

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTÓBAL DE  
HUAMANGA  
FACULTAD DE INGENIERÍA DE MINAS GEOLOGÍA Y  
CIVIL  
ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE  
INGENIERÍA CIVIL



**Propiedades Físicas y Mecánicas de la Roca  
Volcánica del Cerro Acuchimay Para el Diseño de  
Concreto Liviano en la Ciudad de Ayacucho, Perú**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE  
INGENIERO CIVIL**

**PRESENTADO POR:  
CARLOS EDUARDO VENTURA AYALA**

**DIRIGIDO POR:  
ING. JOSÉ ERNESTO ESTRADA CÁRDENAS**

**AYACUCHO - PERÚ**

**2015**

12513  
Civ 448  
Ven  
Ej. 1

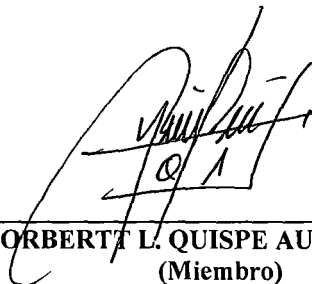
**“PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE LA ROCA VOLCÁNICA DEL CERRO  
ACUCHIMAY PARA EL DISEÑO DE CONCRETO LIVIANO EN LA CIUDAD DE  
AYACUCHO, PERÚ”**

**RECOMENDADO : 30 DE NOVIEMBRE DEL 2015**

**APROBADO : 21 DE DICIEMBRE DEL 2015**



**MSc. Ing. CARLOS A. PRADO PRADO**  
(Presidente)



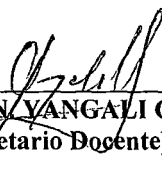
**Ing. NORBERTO L. QUISPE AUCCAPUCLLA**  
(Miembro)



**MSc. Ing. ADOLFO LINARES FLORES**  
(Miembro)



**MSc. Ing. JOSÉ E. ESTRADA CÁRDENAS**  
(Miembro)

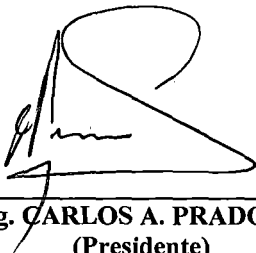


**Ing. FLORON YANGALI GUERRA**  
(Secretario Docente)

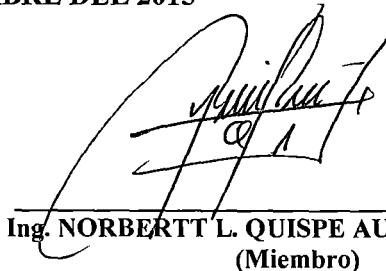
Según el acuerdo constatado en el Acta, levantada el 21 de diciembre del 2015, en la Sustentación de Tesis presentado por el Bachiller Carlos Eduardo VENTURA AYALA, con la Tesis Titulado “PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE LA ROCA VOLCÁNICA DEL CERRO ACUCHIMAY PARA EL DISEÑO DE CONCRETO LIVIANO EN LA CIUDAD DE AYACUCHO, PERÚ”, fue calificado con la nota de QUINCE (15) por lo que se da la respectiva APROBACIÓN.

RECOMENDADO : 30 DE NOVIEMBRE DEL 2015

APROBADO : 21 DE DICIEMBRE DEL 2015



MSc. Ing. CARLOS A. PRADO PRADO  
(Presidente)



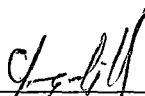
Ing. NORBERT L. QUISPE AUCCAPUCLLA  
(Miembro)



MSc. Ing. ADOLFO LINARES FLORES  
(Miembro)



MSc. Ing. JOSÉ E. ESTRADA CÁRDENAS  
(Miembro)



Ing. FLORO N. YANGALI GUERRA  
(Secretario Docente)

# Dedicatoria

*Dedico esta tesis a mis padres Jorge y  
Gerardina, a mis hermanos.*

# Agradecimientos

*A la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga y a la Escuela de Formación Profesional Ingeniería Civil por haberme albergado en sus aulas durante estos años de formación.*

*Agradezco a mis padres Jorge y Gerardina por su apoyo incondicional y por su paciencia durante la elaboración de este trabajo.*

*Al Ing. José Ernesto Estrada Cárdenas, amigo y asesor de esta tesis, por su orientación y apoyo constante, por sus acertadas sugerencias que direccionaron al éxito de este trabajo de investigación.*

*Al Ing. Víctor Portal Quicaña, amigo, por su guía y ayuda incesante, por sus atinadas recomendaciones que orientaron al término de este trabajo de investigación.*

*Al Ing. Grover Rubina Salazar, por el apoyo en los ensayos de mecánica de rocas en los laboratorios de la UNSCH.*

*A los ingenieros: Norbertt Quispe Auccapuclla, Adolfo Linares Flores, por sus apreciadas sugerencias durante la revisión del borrador de esta tesis.*

*Al personal técnico y de ingeniería del laboratorio INGEOTECON, por facilitarme sus instalaciones y por sus consejos.*

*Finalmente, a mis compañeros y amigos que me ayudaron durante el proceso de este trabajo.*

# Resumen

En la presente investigación se ha desarrollado el estudio del concreto liviano con agregados livianos de origen volcánicos (roca pómez), se presenta un resumen del estudio realizado al material proveniente del cerro Acuchimay, con miras a utilizarlos como agregados (fino y grueso) en el diseño de mezcla de concreto liviano.

Este material presenta características especificadas que lo pueden clasificar como agregado de peso liviano. Por tal motivo se realizaron ensayos para saber sus principales propiedades como: físicas, mecánicas, entre otros para demostrar si cumplen con las especificaciones técnicas para agregado liviano según la Norma ASTM C 330. Para el diseño de mezcla se desarrollaron por 4 métodos: ACI 211.1, ACI 211.2, Módulo de Fineza y Agregado Global, de los resultados obtenidos se elige la proporción de mezcla que más se adecúe al fin de determinar cuál de los métodos se aplica mejor para este agregado.

Los resultados muestran que el agregado del cerro Acuchimay cumple con todos los requisitos establecidos en las normas de Perú, así como la establecida en la norma ASTM C 330, por lo que se puede emplear para el diseño de mezcla de concreto. Indistintamente del método empleado para el diseño, se logró la resistencia requerida.

# Índice general

|  |          |
|--|----------|
| Portada                                    | I        |
| Presentación                               | I        |
| Dedicatoria                                | I        |
| Agradecimientos                            | II       |
| Resumen                                    | III      |
| Índice General                             | IV       |
| Índice de Cuadros                          | X        |
| Índice de Figuras                          | XVII     |
| <b>1. Introducción</b>                     | <b>1</b> |
| 1.1. Antecedentes . . . . .                | 1        |
| 1.2. Planteamiento del problema . . . . .  | 3        |
| 1.2.1. Problema Principal . . . . .        | 3        |
| 1.2.2. Problemas Secundarios . . . . .     | 3        |
| 1.3. Justificación e Importancia . . . . . | 3        |
| 1.4. Objetivos de la Tesis . . . . .       | 4        |
| 1.4.1. Objetivos Generales . . . . .       | 5        |
| 1.4.2. Objetivos Específicos . . . . .     | 5        |

|  |          |
|--|----------|
| 1.5. Organización del Estudio . . . . .  | 5        |
| <b>2. Estado del Arte de los Concretos Livianos</b>  | <b>8</b> |
| 2.1. Desarrollo Histórico . . . . .  | 9        |
| 2.2. Clasificación de los Concretos Livianos . . . . .   | 11       |
| 2.2.1. Concreto Celular . . . . .  | 14       |
| 2.2.2. Concreto de Agregados Livianos . . . . .  | 14       |
| 2.2.3. Concreto Cavernosos o Sin Finos . . . . .   | 22       |
| 2.3. Propiedades Físicas y Mecánicas de los Concretos Livianos . . . . .                               | 23       |
| 2.3.1. Generalidades . . . . .   | 23       |
| 2.3.2. Peso Volumétrico de los Concretos Livianos . . . . .  | 24       |
| 2.3.3. Resistencia a la Compresión . . . . .   | 26       |
| 2.3.4. Resistencia a la Tensión . . . . .  | 27       |
| 2.3.5. Cortante (Tensión Diagonal) . . . . .   | 29       |
| 2.3.6. Contenido Agua - Cemento . . . . .  | 29       |
| 2.3.7. Módulo de Elasticidad . . . . .   | 30       |
| 2.3.8. Contracción y Flujo Plástico . . . . .  | 34       |
| 2.3.9. Durabilidad . . . . .   | 34       |
| 2.3.10. Absorción de Agua y Porosidad . . . . .  | 35       |
| 2.3.11. Propiedades Acústicas . . . . .  | 36       |
| 2.3.12. Aislamiento Térmico . . . . .  | 37       |
| 2.3.13. Transmisibilidad Térmica U . . . . .   | 38       |
| 2.3.14. Protección Contra el Fuego . . . . .   | 40       |
| 2.4. Factores que Influyen en la Resistencia y Peso Volumétrico de los<br>Concretos Livianos . . . . . | 40       |
| 2.4.1. Granulometría de los agregados . . . . .  | 40       |
| 2.4.2. Proporción de Cemento . . . . .   | 41       |
| 2.4.3. Cantidad de Agua y Consistencia . . . . .   | 41       |
| 2.4.4. Método de Mezclado . . . . .  | 42       |



|  |           |
|--|-----------|
| 2.4.5. Método de Compactación . . . . .  | 42        |
| 2.4.6. Método de Curado . . . . .  | 42        |
| <b>3. Concreto Liviano con Agregado Liviano</b>                                    | <b>43</b> |
| 3.1. Consideraciones Generales . . . . .   | 43        |
| 3.2. Materiales . . . . .  | 44        |
| 3.3. Factores que Influyen en el Diseño de Concreto Liviano . . . . .              | 51        |
| 3.3.1. Agregados (Absorción y Contenido de Humedad) . . . . .                      | 51        |
| 3.3.2. Agregados (Granulometría) . . . . .   | 52        |
| 3.3.3. Relación Agua - Cemento . . . . .   | 53        |
| 3.3.4. Contenido de aire . . . . .   | 53        |
| 3.4. Diseño de Mezcla de Concreto Liviano . . . . .                                | 53        |
| 3.4.1. Determinación de la Proporción de los Componentes de la<br>Mezcla . . . . . | 54        |
| <b>4. Elaboración del Diseño de Mezcla del Concreto Liviano</b>                    | <b>61</b> |
| 4.1. Generalidades . . . . .   | 61        |
| 4.2. Procedimiento de Diseño de Mezcla . . . . .                                   | 62        |
| 4.2.1. Selección y Análisis Granulométrico de los Agregados . . . . .              | 62        |
| 4.2.2. Determinación Granulometría óptima . . . . .                                | 71        |
| 4.3. Proporción de Mezcla . . . . .  | 76        |
| 4.3.1. Selección de Proporción de Mezcla . . . . .                                 | 77        |
| 4.3.2. Resumen de Proporciones de Diseño de Mezclas . . . . .                      | 86        |
| 4.4. Preparación de Especímenes Para Ensayos de Resistencia a Compresión           | 87        |
| 4.4.1. Reajuste de la Proporción de Diseño de Mezcla . . . . .                     | 88        |
| <b>5. Análisis y Discusión de los Resultados de los Ensayos</b>                    | <b>96</b> |
| 5.1. Ubicación De La Cantera Del Cerro Acuchimay . . . . .                         | 96        |
| 5.2. Geología del Volcán del Cerro Acuhimay . . . . .                              | 97        |
| 5.2.1. Formación Ayacucho . . . . .  | 97        |

|  |            |
|--|------------|
| 5.3. Propiedades de la Roca Volcánica . . . . .  | 102        |
| 5.3.1. Petrología - Descripción Macroscópica . . . . .   | 102        |
| 5.3.2. Propiedades Mecánicas . . . . .   | 104        |
| 5.4. Propiedades del Agregado de Roca Volcánica . . . . .  | 105        |
| 5.4.1. Propiedades Físicas . . . . .   | 105        |
| 5.4.2. Propiedades Mecánicas . . . . .   | 107        |
| 5.4.3. Otras Propiedades . . . . .   | 110        |
| 5.5. Diseño de mezcla . . . . .  | 114        |
| 5.5.1. Agregado volcánico tipo I . . . . .   | 119        |
| 5.5.2. Agregado volcánico tipo II . . . . .  | 121        |
| 5.6. Resistencia a la Compresión . . . . .   | 123        |
| 5.6.1. Agregado Volcánico Tipo I . . . . .   | 124        |
| 5.6.2. Agregado Volcánico Tipo II . . . . .  | 127        |
| <b>6. Comparación Concreto Liviano (Cerro Acuchimay) - Concreto Normal (Cantera Cachi) . . . . .</b> | <b>128</b> |
| 6.1. Generalidades . . . . .   | 128        |
| 6.2. Evaluación del Diseño de Mezcla . . . . .   | 128        |
| 6.2.1. Agregados . . . . .   | 128        |
| 6.2.2. Propiedades de los Agregados . . . . .  | 131        |
| 6.2.3. Resistencia a la Compresión . . . . .   | 133        |
| 6.2.4. Proporción de Mezcla . . . . .  | 134        |
| <b>7. Conclusiones y Recomendaciones . . . . .</b>   | <b>135</b> |
| 7.1. Conclusiones . . . . .  | 135        |
| 7.2. Recomendaciones . . . . .   | 137        |
| 7.3. Temas Afines de Investigación . . . . .   | 139        |
| <b>REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA . . . . .</b>  | <b>140</b> |

|   |            |
|---|------------|
| <b>A. RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE LABORATORIO REALIZADOS</b>                           | <b>143</b> |
| A.1. MECÁNICA DE ROCAS - AGREGADO VOLCÁNICO . . . . .                                   | 143        |
| A.2. AGREGADO VOLCÁNICO ROJO CERRO ACUCHIMAY . . . . .                                  | 148        |
| A.3. AGREGADO VOLCÁNICO AZUL CERRO ACUCHIMAY - QUI-<br>CAPATA ALREDEDOR . . . . .       | 170        |
| A.4. ANÁLISIS QUÍMICO - AGREGADO VOLCÁNICO ROJO CERRO<br>ACUCHIMAY . . . . .            | 192        |
| <b>B. DISEÑO DE MEZCLA DEL CONCRETO LIVIANO</b>   | <b>194</b> |
| B.1. AGREGADO VOLCÁNICO ROJO CERRO ACUCHIMAY . . . . .                                  | 194        |
| B.2. AGREGADO VOLCÁNICO AZUL CERRO ACUCHIMAY - QUI-<br>CAPATA ALREDEDOR . . . . .       | 212        |
| <b>C. RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO LIVIANO</b> | <b>230</b> |
| C.1. AGREGADO VOLCÁNICO ROJO CERRO ACUCHIMAY . . . . .                                  | 230        |
| C.2. AGREGADO VOLCÁNICO AZUL CERRO ACUCHIMAY - QUI-<br>CAPATA ALREDEDOR . . . . .       | 235        |
| C.3. CERTIFICADOS DE CALIBRACIÓN DE LAS MÁQUINAS DE<br>ENSAYOS A COMPRESIÓN . . . . .   | 238        |
| C.3.1. LABORATORIO INGEOTECN . . . . .  | 238        |
| C.3.2. LABORATORIO E.F.P. ING. CIVIL - UNSCH . . . . .                                  | 241        |
| <b>D. CANTERA CACHI</b>   | <b>246</b> |
| D.1. INFORME DEL AGREGADO . . . . .   | 246        |
| D.2. ENSAYOS DE LOS AGREGADO . . . . .  | 253        |
| D.3. ENSAYOS DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN . . . . .                                   | 269        |
| <b>E. CUADROS USADOS EN EL DISEÑO DE MEZCLA</b>   | <b>272</b> |

|   |            |
|---|------------|
| <b>F. PANEL FOTOGRÁFICO</b>   | <b>280</b> |
| F.1. Obtención de los Agregados Livianos (Roca Pómez) . . . . .                             | 281        |
| F.2. Preparación de Especímenes Cilíndricos de Concreto . . . . .                           | 288        |
| F.3. Desencofrado y Curado de los Especímenes Cilíndricos de Concreto .                     | 292        |
| F.4. Ensayo de Resistencia a la Compresión . . . . .  | 294        |
| F.5. Roca Pómez de Quicapata (Azul) Realizados en los Laboratorios de<br>la UNSCH . . . . . | 297        |
| F.6. Mecánica de Rocas - Laboratorio UNSCH . . . . .  | 302        |

