- N.T.P. 339.034. (2013). *Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto, en muestras cilíndricas. (3ra Edición)* . Lima - Perú: INDECOPI.



- N.T.P. 339.035. (1999). *Método de ensayo para la medición del asentamiento del hormigón con el cono de Abrams - CONCRETO*. Lima - Perú.: INDECOPI.
- N.T.P. 339.088. (2014). *Agua de mezcla utilizada en la producción de concreto de cemento Portland - CONCRETO. (3era Edición)*. Lima - Perú: INDECOPI.
- N.T.P. 339.183. (2013). *Práctica normalizada para la elaboración y curado de especímenes de Concreto en el Laboratorio - CONCRETO. (2da Edición)*. Lima - Perú: INDECOPI.
- N.T.P. 339.185. (2002). *Determinación del Contenido de Humedad para el Agregado Fino y Agregado Grueso - AGREGADOS. (2da Edición)*. Lima - Perú: INDECOPI.
- N.T.P. 339.209. (2006). *Método normalizado para asegurar la verticalidad de los especímenes para los ensayos de compresión - CONCRETO. (2da Edición)*. Lima - Perú.: INDECOPI.
- N.T.P. 400.012. (2001). *Análisis granulométrico del agregado fino grueso y global - AGREGADOS. (2da Edición)*. Lima - Perú: INDECOPI.
- N.T.P. 400.013. (2013). *Método de ensayo normalizado para determinar el efecto de las impurezas orgánicas del agregado fino sobre la resistencia de morteros y hormigones - AGREGADOS. (3ra Edición)*. Lima - Perú: INDECOPI.
- N.T.P. 400.017. (1999). *Método de ensayo para determinar el peso unitario del Agregado - AGREGADOS. (2da Edición)*. Lima - Perú: INDECOPI.
- N.T.P. 400.019. (2002). *Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la degradación en agregados gruesos de tamaños menores por abrasión e impacto en la Máquina de los Ángeles - AGREGADOS. (2da Edición)*. Lima - Perú: INDECOPI.
- N.T.P. 400.021. (2013). *Método de ensayo normalizado para la densidad, la densidad relativa (peso específico) y absorción del Agregado Grueso - AGREGADOS. (3ra Edición)*. Lima - Perú: INDECOPI.
- N.T.P. 400.022. (2013). *Método de ensayo normalizado para la densidad, la densidad relativa (peso específico) y absorción del Agregado Fino - AGREGADOS. (3ra Edición)*. Lima - Perú: INDECOPI.
- N.T.P. 400.037. (2014). *Especificaciones Normalizadas para Agregados en Concreto - CONCRETO. (3ra Edición)*. Lima - Perú: INDECOPI.
- NASSAR, R.-U.-D., & SOROUSHIAN, P. (2011). FIELD INVESTIGATION OF CONCRETE INCORPORATING MILLED WASTE GLASS. En C. a. Research Associate, *JOURNAL OF SOLID WASTE TECHNOLOGY AND MANAGEMENT (Vol. 37 N° 04)* (págs. 307-319). Michigan - USA: Michigan State University.
- PASQUEL CARBAJAL, E. (. (1998). *Tópicos de Tecnología del Concreto*. Lima - Perú: CIP Colegio de Ingenieros del Perú.
- QUELOPANA VILLALBA, J. (2012). *Análisis de la influencia del acero pulverizado en la resistencia a la compresión del concreto simple. (TESIS)*. Cusco - Perú.: UAC - Universidad Andina del Cusco.
- RIVVA LÓPEZ, E. (2014). *CONCRETO - Diseño de Mezclas (Tomo 2), (2da Edición)*. Lima - Perú: ICG - Instituto de la Construcción y Gerencia.
- SOBRADO MAUCAYLLE, Y. (2008). *Concreto Translúcido*. Mexico.