# Índice de cuadros

|  |    |
|--|----|
| 2.1. Rango de pesos volumétricos de tipo de concretos liviano . . . . .                          | 26 |
| 2.2. Relación de resistencia con pesos volumétricos en concretos livianos .                      | 27 |
| 2.3. Valores de $k$ para algunos concretos livianos . . . . .                                    | 38 |
| 2.4. Coeficientes de transmisibilidad térmica ( $U$ ) . . . . .                                  | 39 |
| 3.1. Granulometría del agregado fino para concreto liviano de agregado<br>liviano . . . . .      | 45 |
| 3.2. Requisitos del agregado fino para concretos livianos con agregado liviano                   | 46 |
| 3.3. Granulometría del agregado grueso para concreto liviano de agregado<br>liviano . . . . .    | 47 |
| 3.4. Requisitos del agregado grueso para concretos livianos con agregado<br>liviano . . . . .    | 48 |
| 3.5. Valores máximos de sales y sustancias contenidos en el agua . . . . .                       | 49 |
| 3.6. Resistencia a la compresión promedio . . . . .  | 54 |
| 4.1. Propiedades físicas del agregado volcánico tipo I usado en la investi-<br>gación . . . . .  | 63 |
| 4.2. Propiedades físicas del agregado volcánico tipo II usado en la inves-<br>tigación . . . . . | 63 |
| 4.3. Granulometría del Agregado Grueso de Roca Volcánica Tipo I . . . . .                        | 64 |
| 4.4. Granulometría del Agregado Grueso de Roca Volcánica Tipo II . . . . .                       | 66 |
| 4.5. Granulometría del Agregado fino de Roca Volcánica Tipo I . . . . .                          | 68 |
| 4.6. Granulometría del Agregado fino de Roca Volcánica Tipo II . . . . .                         | 69 |

## ÍNDICE DE CUADROS

|   |    |
|---|----|
| 4.7. Datos granulométricos de los agregados volcánicos tipo I . . . . .                               | 72 |
| 4.8. Distribución granulométrica obtenida con el módulo de fineza . . . . .                           | 73 |
| 4.9. Resumen de relaciones granulométricas del agregado fino y grueso<br>volcánico tipo I . . . . .   | 74 |
| 4.10. Resumen de relaciones granulométricas del agregado fino y grueso<br>volcánico tipo II . . . . . | 76 |
| 4.11. Proporción del diseño de mezcla por m <sup>3</sup> de CL de materiales secos . .                | 78 |
| 4.12. Dosificación en peso seco . . . . .   | 78 |
| 4.13. Proporción del diseño de mezcla por m <sup>3</sup> de CL de materiales húmedos                  | 78 |
| 4.14. Dosificación en peso húmedo . . . . .   | 78 |
| 4.15. Proporción del diseño de mezcla por m <sup>3</sup> de CL de materiales secos . .                | 79 |
| 4.16. Dosificación en peso seco . . . . .   | 79 |
| 4.17. Proporción del diseño de mezcla por m <sup>3</sup> de CL de materiales húmedos                  | 79 |
| 4.18. Dosificación en peso húmedo . . . . .   | 79 |
| 4.19. Proporción del diseño de mezcla por m <sup>3</sup> de CL de materiales secos . .                | 80 |
| 4.20. Dosificación en peso seco . . . . .   | 80 |
| 4.21. Proporción del diseño de mezcla por m <sup>3</sup> de CL de materiales húmedos                  | 80 |
| 4.22. Dosificación en peso húmedos . . . . .  | 80 |
| 4.23. Proporción del diseño de mezcla por m <sup>3</sup> de CL de materiales secos . .                | 81 |
| 4.24. Dosificación en peso seco . . . . .   | 81 |
| 4.25. Proporción del diseño de mezcla por m <sup>3</sup> de CL de materiales húmedos                  | 81 |
| 4.26. Dosificación en peso húmedo . . . . .   | 81 |
| 4.27. Proporción del diseño de mezcla por m <sup>3</sup> de CL de materiales secos . .                | 82 |
| 4.28. Dosificación en peso seco . . . . .   | 82 |
| 4.29. Proporción del diseño de mezcla por m <sup>3</sup> de CL de materiales húmedos                  | 82 |
| 4.30. Dosificación en peso húmedo . . . . .   | 82 |
| 4.31. Proporción del diseño de mezcla por m <sup>3</sup> de CL de materiales secos . .                | 83 |
| 4.32. Dosificación en peso seco . . . . .   | 83 |
| 4.33. Proporción del diseño de mezcla por m <sup>3</sup> de CL de materiales húmedos                  | 83 |

|  |    |
|--|----|
| 4.34. Dosificación en peso húmedo . . . . .  | 83 |
| 4.35. Proporción del diseño de mezcla por m3 de CL de materiales secos . .                                       | 84 |
| 4.36. Dosificación en peso seco . . . . .  | 84 |
| 4.37. Proporción del diseño de mezcla por m3 de CL de materiales húmedos   | 84 |
| 4.38. Dosificación en peso húmedo . . . . .  | 84 |
| 4.39. Proporción del diseño de mezcla por m3 de CL de materiales secos . .                                       | 85 |
| 4.40. Dosificación en peso seco . . . . .  | 85 |
| 4.41. Proporción del diseño de mezcla por m3 de CL de materiales húmedos   | 85 |
| 4.42. Dosificación en peso húmedo . . . . .  | 85 |
| 4.43. Porcentaje de agregados gruesos y finos . . . . .  | 86 |
| 4.44. Volúmenes de agregados gruesos y finos . . . . .   | 86 |
| 4.45. Porcentaje de agregados gruesos y finos . . . . .  | 86 |
| 4.46. Volúmenes de agregados gruesos y finos . . . . .   | 87 |
| 4.47. Resumen de materiales húmedos para un volumen de 0.015 m3 de<br>concreto Método Agregado Global . . . . .  | 88 |
| 4.48. Agua efectiva vs Slump (Método Agregado Global) . . . . .  | 88 |
| 4.49. Agua efectiva vs Slump (Método Agregado Global) . . . . .  | 89 |
| 4.50. Reajuste de materiales húmedos para un volumen de 0.015 m3 de<br>concreto Método Agregado Global . . . . . | 90 |
| 4.51. Resumen de materiales húmedos para un volumen de 0.015 m3 de<br>concreto Método Módulo de Fineza . . . . . | 90 |
| 4.52. Agua efectiva vs Slump (Método Módulo de Fineza) . . . . .   | 91 |
| 4.53. Agua efectiva vs Slump (Método Módulo de Fineza) . . . . .   | 91 |
| 4.54. Agua efectiva vs Slump (Método Módulo de Fineza) . . . . .   | 91 |
| 4.55. Reajuste de materiales húmedos para un volumen de 0.015 m3 de<br>concreto Método Agregado Global . . . . . | 92 |
| 4.56. Resumen de materiales húmedos para un volumen de 0.015 m3 de<br>concreto Método ACI 211.1 . . . . .        | 92 |

|  |     |
|--|-----|
| 4.57. Reajuste de materiales húmedos para un volumen de 0.015 m <sup>3</sup> de<br>concreto Método ACI 211.1 . . . . .                     | 93  |
| 4.58. Resumen de materiales húmedos para un volumen de 0.015 m <sup>3</sup> de<br>concreto Método Módulo de Fineza . . . . .               | 93  |
| 4.59. Reajuste de materiales húmedos para un volumen de 0.015 m <sup>3</sup> de<br>concreto Método Módulo de Fineza . . . . .              | 94  |
| 4.60. Peso unitario del concreto liviano en estado fresco . . . . .  | 94  |
| 4.61. Peso unitario del concreto liviano en estado fresco . . . . .  | 95  |
| 5.1. Descripción Macroscópica Roca Volcánico Tipo I (Rojo) . . . . .   | 102 |
| 5.2. Descripción Macroscópica Roca Volcánico Tipo II . . . . .   | 103 |
| 5.3. Resumen de las Propiedades físicas del agregado volcánico tipo I (Acu-<br>chimay - Rojo) usado en la investigación . . . . .          | 105 |
| 5.4. Resumen de las Propiedades físicas del agregado volcánico tipo I (Acu-<br>chimay - Rojo) usado en la investigación . . . . .          | 106 |
| 5.5. Resumen de las Propiedades físicas del agregado volcánico tipo II<br>(Acuchimay Quicapata - Azul) usado en la investigación . . . . . | 106 |
| 5.6. Resumen de las Propiedades físicas del agregado volcánico tipo II<br>(Acuchimay Quicapata - Azul) usado en la investigación . . . . . | 107 |
| 5.7. Propiedades mecánicas realizados al agregado volcánico fino tipo I . .  | 109 |
| 5.8. Propiedades mecánicas realizados al agregado volcánico grueso tipo I  | 109 |
| 5.9. Propiedades mecánicas realizados al agregado volcánico fino tipo II .   | 110 |
| 5.10. Propiedades mecánicas realizados al agregado volcánico grueso tipo II  | 110 |
| 5.11. Análisis Químico realizados a los agregados volcánicos tipo I . . . . .  | 114 |
| 5.12. Resumen de Ensayos realizados al agregado volcánico fino liviano tipo I  | 115 |
| 5.13. Resumen de Ensayos realizados al agregado volcánico grueso liviano<br>tipo I . . . . .   | 116 |
| 5.14. Resumen de Ensayos realizados al agregado volcánico fino liviano tipo II   | 117 |



|  |     |
|--|-----|
| 5.15. Resumen de Ensayos realizados al agregado volcánico grueso liviano tipo II . . . . .   | 118 |
| 5.16. Dosificación reajustado de cemento por m3 de concreto liviano Método Módulo de Fineza . . . . .                                      | 119 |
| 5.17. Proporción del diseño de mezcla reajustado por m3 de concreto liviano de materiales secos por el Método Módulo de Fineza . . . . .   | 120 |
| 5.18. Proporción del diseño de mezcla reajustado por m3 de concreto liviano de materiales húmedos por el Método Módulo de Fineza . . . . . | 120 |
| 5.19. Dosificación reajustado de cemento por m3 de concreto liviano Método Agregado Global . . . . .                                       | 120 |
| 5.20. Proporción del diseño de mezcla reajustado por m3 de concreto liviano de materiales secos por el Método Módulo de Fineza . . . . .   | 121 |
| 5.21. Proporción del diseño de mezcla reajustado por m3 de concreto liviano de materiales húmedos por el Método Módulo de Fineza . . . . . | 121 |
| 5.22. Dosificación reajustado de cemento por m3 de concreto liviano Método Módulo de Fineza . . . . .                                      | 121 |
| 5.23. Proporción del diseño de mezcla reajustado por m3 de concreto liviano de materiales secos por el Método Módulo de Fineza . . . . .   | 122 |
| 5.24. Proporción del diseño de mezcla reajustado por m3 de concreto liviano de materiales húmedos por el Método Módulo de Fineza . . . . . | 122 |
| 5.25. Dosificación reajustado de cemento por m3 de concreto liviano Método ACI 211.1 . . . . .   | 122 |
| 5.26. Proporción del diseño de mezcla reajustado por m3 de concreto liviano de materiales secos por el Método Módulo de Fineza . . . . .   | 123 |
| 5.27. Proporción del diseño de mezcla reajustado por m3 de concreto liviano de materiales húmedos por el Método Módulo de Fineza . . . . . | 123 |
| 5.28. Resultados del ensayo de resistencia a la compresión . . . . .   | 124 |
| 5.29. Relación a/c vs Resistencia . . . . .  | 125 |
| 5.30. Resistencia vs Relación a/c . . . . .  | 125 |

## ÍNDICE DE CUADROS

|   |     |
|---|-----|
| 5.31. Resultados del ensayo de resistencia a la compresión . . . . .  | 126 |
| 5.32. Resultados del ensayo de resistencia a la compresión . . . . .  | 127 |
| 6.1. Resumen de las Propiedades físicas de los agregados finos . . . . .  | 131 |
| 6.2. Resultados de ensayos realizados a los agregado finos . . . . .  | 131 |
| 6.3. Resumen de las Propiedades físicas de los agregados gruesos . . . . .  | 132 |
| 6.4. Resultados de ensayos realizados a los agregado gruesos . . . . .  | 132 |
| 6.5. Resistencias alcanzadas con el concreto liviano (Método Módulo Fi-<br>neza). . . . .   | 133 |
| 6.6. Resistencias alcanzadas con el concreto normal (Cantera Cachi). . .  | 133 |
| 6.7. Resumen de proporción del diseño de mezcla por tipo de concreto de<br>materiales secos. . . . .  | 134 |
| 6.8. Comparación de los pesos del concreto liviano con el normal. . . . .   | 134 |
| E.1. SELECCIÓN DEL ASENTAMIENTO . . . . .   | 273 |
| E.2. SELECCIÓN DE VOLUMEN UNITARIO DE AGUA . . . . .  | 273 |
| E.3. REQUISITOS APROXIMADOS DE AGUA Y CONTENIDO DE<br>AIRE DE MEZCLA PARA DIFERENTES ASENTAMIENTOS Y<br>TAMAÑOS MÁXIMOS NOMINALES DE AGREGADOS LIVIANOS | 274 |
| E.4. CONTENIDO DE AIRE ATRAPADO . . . . .   | 274 |
| E.5. CONTENIDO DE AIRE INCORPORADO TOTAL . . . . .  | 275 |
| E.6. RELACIÓN AGUA-CEMENTO POR RESISTENCIA . . . . .  | 275 |
| E.7. RESISTENCIA AGUA - CEMENTO POR DURABILIDAD EN CON-<br>DICIONES ESPECIALES DE EXPOSICIÓN . . . . .  | 276 |
| E.8. RESISTENCIA AGUA - CEMENTO POR RESISTENCIA EN CON-<br>CRETO LIVIANO . . . . .  | 276 |
| E.9. RESISTENCIA AGUA - CEMENTO POR DURABILIDAD EN CON-<br>DICIONES ESPECIALES DE EXPOSICIÓN . . . . .  | 277 |
| E.10. PESO DEL AGREGADO GRUESO POR UNIDAD DE VOLUMEN<br>DEL CONCRETO . . . . .  | 277 |

|  |     |
|--|-----|
| E.11. MODULO DE FINEZA . . . . .   | 278 |
| E.12. VOLUMEN DE AGREGADO GRUESO SECO Y COMPACTADO<br>POR UNIDAD DE VOLUMEN DE CONCRETO PARA DIFEREN-<br>TES MODULOS DE FINEZA DEL AGREGADO FINO . . . . . | 278 |
| E.13. PRIMERA ESTIMACIÓN DEL PESO DE CONCRETO LIVIANO<br>FRESCO COMPUESTO DE AGREGADO GRUESO LIVIANO Y<br>AGREGADO FINO DE PESO NORMAL . . . . .           | 279 |

# Índice de figuras

|   |    |
|---|----|
| 2.1. Concreto de agregado liviano - Clasificación. ( <i>Fuente:</i> Estudio de las propiedades físicas y mecánicas de los concretos ligeros, p.6)[1] . . . . .  | 11 |
| 2.2. Distintos tipos de concreto livianos. ( <i>Fuente:</i> Estudio de las propiedades físicas y mecánicas de los concretos ligeros, p.7)[1] . . . . .  | 12 |
| 2.3. Clasificación de Concretos Livianos. ( <i>Fuente:</i> Hormigones Livianos, p.2)[2] . . . . .   | 13 |
| 2.4. Relación entre la resistencia a la compresión y la resistencia a la tensión en concretos aireados. ( <i>Fuente:</i> Estudio de las propiedades físicas y mecánicas de los concretos ligeros, p.13)[1] . . . . .    | 28 |
| 2.5. Rango de variación en el contenido agua-cemento en concretos livianos. ( <i>Fuente:</i> Estudio de las propiedades físicas y mecánicas de los concretos ligeros, p.15)[1] . . . . .                                | 30 |
| 2.6. Relación entre módulo de elasticidad y peso volumétrico seco en concretos livianos celulares. ( <i>Fuente:</i> Estudio de las propiedades físicas y mecánicas de los concretos ligeros, p.17)[1] . . . . .         | 31 |
| 2.7. Relación entre módulo de elasticidad y la resistencia a la compresión en concretos ligeros celulares. ( <i>Fuente:</i> Estudio de las propiedades físicas y mecánicas de los concretos ligeros, p.17)[1] . . . . . | 32 |
| 2.8. Relación entre módulo de elasticidad y la resistencia a la compresión en concretos ligeros celulares. ( <i>Fuente:</i> Estudio de las propiedades físicas y mecánicas de los concretos ligeros, p.17)[1] . . . . . | 33 |

|   |     |
|---|-----|
| 3.1. Estados de humedad en agregado. ( <i>Fuente:</i> Standard Practice for Selecting Proportions for Structural Lightweight Concrete (ACI 211.2-98), p.2)[3] . . . . . | 52  |
| 4.1. Curva Granulométrica del Agregado Grueso de Roca Volcánica Tipo I (ASTM C330) . . . . .  | 65  |
| 4.2. Curva Granulométrica del Agregado Grueso de Roca Volcánica Tipo I (ASTM C33) . . . . .   | 65  |
| 4.3. Curva Granulométrica del Agregado Grueso de Roca Volcánica Tipo II (ASTM C330) . . . . .   | 66  |
| 4.4. Curva Granulométrica del Agregado Grueso de Roca Volcánica Tipo II (ASTM C33) . . . . .  | 67  |
| 4.5. Curva Granulométrica del Agregado Fino de Roca Volcánica Tipo I (ASTM C330) . . . . .  | 68  |
| 4.6. Curva Granulométrica del Agregado Fino de Roca Volcánica Tipo I (ASTM C33) . . . . .   | 69  |
| 4.7. Curva Granulométrica del Agregado Fino de Roca Volcánica Tipo II (ASTM C330) . . . . .   | 70  |
| 4.8. Curva Granulométrica del Agregado Fino de Roca Volcánica Tipo II (ASTM C33) . . . . .  | 70  |
| 4.9. Curvas granulométricas de relaciones agregado fino y grueso . . . . .  | 74  |
| 4.10. Curvas granulométricas de relaciones agregado fino y grueso . . . . .   | 75  |
| 4.11. Agua vs Slump . . . . .   | 89  |
| 4.12. Peso Unitario del Concreto Liviano . . . . .  | 95  |
| 4.13. Peso Unitario del Concreto Liviano . . . . .  | 95  |
| 5.1. Imagen satelital de la ubicación de la cantera . . . . .   | 97  |
| 5.2. Cantera cerro Acuchimay . . . . .  | 101 |
| 5.3. Cantera cerro Acuchimay - Quicapata . . . . .  | 101 |

|   |     |
|---|-----|
| 5.4. Muestra extraída de la cantera Acuchimay (Agregado volcánico Tipo I - Rojo) para los ensayos de mecánica de rocas . . . . .              | 103 |
| 5.5. Muestra extraída de la cantera Acuchimay - Quicapata (Agregado volcánico Tipo II - Azul) para los ensayos de mecánica de rocas . . . . . | 104 |
| 5.6. Curva Resistencia vs Tiempo (Método Módulo Fineza) . . . . .   | 124 |
| 5.7. Curva Resistencia vs Tiempo (Método Módulo Fineza) . . . . .   | 125 |
| 5.8. Curva Resistencia vs Tiempo (Método Módulo Fineza) . . . . .   | 126 |
| 5.9. Curva Resistencia vs Tiempo (Método Agregado Global) . . . . .   | 127 |
| 6.1. Curva de la distribución granulométrica de los agregados de acuerdo ASTM C330. . . . .   | 129 |
| 6.2. Curva de la distribución granulométrica de los agregados de acuerdo ASTM C33. . . . .  | 130 |
| 6.3. Curva de la distribución granulométrica de los agregados de acuerdo ASTM C33. . . . .  | 130 |
| F.1. Extracción del agregado del cerro Acuchimay (Rojo) . . . . .   | 281 |
| F.2. Extracción del agregado del cerro Acuchimay (Azul) . . . . .   | 281 |
| F.3. Extracción del agregado del cerro Acuchimay - Quicapata (Azul) . . . . .   | 282 |
| F.4. Extracción del agregado del cerro Acuchimay - Quicapata (Azul) . . . . .   | 282 |
| F.5. Muestra de las rocas extraídas del cerro Acuchimay (Rojo) . . . . .  | 283 |
| F.6. Muestra de las rocas extraídas del cerro Acuchimay (Azul) . . . . .  | 283 |
| F.7. Material llevado a la chancadora ubicado en Compañía de la empresa CHV Ingenieros . . . . .  | 284 |
| F.8. Roca transportado a la parte superior de la chancadora . . . . .   | 284 |
| F.9. Roca transportado a la parte superior de la chancadora . . . . .   | 285 |
| F.10. Material obtenido después de la trituración mecánica . . . . .  | 285 |
| F.11. Agregado grueso obtenido de la trituración mecánica . . . . .   | 286 |
| F.12. De la misma trituración se obtiene el agregado fino de la roca volcánica del cerro Acuchimay (Rojo) . . . . .                           | 286 |

## ÍNDICE DE FIGURAS

|  |     |
|--|-----|
| F.13. Agregado fino obtenido después de la trituración mecánica . . . . .  | 287 |
| F.14. Proporción de agregados, contenido de cemento y agua . . . . .   | 287 |
| F.15. Peso de agregados, contenido de cemento y agua de acuerdo a lo obtenido  | 288 |
| F.16. Agregados del cerro Acuchimay y agua en plena mezcla en el trompo  | 288 |
| F.17. Mezcla del concreto liviano en el trompo . . . . .   | 289 |
| F.18. Vaciado de la muestra en la carretilla . . . . .   | 289 |
| F.19. Realizando el ensayo del slump . . . . .   | 290 |
| F.20. Primera mezcla de prueba para un asentamiento de 3" a 4" (consistencia plástica) obteniendo un asentamiento de 2" (consistencia seca), necesita reajuste . . . . . | 290 |
| F.21. Mezcla de prueba reajustada obteniendo la consistencia plástica (4") deseada . . . . .   | 291 |
| F.22. Ensayo de la densidad del concreto fresco . . . . .  | 291 |
| F.23. Una vez obtenido la mezcla reajustada se obtiene las probetas 2 (6"x12") y 1 (4"x8") . . . . .   | 292 |
| F.24. Finalizado la elaboración de especímenes se cubre con bolsas plásticas para evitar la pérdida de humedad . . . . .   | 292 |
| F.25. Después de desencofrar los especímenes de CL es curado en tanques de almacenamiento de agua . . . . .  | 293 |
| F.26. Se toma medida del diámetro, altura y peso de las probetas para el ensayo de resistencia a la compresión . . . . .   | 293 |
| F.27. Resistencia a la compresión de concreto liviano, fractura en la parte inferior y descascaramiento del espécimen . . . . .  | 294 |
| F.28. Lectura de la resistencia de la probeta diseñada por el método módulo de fineza $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ . . . . .  | 294 |
| F.29. Resistencia a la compresión del concreto liviano, fractura en la parte superior del espécimen . . . . .  | 295 |
| F.30. Lectura de la resistencia de la probeta diseñada por el método módulo de fineza $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$ . . . . .  | 295 |

## ÍNDICE DE FIGURAS

|   |     |
|---|-----|
| F.31. Resistencia a la compresión del concreto liviano, fractura en la parte superior del espécimen . . . . .                                 | 296 |
| F.32. Resistencia a la compresión del concreto liviano, fractura en la parte superior del espécimen . . . . .                                 | 296 |
| F.33. Se observa la distribución de los componentes de mezcla CL en un espécimen, sometido al ensayo de resistencia a la compresión . . . . . | 297 |
| F.34. Proporción para el diseño de mezcla para el CL . . . . .  | 297 |
| F.35. Realizando la mezcla . . . . .  | 298 |
| F.36. Se puede visualizar que la mezcla presenta una buena trabajabilidad .   | 298 |
| F.37. Ensayo a Slump, 4" consistencia plástica . . . . .  | 299 |
| F.38. Probetas desencofradas y listas para poner al curado . . . . .  | 299 |
| F.39. Resistencia a la compresión del concreto liviano, fractura total del espécimen . . . . .  | 300 |
| F.40. Lectura de la resistencia de la probeta diseñada por el método ACI $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ . . . . .                                | 300 |
| F.41. Resistencia a la compresión del concreto liviano, fractura total del espécimen . . . . .  | 301 |
| F.42. Lectura de la resistencia de la probeta diseñada por el método Módulo de Fineza $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ . . . . .                   | 301 |
| F.43. Ensayo a carga puntual . . . . .  | 302 |
| F.44. Ensayo de carga puntual de la roca pómez del cerro Acuchimay (Rojo)   | 302 |
| F.45. Igualmente se realiza a la roca pómez del cerro Acuchimay - Quicapata (Azul) . . . . .  | 303 |
| F.46. Extracción de la probeta de la roca pómez del cerro Acuchimay (Rojo) para el ensayo de resistencia a la compresión simple . . . . .     | 303 |
| F.47. Probeta de la roca pómez extraída . . . . .   | 304 |
| F.48. Ensayo de la resistencia a la compresión simple . . . . .   | 304 |
| F.49. Toma de medida del equipo a la compresión . . . . .   | 305 |



*ÍNDICE DE FIGURAS*

F.50. Resistencia a la compresión del concreto liviano, fractura total del  
especimen . . . . . 305

# Capítulo 1

## Introducción

### 1.1. Antecedentes

La Ingeniería Civil una disciplina que tiene como finalidad aplicar conocimientos tecnológicos al desarrollo, utilización o perfeccionamiento de técnicas constructivas en beneficio de la comunidad, se hace necesario que el ingeniero se mantenga al tanto de los últimos avances en dichas técnicas, a fin de lograr aplicar nuevas ideas, nuevos procesos, nuevos materiales al propio desarrollo profesional.

La rama de la construcción, como uno de los pilares de la Ingeniería Civil, se apoya en el campo de los materiales de construcción. Estos elementos se encargan de dar forma mediante la aplicación de una tecnología, a todo tipo de construcciones ya sean rudimentarios o perfeccionadas, en cuya realización interviene en mayor o menor grado el ingeniero civil.

Para que dichas realizaciones logren los objetivos básicos que se pretenden, resistencia, seguridad, funcionalidad, economía, estética, etc., el ingeniero se ve precisado a conocer y utilizar los materiales más adecuados a la obra de que se trate y para ello debe conocer suficientemente las características y propiedades de dichos materiales, incluyéndose en estos los nuevos elementos de construcción que por sus características especiales o por la profusión de su uso han adquirido suma importancia en este campo.

Dentro del campo específico del concreto, los concretos de baja densidad han extendido su uso a partir de la segunda guerra mundial, sobre todo en Europa y Estados Unidos. Este tipo especial de material, llamado comúnmente concreto liviano, empleado ya sea en forma simple o con carácter estructural, presenta una serie de ventajas, por ejemplo su reducido peso, su baja conductividad, su facilidad de manejo, etc., que han sido causa directa de su enorme desarrollo y utilización.

Con objeto de aprovechar al máximo las propiedades específicas de este concreto y a fin de hacer su uso más racional, algunos investigadores han realizado estudios tendientes a conocer mejor sus características y establecer normas para facilitar y hacer más práctico su empleo.

Es menester que el ingeniero civil conozca dichos estudios para que esté en posibilidad de emplear estos materiales cuando las condiciones lo amerite. Por ello, la finalidad de la presente Tesis es presentar una alternativa nueva en nuestra región al concreto normal<sup>1</sup> que normalmente se utiliza en las construcciones en nuestra ciudad.

Se designa convencionalmente como concretos livianos a aquellos que producen una densidad que fluctúa entre  $300 \text{ kg/m}^3$  y  $1900 \text{ kg/m}^3$ , ya que los normales presenta una densidad normal de  $2400 \text{ kg/m}^3$ .

Para la construcción del concreto liviano básicamente se da por la inclusión de aire en su estructura, por lo cual podemos clasificar al concreto por su tipo de producción en tres maneras:

1. Concreto de agregado liviano.
2. Concreto airado, celular, espumoso o gaseoso.
3. Concreto sin finos.

En la presente investigación, se realizará los ensayos de laboratorio para el **concreto liviano de agregado de roca volcánica del cerro Acuchimay** y se hará

---

<sup>1</sup>Se denomina concreto normal porque tiene una amplia utilización en obras de concreto más comunes y usualmente esta compuesto por cemento (generalmente Portland), áridos (grueso y delgado) y una proporción adecuada de agua.

una comparación con concreto de agregado normal (cantera Cachi) y su relación con las propiedades físicas, mecánicas, ya que por el área local de Ayacucho, abundan los agregados de origen volcánico como la piedra pómez, la toba, los esquistos, las diatomitas, las arcillas, las pizarras y otros, que son agregados livianos de bajo peso específico. Se realizará el diseño de mezclas para el concreto liviano y comprobar su resistencia mecánica con agregados de la localidad y fomentar su uso en las edificaciones locales.

## 1.2. Planteamiento del problema

### 1.2.1. Problema Principal

- ¿De qué forma el empleo de agregado liviano (roca volcánica del cerro Acuchimay) se puede utilizar como agregado para la elaboración de concreto liviano en nuestra ciudad de Ayacucho?.

### 1.2.2. Problemas Secundarios

- ¿Qué diferencias en las propiedades físicas y mecánicas entre el agregado liviano de roca volcánica del cerro de Acuchimay con el agregado normal (cantera de Cachi)?.
- ¿Qué niveles de resistencias mecánicas se llega a alcanzar con el concreto liviano?.
- ¿Calcular el diseño óptimo para el concreto liviano?.

## 1.3. Justificación e Importancia

El concreto es en la actualidad el material más usado en la industria de la construcción sin embargo la alta densidad o peso volumétrico de los concretos convencionales alrededor de  $2400\text{kg}/\text{m}^3$  ha sido un inconveniente donde la carga muerta es un factor muy importante. Es muy pesado para ser práctico, sobre todo en la construcción de

losas de entre piso y azoteas, ya que estas están diseñadas para soportar las cargas vivas (personas y mobiliario), dichas cargas se transmiten a las vigas y viguetas, estas a las columnas y finalmente a la cimentación y al terreno. Lo anterior redundando en construcciones pesadas, vigas de gran peralte, columnas robustas y cimentaciones amplias o complejas. Todo esto debido al excesivo peso muerto de las losas de concreto normal, lo cual se traduce en un elevado costo de obra.

En la ciudad de Ayacucho la construcción tradicional, permite obtener concreto normal de buen comportamiento, la alternativa propuesta es un nuevo agregado en nuestra ciudad para obtener concreto. Las ventajas y beneficios que presenta este tipo de concreto son:

- Permite disminuir el peso en estructuras y cargas a la cimentación.
- Por sus características termo-acústicas, ofrece un ahorro significativo en el consumo de energía eléctrica, en particular en sitios con clima extremo.
- No requiere compactación; su colocación y acabado son más económicos.
- Fraguado uniforme y controlado.
- Baja densidad.
- Buena aislación acústica.
- Mayor resistencia al fuego que el concreto normal.
- Excelente trabajabilidad.

#### 1.4. Objetivos de la Tesis

Los objetivos que guían el desarrollo de esta investigación son:

### 1.4.1. Objetivos Generales

- Determinar la incidencia de la adición de agregado liviano (roca volcánica del cerro de Acuchimay) en las características físicas y mecánicas del concreto liviano con el concreto normal.

### 1.4.2. Objetivos Específicos

- Establecer las diferencias en las propiedades físicas y mecánicas entre el agregado liviano de roca volcánica del cerro de Acuchimay con el agregado normal (cantera de Cachi).
- Determinar los niveles de resistencias mecánicas que se llega a alcanzar con el concreto liviano.
- Analizar el diseño óptimo para el concreto liviano.

## 1.5. Organización del Estudio

El presente trabajo esta organizado de tal forma que primero se haga un recuento de los conocimientos de los concreto, luego se explica a detalle los aspectos relacionados al concreto liviano, para proceder con los ensayos que permitan cumplir los objetivos planteados para la presente tesis. A continuación se detalla la estructura que seguirá el desarrollo de la presente investigación:

- El **Capítulo 1**, describe todo lo concerniente a la parte introductoria de la presente investigación. Se hace un análisis de lo que se quiere investigar, su evolución con el transcurrir de los años y se formula el problema, se describe el sustento que justifique la importancia de la investigación y se delimita los objetivos que persigue la presente investigación.
- En el **Capítulo 2**, se hace una mirada al estado del arte del concreto liviano, los tipos o clasificación de agregados livianos, los factores a tener en cuenta

para el diseño, especialmente para concreto hidráulico y finalmente se presenta un enfoque para el diseño. Los conceptos descritos en este capítulo están en concordancia con la normativa peruana.

- **Capítulo 3**, en esta parte se describe ampliamente los conceptos relacionados al concreto liviano (CL), descripción de las características que deben poseer los materiales que componen la mezcla de CL, los conceptos para el diseño de mezcla, las propiedades que presenta el concreto liviano, la filosofía de diseño y los procedimientos del proceso constructivo.
- En el **Capítulo 4**, se explica los ensayos de laboratorio seguidas a los agregados para el diseño de mezcla del concreto liviano, primero se procede con el análisis granulométrico de los agregados para estimar la relación que cumpla con los límites establecidos, variando contenidos de cemento por distintos métodos en el diseño de mezcla y siguiendo el procedimiento, se elabora los especímenes cilíndricos de concreto para su evaluación a la resistencia de compresión que ofrecen.
- En el **Capítulo 5**, se hace el análisis de todos los resultados obtenidos en el estudio.
- En el **Capítulo 6**, se compara frente al concreto normal (Cantera Cachi) los resultados obtenidos, se analiza las propiedades físicas, mecánicas, entre otros, a nivel de agregado y luego de concreto.
- El **Capítulo 7**, abarca las conclusiones que se obtuvieron durante la realización de la presente tesis y las recomendaciones según las experiencias adquiridas, además se menciona algunos temas afines de investigación.
- En la **Bibliografía**, se presenta el material e información utilizada en el presente estudio (libros, tesis, revistas, apuntes).
- En el **Apéndice A**, se adjunta los resultados de los ensayos de laboratorio de

los agregados volcánicos para el diseño de mezcla de concreto liviano realizados en laboratorio.

- En el **Apéndice B**, se adjunta los cálculos de diseño de mezcla por los 4 métodos utilizados en esta investigación.
- En el **Apéndice C**, se muestra el resultado de los ensayos de resistencia a la compresión del concreto liviano con los diferentes métodos y resistencias.
- En el **Apéndice D**, se adjunta los ensayos de los agregados de la Cantera Cachi, este estudio servirá de comparación con el concreto liviano.
- En el **Apéndice E**, se adjunta un resumen de cuadros usados en el diseño de mezcla para el concreto liviano.
- En el **Apéndice F**, se adjunta la galería fotográfica de los ensayos realizados para el diseño de mezcla concreto liviano.



## Capítulo 2

# Estado del Arte de los Concretos

## Livianos

El concreto liviano, como los concretos normales, es un material artificial compuesto de agregado inorgánicos, cemento y agua. A diferencia de los concretos normales, este material es de peso reducido y por lo general de baja resistencia; sin embargo, ha encontrado amplia aplicación en muchos tipos de estructuras, como casas, apartamentos, escuelas, edificios de oficinas, etc., donde no se requiere un concreto de alta resistencia. Su uso se ha difundido extensamente en la industria de la construcción de numerosos países, en virtud de los beneficios que son factibles de obtenerse con sus aplicaciones.

Con el crecimiento de la industria de la construcción después de la segunda guerra mundial, hubo necesidad de incrementar el campo de los materiales de construcción y lograr paralelamente un aumento en la eficiencia del trabajo. De esta manera, materiales de desechos industriales, escorias de altos hornos, cenizas volcánicas, minerales exfoliados, perlita, vermiculita, pómez, etc., que anteriormente no eran usados como materiales de construcción, adquirieron importancia con el desarrollo del concreto liviano. Así mismo, la mecanización de la industria de la construcción en base a la utilización de nuevas técnicas, como es el uso de mayores y más manejables unidades de construcción elaboradas a base de concretos livianos, proporciono un notable

incremento en la eficiencia.

Entre los beneficios principales que se derivan de las propiedades del concreto liviano pueden mencionarse el alto poder aislante, termo acústico que posee, la factibilidad de manejo como resultado de su peso reducido, la simplificación en la cimentación de estructuras cuya carga muerta total se disminuye, etc., a estas y otras muchas ventajas debe agregarse la consecuente reducción en el costo de las obras como resultados directo de su aplicación.[1]

A raíz de su uso intensivo, se han desarrollado multitud de investigación que ha hecho posible la utilización de concretos livianos estructurales y pre esforzados, en acción compuesta con concretos normales, diversificando en consecuencia el empleo de este material.

Para mostrar objetivamente la importancia de los concretos livianos, cabe mencionar que mediante su uso fue posible el aumento de cuatro pisos a un edificio ya construido sin necesidad de modificar su cimentación. En la misma forma, después del colapso sufrido al Puente Tacoma, Estados Unidos, este fue substituido por otra estructura con más carriles de tráfico, sin necesidad de reemplazar las pilas originales[1].

## 2.1. Desarrollo Histórico

Aun cuando el concreto liviano se ha familiarizado en últimas fechas, su uso data de épocas antiguas. Es conocido al hecho de que los romanos utilizaron agregados pómez para la construcción de la cúpula del Panteón de Roma en el año 200 d.c.[4] En un principio, el concreto liviano estuvo restringido al empleo de piedras volcánicas porosas cementadas con calizas. Posteriormente se desarrollaron procesos para lograr materiales porosas mediante la adición de aire o agentes espumosos y el mismo tiempo, se inició la producción de agregados artificiales expandidos. Actualmente, es común el uso de cenizas y desechos industriales procesados, como agregados para concretos livianos.

Las investigaciones en el campo de los concreto livianos se iniciaron alrededor de

1900 con concretos aireados o celulares elaborados a base de procesados químicos. Sin embargo, la gran mayoría de los resultados iniciales fueron negativos. En 1924, Erikson obtuvo un concreto celular a base de silica y cal que combinados con arcillas bituminosas dieron lugar al concreto liviano conocido como Ytong. En 1934 se patentó en Suiza el concreto Siporex, elaborado mediante un proceso de curado a vapor ideado por Eklund. En la Unión Soviética se empezó a usar concreto liviano espumoso en forma de unidades reforzadas durante 1938, con métodos introducidas por Kudriashoff. En Hungría se utilizaron durante 1907 las escorias de altos hornos como base para formar estructuras livianas. En Alemania, Dinamarca, Gran Bretaña, Estados Unidos y Rusia, durante el periodo 1910 a 1940, se desarrollaron técnicas para elaboración de concretos livianos celulares, airados o a base de agregados expandidos o procesados, lográndose variados tipos de concretos livianos con resultados favorables.

Después de la segunda guerra mundial, la aplicación de estos materiales alcanzo un desarrollo considerable, utilizándose inclusive para la construcción de barcos. Así mismo, se desarrollaron técnicas para la utilización de cenizas de desechos de calderas para la elaboración de agregados livianos; últimamente han adquirido gran importancia los procesos industriales para la expansión de minerales como perlita y vermiculita, que una vez procesados se utilizaron como agregados livianos.

Conforme se extendía el uso de los concretos livianos en la construcción, se solicitaba por parte de los constructores mejores materiales, en virtud de lo cual fue necesario afinar y desarrollar aún más la tecnología de elaboración de estos concretos, a grado tal que hoy en día pueden lograrse concretos de baja densidad y altas resistencias, como los fabricados a base de arcillas y pizarras expandidas, capaces de desarrollar resistencias de 280 a 500  $kg/cm^2$ , con pesos unitarios entre 1400 y 2000  $kg/m^3$ . [1]

## 2.2. Clasificación de los Concretos Livianos

Las clasificaciones comunes de los concretos livianos se hacen en función de sus propiedades sobresalientes, de sus pesos volumétricos, de los materiales que los integran o de los métodos empleados en su fabricación.

De acuerdo con sus propiedades y pesos volumétricos podemos señalar la siguiente clasificación[1], que refleja la importancia que se concede en algunos países al aislamiento térmico:

1. Concretos livianos de resistencia reducida y propiedades excepcionalmente buenas de aislamiento térmico: densidad entre 280 a 800  $kg/m^3$ .
2. Concretos livianos de resistencia media y características adecuadas de aislamiento térmico: densidad entre 800 a 1400  $kg/m^3$ .
3. Concretos livianos de resistencia estructural y limitadas características de aislamiento térmico: densidad entre 1400 a 2100  $kg/m^3$ .

En la figura 2.1 se muestra, de acuerdo con esta clasificación, el rango de aplicación de los concretos en base a su grado de resistencia, peso volumétrico y de acuerdo con los distintos agregados que intervienen en su fabricación.[2]

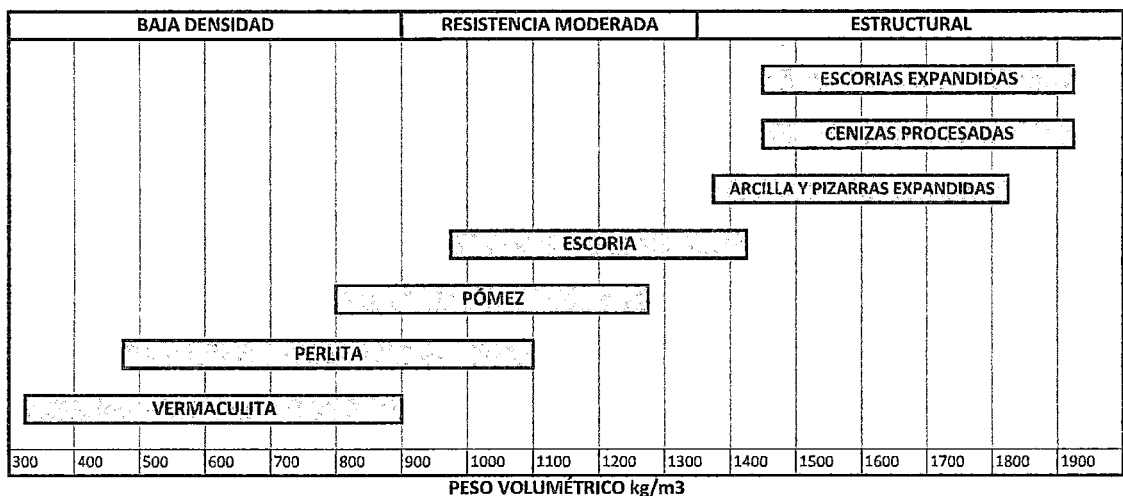


Figura 2.1: Concreto de agregado liviano - Clasificación. (Fuente: Estudio de las propiedades físicas y mecánicas de los concretos ligeros, p.6)[1]

De acuerdo con los materiales que los integran y los métodos de fabricación, los concretos ligeros pueden clasificarse en la siguiente figura 2.2

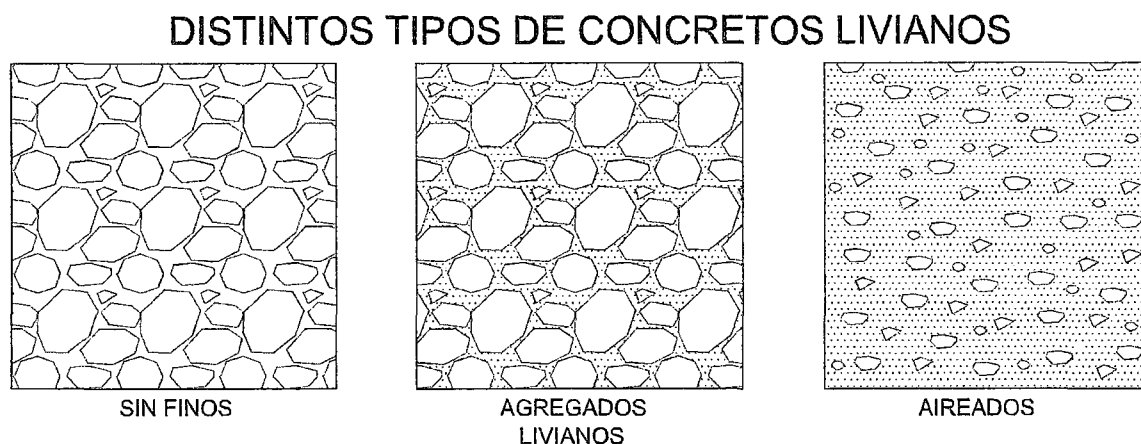


Figura 2.2: Distintos tipos de concreto livianos. (*Fuente:* Estudio de las propiedades físicas y mecánicas de los concretos ligeros, p.7)[1]

1. Concretos sin finos, cuya ligereza se obtiene suprimiendo el agregado fino, produciéndose con ello numerosos vacíos entre las partículas del agregado grueso.
2. Concretos de agregados livianos, obtenidos mediante la utilización de agregados naturales o artificiales de muy bajo peso específico.
3. Concretos celulares, producidos por la formación de burbujas gaseosas dentro de la masa fluida por una lechada o de un mortero. También se conocen como concretos aireados, espumosos o gaseosos.

En base a esta última clasificación podemos representar esquemáticamente en la figura 2.3 siguiente los distintos tipos de concretos livianos usados:

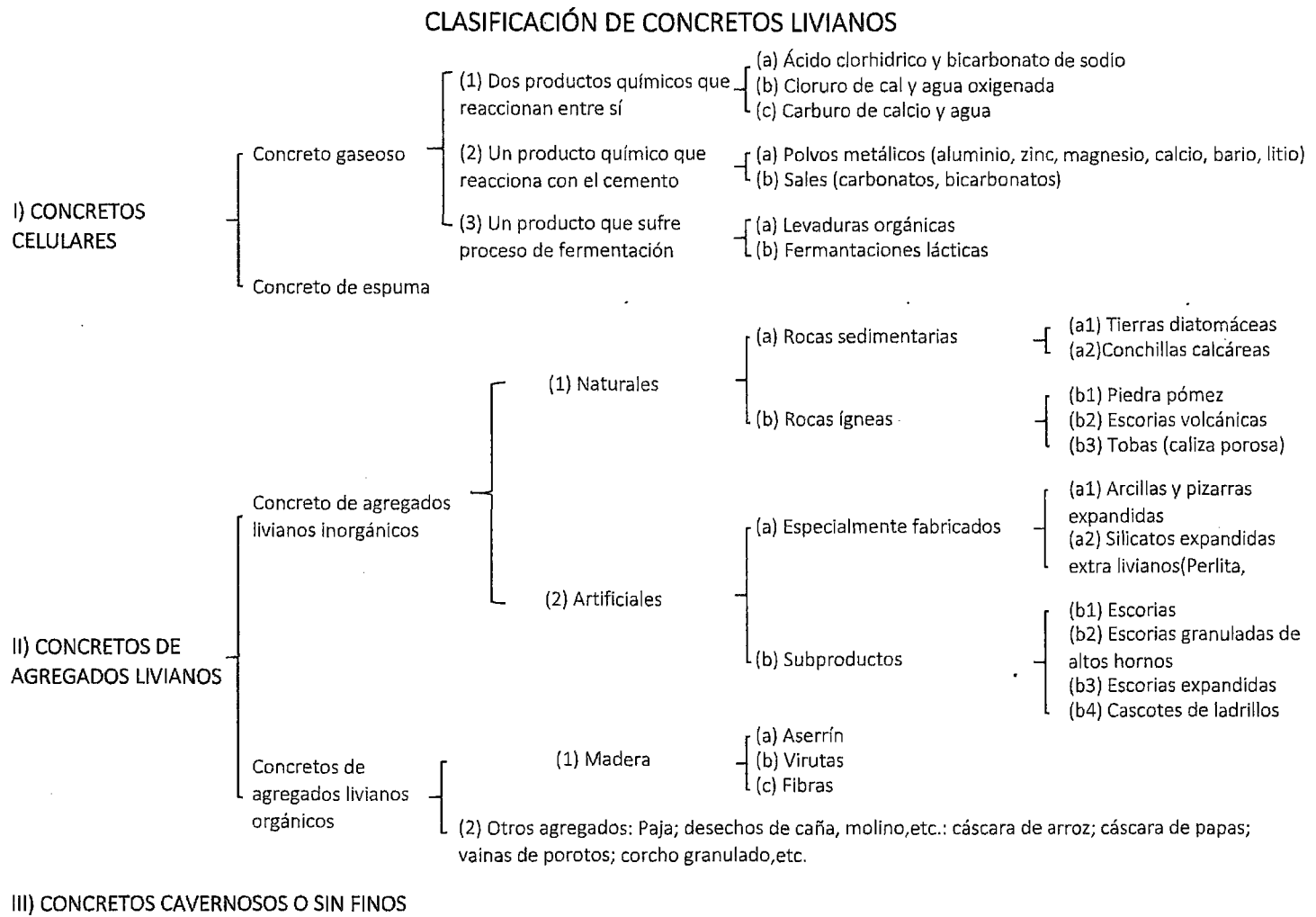


Figura 2.3: Clasificación de Concretos Livianos. (Fuente: Hormigones Livianos, p.2)[2]

Muchos autores consideran a los concretos sin finos dentro de la clasificación de los concretos de agregados livianos y que de hecho son los mismos agregados los que se utilizan para su fabricación, con la diferencia de que para lograr menos peso, se suprime el agregado fino.

### 2.2.1. Concreto Celular

Resultan del fraguado y endurecimiento de una mezcla formada por cemento Portland y agua con o sin agregados finos que ha sido sometida a un tratamiento mecánico, físico o químico previo, destinado a crear una gran cantidad de alvéolos<sup>1</sup> y todas de dimensiones aproximadamente iguales. Los alvéolos, una vez formados, deben permanecer indeformables y sin experimentar desplazamientos en el curso de todas las operaciones que sufre la mezcla durante su elaboración y posteriormente a la misma. De las consideraciones precedentes se desprende que los llamados concretos celulares no son, en realidad, concretos en cuanto no responden a su clásica definición universalmente aceptada. Constituyen, cuando intervienen agregados finos en su elaboración morteros finos recubriendo los alvéolos. Sin embargo, la denominación anterior queda justificada en estos casos por extensión considerando que cada alvéolo reemplaza un grano de agregado grueso, de tal manera que pueden ser considerados como concretos compuestos de una lechada de cemento, agregados finos y agregados gruesos constituidos por las células generadas.[2]

### 2.2.2. Concreto de Agregados Livianos

Resultan de la sustitución de los agregados minerales ordinarios (densos) que se utilizan en la elaboración de concretos normales, por agregados livianos inorgánicos u orgánicos.

La estructura que presentan estos concretos es, aparentemente, semejante a la de los concretos ordinarios, pero contiene en su interior una gran cantidad de alvéolos que

---

<sup>1</sup>Pequeñas cavidades esféricas regularmente repartidas en el seno de la mezcla.

ocupan un volumen considerable. Mientras en los concreto celulares anteriormente descritos los alvéolos están distribuidos uniformemente en su masa, los concretos de agregados livianos presentan una distribución heterogénea de vacíos repartidos en los agregados.

Para que estos concreto reúnan las características esenciales requeridas es indispensable que los agregados livianos estén repartidos de manera muy regular en la mezcla, que no estén colmatados por el mortero de cemento y que no presenten una gran absorción de agua.[2]

Existe una gran diversidad de agregados livianos de distintas propiedades, características y origen, utilizados en la elaboración de hormigones livianos, pudiendo ser clasificados éstos teniendo en cuenta el agregado que ha intervenido en su composición.

### **Concretos de Agregados Livianos Inorgánicos**

Pueden ser clasificados en dos grandes grupos:

#### **1. Agregados naturales**

##### *a) Rocas de origen sedimentario*

- *Tierras diatomáceas o diatomita o sílice fósil.* Consiste esencialmente en residuos microscópicos del esqueleto silíceo de un organismo fósil. Presenta una contextura formada por innumerables poros y canales, con una densidad aparente muy reducida, lo que permite obtener un hormigón muy liviano, y por lo tanto, muy poco resistente. Como consecuencia, la capacidad de absorción de agua es considerable, debiendo tomarse precauciones especiales para evitar retracciones importantes y fisuraciones durante el período de fraguado y endurecimiento.
- *Conchillas calcáreas.* Material frágil, de estructura laminar. Se lo utiliza previa trituración o al estado natural.



b) *Rocas ígneas*

- *Piedra pómez.* Material de origen volcánico, de estructura celular esponjosa obtenida naturalmente por distensión de la materia bajo la acción de una fuerte presión de gas en su interior y un enfriamiento rápido.

Al estado natural se la encuentra en bancos de un metro o más de espesor, mezclada con cenizas volcánicas, detritos y esquistos, que deben ser eliminados por lavado y flotación, con lo que se reduce su peso específico aparente que, en estado seco, varía entre 500 y 700  $kg/m^3$ . La piedra pómez mezclada con arena silíceas o arena de pómez y cemento Portland origina concretos livianos de excelente calidad, de peso específico aparente para material suelto y seco comprendido entre 650 y 1600  $kg/m^3$ .

- *Escorias volcánicas.* Material de origen volcánico de células más grandes, menos numerosas y más irregulares que la piedra pómez. Su peso específico aparente para material suelto y seco varía entre 700 y 1500  $kg/m^3$ .
- *Tobas.* Cenizas volcánicas más o menos consolidadas en una roca porosa.

2. Agregados artificiales

a) *Especialmente fabricados*

- *Arcillas y pizarras expandidas.* Tienen la propiedad cuando son calentadas rápidamente y a una temperatura adecuada de dilatarse o hincharse, dando lugar a un producto poroso de estructura celular. Según el tamaño de los granos, el peso específico aparente del material suelto y seco varía entre 350  $kg/m^3$  para granos gruesos (9,5 a 19 mm) y 1200  $kg/m^3$  para granos finos (0 a 4,75 mm).

En la elaboración de concretos livianos a base de arcillas y pizarras

## 2.2. Clasificación de los Concretos Livianos

expandidas la dosificación correspondiente dependerá del peso específico que se desee obtener.

### ▪ *Silicatos expandidos extra livianos.*

- *Perlita.* Roca volcánica vítrea compuesta de feldespato y silicato de alúmina, que contiene 2 a 5 % de agua combinada, la cual no se elimina por simple secado sino solamente a la temperatura de fusión, provocando una expansión notable. El material así obtenido presenta una contextura de partículas o nódulos de forma perlada; de allí su nombre.

Entre las denominaciones comerciales de este producto se encuentran: Permalite, Superlite, Peralex, Ryolex, Agite, etc. El peso específico aparente del material suelto y seco varía, según el tamaño de los granos, entre 150 y 250  $kg/m^3$ .

Los concretos livianos elaborados a base de perlita tienen pesos específicos aparentes que varían entre 450 y 950  $kg/m^3$

- *Vermiculita.* Mineral de aspecto micáceo que, desde el punto de vista de su composición química, es un alúmino silicato de hierro y de magnesio. Por calentamiento a una temperatura que varía entre 700 y 1300 °C puede sufrir una expansión de 30 a 35 veces su volumen inicial. Dicha expansión es debida a la liberación de vapor de agua por efecto del calor y varía según el origen y la constitución de la vermiculita. Este proceso se denomina exfoliación. La vermiculita exfoliada se presenta, en general, bajo la forma de granos de diferentes tamaños, desde polvo fino hasta granos de 30 mm. el peso específico aparente del material suelto y seco es de 100 a 200  $kg/m^3$ . El material triturado a la dimensión conveniente deberá sufrir un calentamiento brusco, y simultáneamente, un batido activo a efectos de regularizar la acción calorífica en toda la masa. Los concretos livianos a base de

## 2.2. Clasificación de los Concretos Livianos

vermiculita pueden alcanzar pesos específicos aparentes variables entre 350 y 1200  $kg/m^3$ .

### b) *Sub productos*

- *Escorias*. Residuos de la combustión del carbón en hornos industriales. Son materiales de estructura celular en que ciertas partes han sufrido un proceso de vitrificación; otras están constituidas por cenizas y el resto es carbón o coke sin consumir. Son materiales de naturaleza sílico aluminosa con presencia de diversos áridos (calcio, magnesio, hierro, etc.) y ciertos compuestos de azufre. Para su empleo como agregados en la elaboración de concretos livianos es necesario tomar una serie de precauciones para asegurar un buen comportamiento. Se utilizan esencialmente las escorias duras calcinadas que presenten rastros de fusión superficial, molidas y clasificadas según las granulometrías deseadas.

La presencia de granos de carbón sin quemar puede conducir a una inestabilidad del hormigón elaborado con estos agregados, debido a que, en presencia de la cal del aglomerante y de la humedad, da lugar a la formación rápida de eflorescencias.

El tenor máximo de materias combustibles aconsejado oscila entre 10 y 35 %.

Asimismo, el porcentaje de sulfatos no debe pasar de 1 % para evitar eflorescencias y la destrucción del producto por expansión.

Deberán realizarse ensayos de estabilidad para verificar el cumplimiento de las especificaciones precedentes.

- *Escorias granuladas de altos hornos*. Producto obtenido por enfriamiento brusco de las escorias en fusión provenientes de altos hornos de la industria siderúrgica. El enfriamiento se produce por presen-

## 2.2. Clasificación de los Concretos Livianos

cia de gran cantidad de agua que se agrega a tal efecto. Mediante el mencionado proceso se obtiene un material amorfo, de contextura vidriosa. El tamaño de los granos oscila entre 1 y 5 mm.

El peso específico del material suelto y seco (que varía entre 900 y 2000  $kg/m^3$ ) y la resistencia propia de este tipo de agregado varían con su composición química (en general, es tanto más liviano y menos resistente cuanto mayor es el tenor de óxido de calcio y menor el de hierro y manganeso), con su temperatura y con la velocidad de su enfriamiento a la salida del alto horno.

- *Escorias expandidas.* Producto obtenido directamente a partir de escorias en fusión provenientes de altos hornos de la industria siderúrgica, de los que salen a una temperatura de 1400 °C. Sometido el material a chorros de agua a presión en cantidad limitada y controlada que producen una gran evaporación y una agitación posterior, el vapor de agua se reparte en forma de burbujas en la masa de las escorias. Al cabo del enfriamiento y solidificación se obtiene un material de gran estabilidad, lleno de poros regulares y bien formados. Después del molido y cribado correspondientes se obtienen las escorias expandidas bajo la forma de agregado liviano.

Los tamaños de granos utilizados preferentemente van de 0 a 0,15 mm, recibiendo el nombre de arena de escorias los agregados de este tipo cuyos granos oscilan entre 0 y 3 mm.

- *Cascotes de ladrillos.* Material proveniente de los hornos de ladrillos o de la recuperación de escombros. Constituye un agregado liviano de mayor peso específico aparente que los descritos anteriormente (peso específico del material suelto y seco: 900 a 1200  $kg/m^3$ ). Su porosidad depende de la naturaleza de las tierras utilizadas y del proceso de elaboración.

Si proviene de escombros, éstos serán triturados, cribados y clasifi-

## 2.2. Clasificación de los Concretos Livianos

cados en dos o tres grupos de acuerdo al tamaño de los granos. Se eliminarán los granos cuya dimensión sea inferior a 3 mm pues son los que contienen mayor cantidad de impurezas perjudiciales, en particular polvo de yeso, con lo que se logrará, además, una mejor adherencia con el cemento. Si se desea obtener granos finos se procederá a la trituración de los elementos de tamaño superior.

### **Concretos de Agregados Livianos Orgánicos**

En la elaboración de concretos livianos se han empleado en distintas oportunidades, con resultados contradictorios, materiales de origen orgánico de los tipos y características más diversas.

En razón de su naturaleza todas estas sustancias, utilizadas como agregados, dan origen a la obtención de hormigones extremadamente livianos y de excelentes cualidades aislantes pero de muy reducida resistencia a las acciones físicas y químicas. En general, estos agregados presentan las siguientes características perjudiciales para la mezcla, que deben ser contrarrestadas:

- Importantes cambios de volumen al variar el contenido de humedad.
- Acción retardadora del proceso de fraguado y endurecimiento del cemento.

#### **1. Concretos a base de aserrín, virutas y fibras de madera.**

Tienen la particularidad de ofrecer características muy variables para las diversas especies vegetales. Muchas de ellas contienen tanino en cantidades apreciables, sustancia que tiene la propiedad de reaccionar sobre el hormigón.

Es, por lo tanto, preferible con miras a evitar todo inconveniente ulterior descartar todos los materiales ricos en tanino (roble, sauce, alerce, olmo, castaño, etc.), aconsejándose la utilización de maderas blandas: pino, abeto, alerce, álamo, etc.

La descomposición de la madera por efecto de la humedad produce el ácido

## 2.2. Clasificación de los Concretos Livianos

húmico, cuya acción sobre los hormigones es particularmente nociva. En virtud de que la madera es susceptible de absorber importantes cantidades de agua, dando lugar a los efectos físicos consecuentes, es indispensable someterla previamente a uno de los tratamientos ya mencionados.

- a) *Aserrín*. Tiene particular importancia para la calidad del concreto a elaborar la granulometría del aserrín, aconsejándose tamizarlo y utilizar sólo los elementos de grosores comprendidos entre 1 y 5 *mm*. Una vez preparado y secado el aserrín, se lo mezcla con el cemento y luego se le agrega el agua necesaria, mezclando hasta obtener una consistencia uniforme. Posteriormente se lo cuela y compacta como cualquier hormigón liviano.
- b) *Virutas de madera*. Proviene de las máquinas cepilladoras usuales en carpintería. Después de haber sido eliminado el aserrín y previo tratamiento de mineralización, las virutas son mezcladas cuidadosamente con la cantidad de cemento correspondiente a la resistencia y al peso específico del concreto que se desea obtener. Una vez que las virutas están perfectamente recubiertas de cemento y agregada el agua necesaria, la mezcla se cuela en moldes de forma apropiada, comprimiéndose ligeramente hasta obtener el espesor deseado. Posteriormente se procede al curado de práctica.
- c) *Fibras de madera*. Se obtienen de los residuos producidos por las máquinas cepilladoras especiales. Tienen la forma de cintas delgadas de 4 a 5 *mm* de ancho, 0,2 a 0, *mm* de espesor y longitud variable. En la elaboración de hormigones con este tipo de agregado debe procederse previamente a la mineralización de las fibras por inmersión en grandes cubas que contienen las soluciones indicadas; luego se las sumerge en otros recipientes llenos de una espesa lechada de cemento. Algunas veces estas dos operaciones se efectúan combinadamente en un solo recipiente. A la salida de las cubas las fibras de madera son despojadas por medio de sacudidas del exceso

de pasta de cemento.

### 2. Hormigones a base de otros agregados de origen orgánico.

Han sido ensayados con buenos resultados hormigones livianos a base de otros agregados de origen orgánico, a saber: paja; cáscara de arroz; cáscara de papas; vainas de porotos; desechos de cáñamo; lino; etc. Todos ellos poseen las características generales anteriormente señaladas, siendo indispensable someterlos a un tratamiento de mineralización previo a la elaboración de la mezcla.

- a) *Concreto de granulado de corcho.* Merece tratarse separadamente por sus características especiales. El corcho es un material microporoso estimándose que contiene alrededor de 12 millones de células por  $\text{cm}^3$ , lo que representa cerca del 95 % de su volumen aparente. Por lo tanto, el granulado de corcho puede ser utilizado como agregado liviano cuando se desean obtener hormigones de peso específico muy reducido. Dada la imposibilidad de aglomerar el granulado de corcho directamente con cemento portland, es necesario mezclarlo con un ligante especial antes de agregar el cemento.

El aspecto exterior del hormigón de granulado de corcho es semejante al de un hormigón cavernoso correctamente elaborado.

En su elaboración se recomienda utilizar el mínimo de agua de mezclado; ejecutar una mezcla muy homogénea mediante un mezclado prolongado; colocarlo cuidadosamente; proceder a un secado lento y evitar los golpes que puedan dar lugar a fisuraciones.

### 2.2.3. Concreto Cavernosos o Sin Finos

Los concretos cavernosos también llamados sin finos o de textura abierta son mezclas constituidas por agregados gruesos o medianos (con exclusión de finos) y cemento Portland destinado a aglomerarlos.

Estos concretos se diferencian esencialmente de los ordinarios en la granulometría

### 2.3. *Propiedades Físicas y Mecánicas de los Concretos Livianos*

de los agregados utilizados, obteniéndose la disminución de peso específico por la formación de grandes huecos en su masa como consecuencia de la supresión del agregado fino y por la reducción del porcentaje de cemento.

Esto es posible por el hecho de que el aglomerante tiene como única función envolver los granos de agregado grueso y vincularlos entre sí, y porque el lugar ocupado en el concreto ordinario por el agregado fino es reemplazado, en los concretos cavernosos, por huecos colmados de aire.[2]

## **2.3. Propiedades Físicas y Mecánicas de los Concretos Livianos**

### **2.3.1. Generalidades**

Para evaluar técnica y económicamente las ventajas de los concretos livianos, es necesario examinar cuidadosamente sus características físicas y mecánicas para compararlas, cuando proceda, con las mismas propiedades de los concretos normales.

Generalmente, en el examen de dichas propiedades se utilizan los mismos métodos estándar empleados en los concretos comunes. Sin embargo, es necesario subrayar que para lograr resultados congruentes con la realidad, conviene tomar en cuenta los ensayos, el efecto de la forma y tamaño de espécimen, el sentido del colado y compactado del material y el efecto del contenido de humedad.[1]

### **Efecto del Tamaño y Forma del Especimen en la Resistencia del Concreto**

El ensayo para la resistencia de los concretos es similar al método empleado para los concretos normales. De acuerdo con algunos investigadores la forma del espécimen no afecta la resistencia de los concretos celulares, por lo que pueden usarse probetas cúbicas o cilíndricas. Sin embargo, el comportamiento de estos concretos se ve afectado por el tamaño del molde ya que la resistencia decrece mientras mayor sea éste. En el caso de los concretos de agregados livianos, la resistencia es directamente



### *2.3. Propiedades Físicas y Mecánicas de los Concretos Livianos*

proporcional al tamaño de los moldes. Tanto en los concretos aireados como en los de agregados livianos, la resistencia en un ensayo rápido (3 minutos) es aproximadamente 20 por ciento mayor que en una prueba lenta.

#### **Efecto del Sentido de Colocación y Colocado en las Propiedades de los Concretos Livianos**

El peso volumétrico y resistencia de los concretos airados depende del lugar de donde se tome el espécimen por analizar. En las capas superiores la resistencia disminuye notablemente incrementándose la porosidad del material y consecuentemente disminuyendo su peso volumétrico. El comportamiento del material es distinto según se aplique la carga paralela o perpendicular a la dirección en que fue colocado. Cuando se carga en sentido perpendicular el colado reporta resistencia hasta 20 por ciento mayores.

#### **Efecto del Contenido de Humedad en las Propiedades de los Concretos Livianos**

El contenido de humedad está íntimamente relacionado con el peso volumétrico, resistencia y características térmicas del concreto liviano. Dicho contenido de humedad varía de acuerdo con la estructura y porosidad del concreto. En los concretos aireados influye más que en los concretos de agregados livianos. De acuerdo con las investigaciones realizadas a este respecto, la resistencia de los concretos livianos saturados alcanza sólo un 80 por ciento de la que desarrollan los concretos livianos secos. Por otra parte, la conductividad térmica aumenta con el contenido de agua del concreto.

#### **2.3.2. Peso Volumétrico de los Concretos Livianos**

El peso volumétrico de los concretos livianos depende de la compacidad, porosidad, peso específico y granulometría de los agregados y cementantes que intervienen en

### 2.3. Propiedades Físicas y Mecánicas de los Concretos Livianos

su fabricación, así como de las proporciones de las mezclas. Puede determinarse en especímenes saturados, secos o con determinado contenido de humedad, según el caso de que se trata. El método empleado para su determinación es similar al usado para concretos normales.

La porosidad, es un factor que define las características térmicas, la absorción y el contenido de humedad de los concretos livianos. Los concretos con porosidades pequeñas son preferibles en virtud de que así se logre mayor resistencia y aislamiento térmico. Sin embargo, con este tipo de porosidad se incrementa la absorción de humedad disminuyendo la resistencia y las propiedades aislante. El factor porosidad se calcula en la ecuación 2.3.1 siguiente:

$$p = \left(1 - \frac{\gamma_v}{\gamma_e}\right) * 100 = (1 - t) * 100 \quad (2.3.1)$$

Donde:

$p$  = porcentaje de porosidad.

$t$  = compacidad.

$\gamma_v$  = Peso volumétrico<sup>2</sup> en  $kg/m^3$

$\gamma_e$  = Peso específico<sup>3</sup> en  $kg/m^3$

Aún cuando el peso volumétrico de los concretos livianos es muy variable ya que depende del tipo de concreto en sí, de los agregados que se usan y de los métodos de fabricación usados, de su colocación, etc., puede definirse un rango de variación entre 400 y 1900  $kg/m^3$ , como se muestra en la tabla 2.1 siguiente:

---

<sup>2</sup>El peso volumétrico (también llamado peso unitario o densidad en masa) de un agregado, es el peso del agregado que se requiere para llenar un recipiente con un volumen unitario especificado.

<sup>3</sup>El peso específico (densidad relativa) de un agregado, es la relación de su peso respecto al peso de un volumen absoluto igual de agua (agua desplazada por inmersión).

### 2.3. Propiedades Físicas y Mecánicas de los Concretos Livianos

Cuadro 2.1: Rango de pesos volumétricos de tipo de concretos liviano

| Tipo de Concreto Liviano               | Peso Volumétrico (kg/m <sup>3</sup> ) |
|--|---------------------------------------|
| Sin finos (agregado normal)            | 1600 a 1900                           |
| Sin finos (agregado liviano)           | 700 a 1300                            |
| Clinker                                | 1000 a 1600                           |
| Escoria espumosa                       | 950 a 1600                            |
| Concreciones de cenizas de combustible | 950 a 1800                            |
| Arcilla o pizarra expandida            | 800 a 1800                            |
| Pómez                                  | 700 a 1100                            |
| Vermiculita exfoliada                  | 500 a 950                             |
| Perlita expandida                      | 400 a 950                             |
| Aserrín                                | 650 a 1300                            |
| Celular o aireado                      | 400 a 1600                            |

(Fuente: Estudio de las propiedades físicas y mecánicas de los concretos ligeros, p.11)[1]

#### 2.3.3. Resistencia a la Compresión

Para definir la resistencia a la compresión de los concretos livianos, es necesario referirme a un tipo específico de concreto ya que varía considerablemente de una clase a otra. Inclusive dentro de un mismo tipo de concreto liviano existen variaciones en resistencia que dependen de la relación agua - cemento empleada, de su peso volumétrico, de su contenido de humedad y del tipo de fabricación, en donde interviene preponderadamente el sistema de curado. Mientras que en los concretos normales la relación agua - cemento es índice de su resistencia, en la mayoría de los concretos livianos no se utiliza como tal, en virtud de la dificultad para cuantificar el agua de hidratación debido sobre todo a la porosidad de los agregados. La base empleada para definir su resistencia está referida al contenido de cemento para un revenimiento determinado.

Aún cuando las variaciones de resistencia de los distintos tipos de concretos livianos son considerables, es conveniente fijar idea sobre los rangos en que varían dentro de cada grupo considerado, relacionándolos con los pesos volumétricos respectivos en la tabla 2.2. Puede apreciarse que los concretos livianos que desarrollan mayores

### 2.3. Propiedades Físicas y Mecánicas de los Concretos Livianos

Cuadro 2.2: Relación de resistencia con pesos volumétricos en concretos livianos

| <b>Tipo de Concreto Liviano</b> | <b>Resistencia<br/><i>kg/cm<sup>2</sup></i></b> | <b>Peso Volumétrico<br/><i>kg/m<sup>3</sup></i></b> |
|---------------------------------|---|---|
| Sin finos                       | 50 a 90   | 1800 a 2000   |
| Agregados livianos              | 70 a 500  | 500 a 2100  |
| Aireados                        | 15 a 60   | 400 a 1600  |

(Fuente: Estudio de las propiedades físicas y mecánicas de los concretos ligeros, p.12)[1]

resistencias son los elaborados a base de agregados livianos. Dependiendo del tipo de agregado será la resistencia desarrollada. Generalmente las arcillas y pizarras expandidas son las más apropiadas para efectos de resistencia. Esta clase de agregado se utilizan principalmente para la elaboración de concretos livianos de carácter estructural, ya sea reforzada o pre esforzado.

#### 2.3.4. Resistencia a la Tensión

En los concretos de agregados livianos la resistencia a la tensión está definida por la forma de las partículas que los integran. La adherencia entre las partículas y el mortero se incrementa cuando existe buena graduación de sus agregados. Por este motivo los concretos sin finos desarrollan menores resistencias a la tensión. Tanto en los concretos de agregados livianos como en los concretos celulares o aireados existe una relación entre la resistencia a la compresión y la resistencia a la tensión, dada por la ecuación empírica 2.3.2 de Graf:

$$y = 0,08x^2 + 0,75x \quad (2.3.2)$$

Donde:

$y$  = Resistencia a la compresión en *kg/cm<sup>2</sup>*.

$x$  = Resistencia a la tensión en *kg/cm<sup>2</sup>*.

Aunque los ensayos efectuados por otros investigadores difieren un poco de los dados por Graf en ecuación anterior, todos siguen la misma tendencia y pueden represen-

### 2.3. Propiedades Físicas y Mecánicas de los Concretos Livianos

tarse gráficamente 2.4

RELACION ENTRE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN Y LA RESISTENCIA A LA TENSIÓN EN CONCRETOS AIREADOS

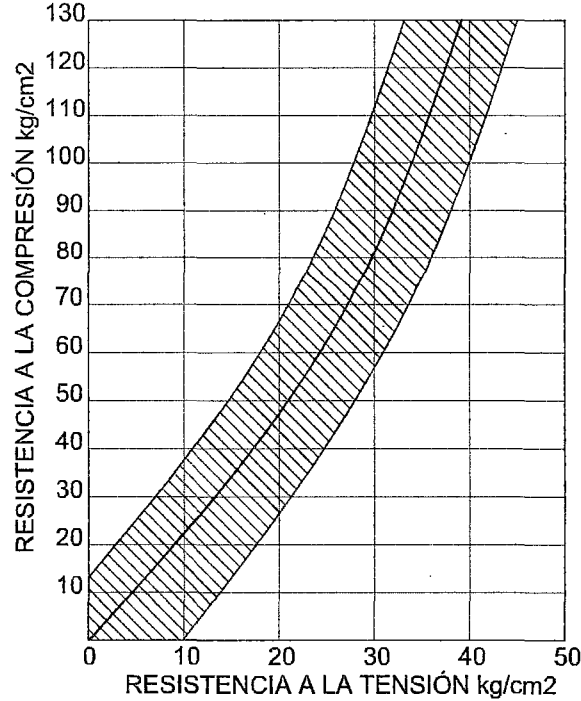


Figura 2.4: Relación entre la resistencia a la compresión y la resistencia a la tensión en concretos aireados. (*Fuente:* Estudio de las propiedades físicas y mecánicas de los concretos ligeros, p.13)[1]

Por lo general, la determinación de la resistencia a la tensión se realiza la prueba brasileña con resultados bastante satisfactorios. Esta prueba permite determinar en forma indirecta la resistencia a la tensión mediante el ensayo de cilindros con cargas aplicadas diámetralmente. La expresión correspondiente es de la ecuación 2.3.3, la carga es aplicada similar al ensayo a compresión simple con una velocidad lenta que está entre un promedio a 0.25 Mpa/s.

$$f'_{sp} = \frac{P}{\pi DL} \quad (2.3.3)$$

Donde:

$f'_{sp}$  = Esfuerzo uniforme de tensión (N/mm<sup>2</sup>).

### 2.3. Propiedades Físicas y Mecánicas de los Concretos Livianos

$P$ = Es la magnitud de la carga aplicada (N).

$D$ = Diámetro (mm).

$L$ = Longitud del cilindro (mm).

Los resultados obtenidos mediante esta prueba están sujetos a las condiciones de ensayo, como son tamaño del cilindro, rango de la carga, etc.

Aún cuando por condiciones de elasticidad los resultados obtenidos mediante la aplicación de la fórmula anterior no constituyen teóricamente un valor exacto del esfuerzo de tensión, puede considerarse como una buena mediada del mismo.

#### 2.3.5. Cortante (Tensión Diagonal)

En virtud de que los concretos de agregados livianos son los más apropiados para usarse con carácter estructural, las investigaciones sobre tensión diagonal se han encaminado casi exclusivamente a este tipo de concretos.

A esfuerzos normales del mismo orden que para concretos normales, pero la resistencia última varía entre 65 y 100 % de la correspondiente al concreto normal.

La determinación de la resistencia a tensión diagonal se hace en base al esfuerzo de tensión recabado mediante la prueba brasileña, más que por su resistencia a la compresión. El uso de arenas naturales finas aumenta la resistencia a la tensión y por lo tanto incrementa la tensión diagonal.

#### 2.3.6. Contenido Agua - Cemento

El contenido agua-cemento requerido para un revenimiento dado, no constituye propiamente una propiedad mecánica física del concreto liviano. Sin embargo, estos factores tienen una influencia considerable en la resistencia, flujo plástico y contracción de estos concretos.

Para desarrollar una resistencia determinada, los concretos livianos requieren alrededor de un 60 % más de cemento que los concretos normales. En algunos casos, sobre todo cuando las resistencias esperadas son del orden de 300  $kg/cm^2$ , la cantidad de

### 2.3. Propiedades Físicas y Mecánicas de los Concretos Livianos

el cemento necesaria es la misma en concretos livianos que en los normales, así mismo, la sustitución del agregado liviano fino por arena, reduce la cantidad de cemento requerida para una resistencia específica. El contenido total de agua, incluyendo la de absorción y la de mezclado, es mayor en los concretos liviano. Cuando se substituye el agregado fino por arena, el contenido de agua se reduce bastante pero siempre se mantiene mayor que el requerido para concretos normales.

Las figuras siguientes 2.5 muestran en forma gráfica lo expuesto en el párrafo anterior.

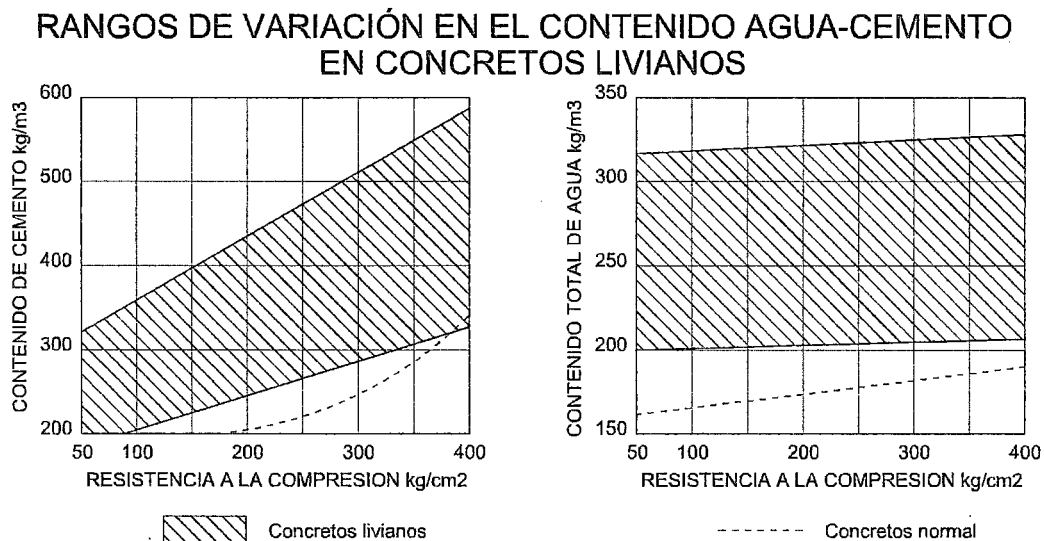


Figura 2.5: Rango de variación en el contenido agua-cemento en concretos livianos. (Fuente: Estudio de las propiedades físicas y mecánicas de los concretos ligeros, p.15)[1]

#### 2.3.7. Módulo de Elasticidad

Para una resistencia determinado, el valor del módulo de elasticidad en concretos livianos reporta valores menores que los correspondientes a concretos normales.

La deformación debida a la compresión o tensión en estos materiales no sigue la ley de Hooke, ya que por lo general esta deformación presenta un incremento mayor que los esfuerzos que la generan. Por esta razón el módulo de elasticidad de los concretos livianos no es constante sino que depende del esfuerzo que se considere.

### 2.3. Propiedades Físicas y Mecánicas de los Concretos Livianos

El módulo de elasticidad inicial es tangente a la curva esfuerzo - deformación en su punto de partida. Se ha determinado mediante el ensayo de prisma de 15x15x70 cm. hasta el límite de elasticidad, abajo del punto de fatiga.

Para concretos celulares las relaciones entre módulo de elasticidad, pesos volumétricos secos y resistentes a la compresión, no se acostumbra presentarlas en forma de expresiones algebraicas, sino que por lo general se prefiere hacerlos en forma de curvas como las que se incluyen en las figuras 2.6 2.7.

RELACION ENTRE MODULO DE ELASTICIDAD Y PESO VOLUMETRICO SECO EN CONCRETO LIVIANOS CELULARES

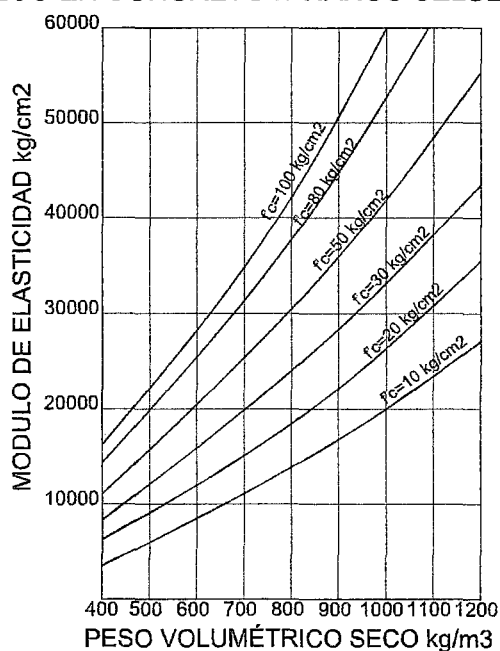


Figura 2.6: Relación entre módulo de elasticidad y peso volumétrico seco en concretos livianos celulares. (Fuente: Estudio de las propiedades físicas y mecánicas de los concretos ligeros, p.17)[1]



### 2.3. Propiedades Físicas y Mecánicas de los Concretos Livianos

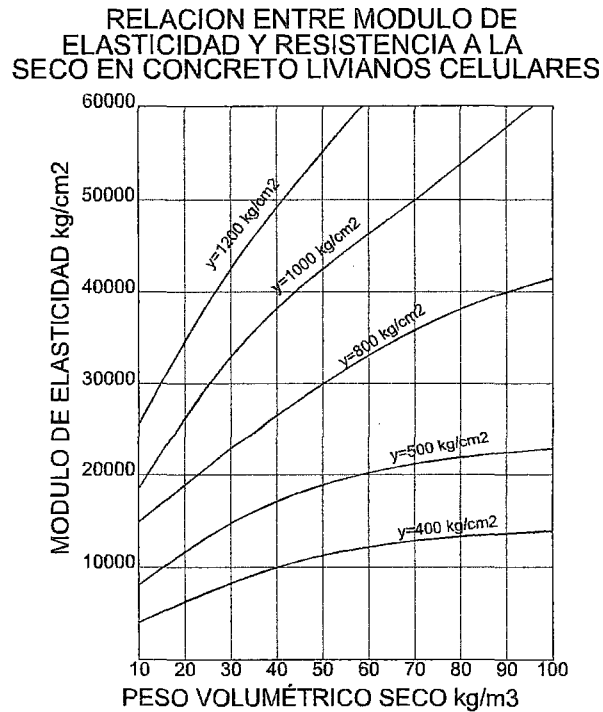


Figura 2.7: Relación entre módulo de elasticidad y la resistencia a la compresión en concretos ligeros celulares. (Fuente: Estudio de las propiedades físicas y mecánicas de los concretos ligeros, p.17)[1]

En concretos de agregados livianos es más difícil definir su módulo de elasticidad ya que este presenta un amplio rango de variación, ya que depende del tipo de agregado que se use, de su peso volumétrico y de su resistencia. Sin embargo, podemos representarlo gráficamente indicando en el área achurada el rango de variación que presenta en la figura 2.8.

RELACION ENTRE MODULO DE ELASTICIDAD Y RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN EN CONCRETOS AGREGADOS LIVIANOS

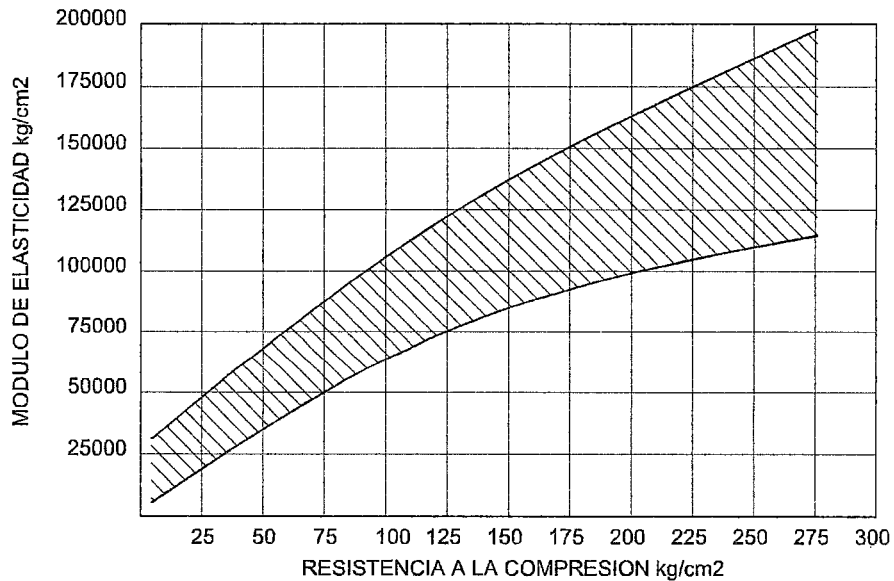


Figura 2.8: Relación entre módulo de elasticidad y la resistencia a la compresión en concretos ligeros celulares. (Fuente: Estudio de las propiedades físicas y mecánicas de los concretos ligeros, p.17)[1]

El conocimiento del módulo de elasticidad es especialmente importante en concretos livianos estructurales ya que las deformaciones originadas en miembros a flexión tienen una influencia desfavorable en el comportamiento general de la estructura. En lo referente a concreto liviano preesforzado las deformaciones alcanzan solo valores 20 % mayores que en concretos ordinarios, aun cuando el módulo de elasticidad es aproximadamente la mitad o las dos terceras partes del correspondiente para concretos normales.

En algunas pruebas realizadas para concretos livianos en lo referente al módulo de elasticidad, se han incluido mediciones de esfuerzo - deformación en dirección perpendicular a la de aplicación de la carga, indicando dichas pruebas que el coeficiente de Poisson para estos concretos es del mismo orden que en los concretos normales, con variaciones entre 0.17 a 0.23, dependiendo del concreto específico que se use.

### **2.3.8. Contracción y Flujo Plástico**

Por contracción y flujo plástico se entiende ciertos cambios de dimensiones de un cuerpo sólido, referido a las causas que originaron dichos cambios. La contracción del concreto es la reducción del volumen asociada con el secado, es decir, es la reducción del volumen causada por la pérdida de agua. Por otra parte, el flujo plástico en el concreto representa un cambio con el tiempo de la deformación unitaria que ocurre bajo un esfuerzo debido a una fuerza constante, por lo general aplicada externamente. Esta deformación ocurre aun cuando no se presenta variaciones en el contenido de humedad. El flujo plástico, por lo tanto, puede considerarse como una contracción o expansión inducida por esfuerzos de compresión o de tensión respectivamente.

Para una misma resistencia la contracción y el flujo plástico en concretos de agregados livianos es generalmente mayor que en los concretos normales. Cuando las resistencias a la compresión son altas, los efectos del flujo plástico disminuyen notablemente para cualquier tipo de agregados, siendo en algunos casos iguales o menores que en los concretos normales. Para resistencias menores, el flujo plástico tiende a aumentar considerablemente dependiendo del agregado que se use.

La disminución parcial o total de finos reemplazándolo por arena, generalmente reducen la contracción por secado para cualquier tipo de agregados. A diferencia de otros tipos de concretos livianos, la contracción de los concretos sin finos es muy baja, llegando inclusive a ser menor que la correspondiente a concretos normales hechos con los mismos materiales.

La contracción puede también reducirse mediante el empleo de curado a vapor, variando de 10 a 40 % respecto a los valores que se tienen con el curado común.

### **2.3.9. Durabilidad**

Aplicada a materiales de construcción, la durabilidad puede definirse como la resistencia de éstos a agentes químicos perjudiciales a esfuerzos secundarios originados por congelamiento, contracción o temperatura, o a efectos mecánicos abrasivos. Es

### *2.3. Propiedades Físicas y Mecánicas de los Concretos Livianos*

en realidad un índice de la resistencia al interperismo.

En lo que corresponde a ataques químicos, específicamente aguas sulfatadas, aire contaminado o reactivos químicos, el concreto liviano no presenta resistencia especial a estos agentes, siendo inclusive, menos resistentes que el concreto ordinario.

Sin embargo, en lo referente a resistencia por congelamiento y resistencia al descascaramiento originado por cualquier tipo de salinidad, los concretos livianos presentan ventajas sobre los usuales.

El aire contenido en los concretos aireados provee un alto grado de durabilidad en estos aspectos, por lo que se recomienda este tipo de concretos livianos cuando el material quedará expuesto a condiciones de congelamiento y acción salina.

La contracción debida al secado produce generalmente grietas en los concretos livianos si no se toman las debidas precauciones.

En relación a los efectos mecánicos abrasivos, entre menos denso sea el concreto, éstos son más notorios. Los concretos muy livianos son generalmente suaves y pueden dañarse con facilidad. En cambio los concretos de alto peso volumétrico presentan resistencias similares a los normales. Igualmente, los concretos de baja resistencia se ven más afectados por otros factores que los concretos de relativamente buenas resistencias. Por esta razón, el contenido de cemento y agua son factores que influyen notoriamente en la durabilidad de los concretos livianos.

#### **2.3.10. Absorción de Agua y Porosidad**

La porosidad de un material puede calcularse en base a su peso volumétrico, tal como se vio. La mayoría de los concretos livianos presentan una porosidad bastante grande y por lo mismo poseen una absorción mayor que los concretos densos. Sin embargo, esto no llega a tener efectos importantes ya que generalmente se protegen con recubrimiento adicional cuando están sujetos a interperismo. Muchos investigadores se ha mostrado imprecisos en definir la relación existente entre la absorción de agua de los concretos livianos y su durabilidad, ya que algunos concretos ordinarios

### 2.3. *Propiedades Físicas y Mecánicas de los Concretos Livianos*

que presentan factores de durabilidad similares a los de los concretos livianos, tienen, sin embargo, diferente absorción.

Dentro de los distintos tipos de concretos livianos pueden observarse diferentes grados de absorción. Así, los concretos aireados tienen absorciones mucho mayores que los concretos de agregados livianos. Esto debe de tomarse en consideraciones cuando se trata de usar el concreto como aislante, pues una absorción considerable de agua puede afectar desventajosamente el aislamiento. En algunos casos se ha requerido tratar a los agregados livianos para hacerlos a prueba de agua, es decir, impermeabilizarlos con objeto de reducir en lo posible la absorción de agua y mantener sus características aislantes. Sin embargo, estos métodos hacen anti económico en la mayoría de los casos el uso del concreto liviano aislante.

#### **2.3.11. Propiedades Acústicas**

El aislamiento acústico reduce el paso de sonido a través de un cuerpo. El principal factor que influye en esta propiedad es la densidad del material. Desde este punto de vista al concreto liviano no posee buenas propiedades acústicas, debido sobre todo a la porosidad de los mismos. Sin embargo, puede lograrse un buen aislamiento acústico proveyendo a las piezas de concreto liviano de un recubrimiento de pasta de cemento o colocado en vez de una, dos capas o piezas de concreto liviano cuando se amerite.

Por otro parte, la absorción de sonido que reduce éste al ser reflejado por una superficie, es una propiedad que sí poseen satisfactoriamente los concretos livianos. Esta propiedad se acentúa cuando la superficie del concreto no ha sido recubierta con pasta. Por esta razón es importante conocer, dentro de la construcción específica que se requiera aislamiento exterior es conveniente un recubrimiento adicional del concreto; en caso de que se necesita aislamiento interior, este recubrimiento puede ser inconveniente.

### 2.3.12. Aislamiento Térmico

Es una de las propiedades básicas del concreto liviano. El aislamiento térmico es aproximadamente proporcional al peso volumétrico del material y por ende, en los concretos livianos, cuyos pesos volumétricos son reducidos, esta propiedad es bastante satisfactoria.

Los índices a través de los cuales se miden las propiedades térmicas de un material, son los siguientes:

#### a. Conductividad térmica $k$

Es la cantidad de calor que pasas a través de una superficie unitaria y homogénea del material, con espesor unitario y cuando la diferencia de temperaturas entre ambas caras de la superficie es también unitaria. Generalmente se ha acostumbrado expresar este coeficiente en unidades inglesas : *pie*<sup>2</sup>, *pulgadas*<sup>2</sup> y grados fahrenheit. El valor de este coeficiente depende, por lo tanto, peso volumétrico del concreto, de su porosidad, de los coeficientes de conductividad de sus componentes y de su contenido de humedad.

Entre mas finos sean la porosidad del concreto, menor es el coeficiente de conductividad térmica. Para concretos de agregados livianos este coeficiente varía entre 0.35 a 0.75  $kcal/hr - m^2 - ^\circ C$ . En los concretos normales estos valores son entre 1.4 y 1.5. El contenido de humedad en el material influye considerablemente en el el valor de  $k$  ya que la conductividad térmica del agua que ocupa los vacíos del concreto es 25 veces mayor que la de aire desplazado. De acuerdo con algunas investigaciones la relación conductividad térmica-humedad es lineal.

La conductividad térmica puede calcularse mediante la ecuación siguiente 2.3.4

$$k = \frac{Ql}{A(t_1 - t_2)} \quad (2.3.4)$$

Donde:

$k$ = Coeficiente de conductividad térmica  $kcal/hr - m^2 - ^\circ C$ .

### 2.3. Propiedades Físicas y Mecánicas de los Concretos Livianos

$Q$ = Cantidad de calor transmitido por unidad de tiempo *kcal*.

$l$ = Espesor del espécimen en m.

$A$ = Superficie considerado en la prueba en m<sup>2</sup>.

$t_1 - t_2$ = Diferencia de temperaturas entre ambas caras de la superficie °C.

A continuación se presentan distintos valores de "k" para algunas clases de concretos livianos que se fabrican en la tabla 2.3.

Cuadro 2.3: Valores de  $k$  para algunos concretos livianos

| Tipo de Concreto                | Peso Volumétrico | $k \times 10$              |
|---------------------------------|------------------|----------------------------|
|                                 | $kg/m^3$         | $kcal/hr - m^2 - ^\circ C$ |
| Clinker                         | 1200             | 3.1                        |
|                                 | 1600             | 5.6                        |
| Escoria espumosa                | 1050             | 2.5                        |
|                                 | 1300             | 3.0                        |
| Arcilla expandida               | 730              | 1.7                        |
|                                 | 1200             | 2.8                        |
| Ceniza de combustible procesada | 1200             | 2.8                        |
|                                 | Pómez            | 730                        |
| Vermiculita                     | 1200             | 2.8                        |
|                                 | 580              | 1.4                        |
| Perlita                         | 780              | 1.8                        |
|                                 | 480              | 1.0                        |
| Aereado                         | 800              | 1.8                        |
|                                 | 315              | 0.7                        |
| Sin finos (Grava)               | 970              | 2.2                        |
|                                 | 1800             | 7.2                        |
| Sin finos (Clinker)             | 1900             | 8.0                        |
|                                 | 1300             | 4.0                        |
| Concreto normal                 | 1450             | 4.8                        |
|                                 | 2350             | 12.4                       |
| Ladrillo de arcilla             | 1600             | 11.1                       |

(Fuente: Estudio de las propiedades físicas y mecánicas de los concretos ligeros, p.23)[1]

#### 2.3.13. Transmisibilidad Térmica U

Es la cantidad de calor transmitida durante una hora a través de una superficie unitaria de una pared o techo cuando la temperatura del ambiente entre las caras opuestas de la superficie difiere en un grado. También se acostumbra calcular es-

### 2.3. Propiedades Físicas y Mecánicas de los Concretos Livianos

te coeficiente en unidades inglesas considerando pies cuadrados y grados farenheit. Mientras que el coeficiente de conductividad  $k$  se refiere a un material simple, el valor del coeficiente de transmisibilidad  $U$  corresponde a un sistema compuesto de pared, por lo general integrado por varios materiales. Básicamente su valor se calcula considerando los correspondientes individuales para cada material que forma la pared.

Enseguida se presentan algunos coeficientes de transmisibilidad para distintos sistemas de pared en la tabla 2.4. En general el uso de concretos livianos de peso

Cuadro 2.4: Coeficientes de transmisibilidad térmica (U)

| Sistema de Pared   | U<br><i>kcal/m<sup>2</sup> -- h -- °C</i> |
|--|---|
| Concreto normal 1:2:4 20cm. de espesor.  | 2.45                                      |
| Pared de ladrillo sólido 22 cm. de espesor.  | 2.10                                      |
| Pared de ladrillo hueco 28 cm. de espesor.   | 1.46                                      |
| Concreto sin finos (Grava) 30 cm. recubierto.  | 1.66                                      |
| Concreto sin finos (Clinker) 30 cm. recubierto   | 1.12                                      |
| Concreto aereado 15 cm. de espesor.  | 1.00                                      |
| Pared hueca compuesta de ladrillo de 10 cm.<br>por un lado y concreto aereado de 7.5 cm. por otro. | 1.08                                      |
| Pared sólida de piezas de concreto aereado de 20 cm. de espesor.                                   | 0.39                                      |

(Fuente: Estudio de las propiedades físicas y mecánicas de los concretos ligeros, p.24)[1]

volumétrico menor que  $1600 \text{ kg/m}^3$  reduce las pérdidas de calor a través de paredes en un 40 ó 50 %.

Otros factores que están relacionados con las propiedades térmicas del concreto liviano y que conviene definir, son:

- Resistividad, que es el recíproco del coeficiente de conductividad térmica.
- Resistencia térmica, que es la resistencia que presenta un material simple ó compuesto al paso del flujo de calor a través de él, independientemente de espesor.
- Conductancia, es el recíproco de la resistencia térmica.



## 2.4. Factores que Influyen en la Resistencia y Peso Volumétrico de los Concretos Livianos

Para la determinación de la conductividad térmica  $k$  y de los factores mencionados anteriormente, se involucra en los cálculos la temperatura de la superficie del material. Sin embargo, ya que este dato es difícil de obtener, se acostumbra sustituirlo por la temperatura del aire en ambas caras de la superficie del material en estudio, con ligeras modificaciones en el valor obtenido considerando la resistencia superficial del material en cuestión. Esta resistencia superficial se define en los mismos términos que la resistencia térmica del material y depende de la ubicación y orientación del lugar para donde se efectúan los cálculos.

### 2.3.14. Protección Contra el Fuego

Es aproximadamente de 20 a 50 % mejor que la del concreto normal y se deriva de su mayor resistencia a la transmisión del calor y el hecho de que los concretos livianos son materiales no combustibles. En miembros reforzados esta característica depende del recubrimiento que se provea al acero de refuerzo. En los concreto livianos este recubrimiento puede ser menor que en los concretos ordinarios. Por otra parte, cuando se somete el material a altas temperaturas se ha observado que conserva alrededor del 85 % de la resistencia original, a diferencia de los concretos normales en los cuales esta resistencia llega a reducirse a un 50 %.

## 2.4. Factores que Influyen en la Resistencia y Peso Volumétrico de los Concretos Livianos

### 2.4.1. Granulometría de los agregados

La resistencia de un concreto depende principalmente de los agregados, influyendo en menor grado la forma y textura de partículas, como por ejemplo en los concretos sin finos donde no solo la resistencia, sino el peso volumétrico esta regido por estos factores.

La granulometría es otro factor importante que influye también en la resistencia y

#### *2.4. Factores que Influyen en la Resistencia y Peso Volumétrico de los Concretos Livianos*

peso volumétrico del concreto, que disminuyen si se disminuyen la proporción de agregado fino usado. De acuerdo con investigaciones de laboratorio, puede lograrse buena resistencia en concretos que contenga mas del 30 % de agregado fino de 0 a 1 mm.

Por esta razón, cuando quiere aumentarse la resistencia de un concreto liviano, el agregado fino puede sustituirse parcial o totalmente por aren.

#### **2.4.2. Proporción de Cemento**

El incremento en resistencia y peso volumétrico de los concretos livianos no varía en forma lineal con el aumento de cemento.

De hecho, pueden obtenerse concretos más resistentes y más livianos con bajas cantidades de cemento. Por lo general, la resistencia y peso de un concreto depende de su grado de compactación; un concreto con alto contenido de cemento y mala compactación puede ser menos resistentes que otro con menor cantidad de cemento pero vigorosamente compactado.

#### **2.4.3. Cantidad de Agua y Consistencia**

La trabajabilidad es uno de los factores más importantes en las mezclas de concretos. Tanto los concretos ordinarios como los de agregados livianos deben llenar completamente los moldes de formas donde se vacíen y deban adaptarse a la forma de éstas recubriendo totalmente el refuerzo. Esto se logra sólo cuando el concreto elaborado posee buena consistencia. A diferencia de los concretos normales, en los de agregados livianos no existe un método apropiado para la determinación de la consistencia.

La cantidad de agua afecta la consistencia en menor grado a los concretos livianos que a los normales debido al alto grado de absorción de los agregados. Inclusive, la resistencia que se requiere obtener en un concreto liviano no puede lograrse sin una adecuada cantidad de agua, la cual en la mayoría de los casos es difícil de precisar

## 2.4. Factores que Influyen en la Resistencia y Peso Volumétrico de los Concretos Livianos

ya que la absorción de los agregados dificulta su determinación.

### 2.4.4. Método de Mezclado

La resistencia de los concretos de agregados livianos se ve afectada también por el tipo de mezclado que se use. Cuando se usa una mezcladora de tipo positivo, la resistencia obtenida es de 30 a 100 por ciento mayor que en las mezcladoras tipo gravedad. Este último tipo de mezcladora es adecuada para concretos con bajo contenido de finos, en cambio las otras son convenientes cuando la cantidad de finos es alrededor de 30 a 50 por ciento.

La resistencia final de los concretos livianos de agregados livianos también se ve influida por la secuencia en que se mezclen los materiales que los integran; cuando el cemento se mezcla con los agregados previamente saturados, la resistencia obtenida es mayor. No se recomienda mezclar inicialmente cemento y agregado, ya que en este caso la resistencia puede disminuir hasta en un 20 por ciento.

### 2.4.5. Método de Compactación

La resistencia y peso volumétrico de los concretos de agregados livianos depende también de la compactación, la cual a su vez depende de la densidad, contenido de finos, contenido de cemento y consistencia de la mezcla.

Los concretos de granulometría continua son generalmente compactados por vibración; en los concretos sin finos se utiliza varillado o apisonado.

### 2.4.6. Método de Curado

Debe tenerse cuidado en el curado que se dé a los concretos de agregados livianos. Los concretos con agregados porosos cuando no se someten a un curado inadecuado pierden su contenido de agua y la hidratación no es completa, produciéndose la desintegración del material.

# Capítulo 3

## Concreto Liviano con Agregado Liviano

### 3.1. Consideraciones Generales

El concreto es una mezcla de cemento Portland, agregados (finos y gruesos) y agua, también puede contener cierta cantidad de aire, ya sea atrapado o incorporado por medio de un aditivo inclusor de aire. También se pueden agregar otros tipos de aditivos con el fin de acelerar o retardar el fraguado, mejorar la trabajabilidad, etc.[5]

Esta mezcla se mantiene en estado semi líquido temporalmente, lo que permite colarlo y moldearlo de la forma en que sea requerido. Posteriormente, esta mezcla se endurece hasta formar una masa sólida, que se convierte finalmente en el material mecánicamente resistente que es el concreto endurecido.

La principal diferencia entre el agregado grueso de peso normal y el liviano, es su peso suelto y el porcentaje de absorción. La norma ASTM<sup>1</sup> C 330 establece al agregado liviano como aquel que tiene un peso seco suelto como máximo de 880  $kg/m^3$ , mientras que para el agregado normal, los pesos están entre 1440 a 1760  $kg/m^3$ . El porcentaje de absorción de los agregados de peso normal oscila entre el 1

---

<sup>1</sup>American Society for Testing Materials (Sociedad Americana de Prueba de Materiales).

y 2%, mientras que los agregados de peso liviano tienen un porcentaje de absorción que está entre el 5 al 15%. Con estos valores, es posible que un metro cúbico de agregado grueso requiera hasta de 150 kg de agua para tener una saturación total. El concreto con la utilización de agregado de peso liviano, es empleado en la industria de la construcción cuando el peso unitario del concreto disminuye el costo de la obra, también por disponibilidad del agregado, o por una combinación de ambos factores.

## 3.2. Materiales

Los materiales básicos usados para la producción del concreto liviano son los agregados (finos y gruesos), material cementante, agua y en circunstancias que amerite su aplicación, los aditivos. Al igual que los concretos normales, los concretos livianos de agregados livianos tendrán que cumplir las especificaciones técnicas generales.

Definiremos algunos aspectos que considero son necesarios conocer.

### 1. Concreto Hidráulico

Según Rivva (2000, p.8)[6], el concreto es un producto artificial compuesto que consiste de un medio ligante denominado pasta<sup>2</sup>, dentro del cual se encuentran embebidas partículas de un medio ligado denominado agregado.

En termino sencillos se podría entender al concreto hidráulico como la mezcla de cemento, agregado fino, agregado grueso, agua y cuando el caso lo requiera, aditivos.

El concreto hidráulico es un material de empleo múltiple en diversas obras de la ingeniería. Dentro de los concretos a ido evolucionando a lo largo de los años, buscando garantizar una resistencia y durabilidad que satisfaga los requerimientos para el cual fueron diseñados.

Los materiales deben presentar las siguientes características.

#### a) *Cemento*

Se define como cemento a los materiales pulverizados, que por la adición

---

<sup>2</sup>Pasta es la combinación química del material cementante (cemento) con el agua.

de una cantidad de agua, forman una pasta capaz de endurecer bajo el agua como al aire.

El cemento a utilizar será Portland<sup>3</sup> y deberá cumplir con los requisitos indicados en la norma ASTM C 150.

Los tipos de cementos que fabrican y usan en el país son el I, II y V; además de los cementos combinados (puzolánicos), como son los tipos IP, IPM y IS.

#### b) *Agregado Fino*

Es aquel que proviene de la desintegración natural o artificial de las rocas, el cual pasa el tamiz NTP 9.4 mm (3/8") y cumple con los límites establecidos en las normas ASTM C 330. (Rivva, 2000, p.179)[6]

El agregado fino estará graduado dentro de los límites indicados en la tabla 3.1. El agregado fino además de los límites granulométricos deberá

Cuadro 3.1: Granulometría del agregado fino para concreto liviano de agregado liviano

| Tamiz       |             | Porcentaje que pasa |
|-------------|-------------|---------------------|
| Normal      | Alternativo |                     |
| 9.5 mm      | 3/8"        | 100                 |
| 4.75 mm     | N° 4        | 85 - 100            |
| 2.36 mm     | N° 8        | -                   |
| 1.18 mm     | N° 16       | 40 - 85             |
| 300 $\mu$ m | N° 50       | 10 - 35             |
| 150 $\mu$ m | N° 100      | 5 - 25              |
| 75 $\mu$ m  | N° 200      |                     |

(Fuente: (ASTM C 330)[7], (Rivva, 2000, p.180)[6])

cumplir los requisitos de calidad, presentados en la tabla 3.2.

#### c) *Agregado Grueso*

Se define como agregado grueso al material retenido en el tamiz NTP 4.75 mm (N° 4). El agregado grueso puede consistir de piedra partida,

<sup>3</sup>El cemento Portland resulta de la combinación del clinker molido y la adición de cerca del 6% de sulfato de calcio (yeso). El clinker resulta de la cocción de una fuente molida de cal, sílice, alumina y óxido de hierro a una temperatura aproximada de 1500 °C. (Rivva, 2000)[6]

Cuadro 3.2: Requisitos del agregado fino para concretos livianos con agregado liviano

| Ensayo   |  | Norma MTC | Norma NTP   | Requisito              |
|--|--|-----------|-------------|------------------------|
| <b>Densidad</b>  |  |           |             |                        |
| Máxima densidad aparente seca suelta (Peso unitario) % máximo        |  | MTC E 203 | NTP 400.017 | 1120 kg/m <sup>3</sup> |
| <b>Durabilidad</b>   |  |           |             |                        |
| Pérdidas en ensayo de solidez en sulfatos, % máximo $\geq$ 3000 msnm | Sulfato de sodio   | MTC E 209 | NTP 400.016 | 10                     |
|  | Sulfato de magnesio  | MTC E 209 | NTP 400.016 | 15                     |
| <b>Limpieza</b>  |  |           |             |                        |
| Índice de plasticidad, % máximo                                      |  | MTC E 111 | NTP 339.129 | No plástico            |
| Equivalente de arena, % mínimo                                       | $f'c \leq 21$ Mpa (210 kg/cm <sup>2</sup> )  | MTC E 114 | NTP 339.146 | 65                     |
|  | $f'c > 21$ Mpa (210 kg/cm <sup>2</sup> )   | MTC E 114 | NTP 339.146 | 75                     |
| Material que pasa el tamiz de (75 $\mu$ m N° 200), % máximo          |  | MTC E 202 | NTP 400.018 |                        |
|  | Para concretos sujetos a abrasión  |           |             | 3                      |
|  | Para los demás concretos   |           |             | 5                      |
|  | Para los concretos sujetos a abrasión, si la arena proviene del chancado y el material %P200 no es arcilla |           |             | 5                      |
|  | Para los demás concretos, si la arena proviene del chancado y el material %P200 no es arcilla              |           |             | 7                      |
| Terrones de arcilla y partículas deleznable, % máximo                |  | MTC E 212 | NTP 400.015 | 3                      |
| Carbón y lignito, % máximo   |  | MTC E 215 |             |                        |
|  | Si la apariencia del concreto es importante  |           |             | 0.5                    |
|  | La apariencia del concreto no es importante  |           |             | 1                      |
| <b>Materia orgánica</b>  |  |           |             |                        |
| Impurezas orgánicas en el agregado fino                              |  | MTC E 213 | NTP 400.024 | Igual a muestra patrón |
|  | Color 1: Ninguna impureza orgánica   |           |             | 1                      |
|  | Color 2: Poca impureza orgánica  |           |             | 2                      |
|  | Color 3: Aceptable   |           |             | 3                      |
|  | Color 4: Con posibilidad dañina de impurezas orgánicas, hacer otras pruebas                                |           |             | 4                      |
|  | Color 5: Dañina para el concreto   |           |             | 5                      |
| <b>Características químicas</b>                                      |  |           |             |                        |
| Contenido de sulfatos, expresado como $SO_4^{=}$ , % máximo          |  | –         | NTP 400.042 | 1.2                    |
| Contenido de cloruros, expresado como $cl^-$ , % máximo              |  | –         | NTP 400.042 | 0.1                    |
| <b>Absorción</b>   |  |           |             |                        |
| Absorción de agua, % máximo  |  | MTC E 205 | NTP 400.022 | 15                     |

(Fuente: ASTM C33, ASTM C330 y Manual de Ensayos de Materiales para Carreteras - MTC, 2000, ) [8][7][9]

grava natural o triturada, agregados metálicos naturales o artificiales, o una combinación de ellos. Estará conformado por partículas cuyo perfil sea preferentemente angular o semiangular, limpias, duras, compactas, resistentes, de textura preferentemente rugosa, y libres de material escamoso o partículas blandas. (Rivva, 2000)[6]

La granulometría del agregado grueso estará dentro de los límites especificados en las normas NTP ASTM C 330 ver tabla 3.3. La granulometría seleccionada deberá ser preferentemente continua y deberá permitir obtener la máxima densidad del concreto con una adecuada trabajabilidad en función de las condiciones de colocación de la mezcla. La granulometría seleccionada no deberá tener más del 5 % del agregado retenido en la malla de 1 1/2" y no más del 6 % del agregado que pasa por la malla de 1/4". (Rivva, 2000, p.182, 183)[6]

El agregado grueso además de los límites granulométricos deberá cumplir

Cuadro 3.3: Granulometría del agregado grueso para concreto liviano de agregado liviano

| Tamiz   |             | % que    | % que    | % que    | % que    |
|---------|-------------|----------|----------|----------|----------|
| Normal  | Alternativo | pasa 1   | pasa 2   | pasa 3   | pasa 4   |
| 25.0 mm | 1"          | 95 - 100 | 100      | -        | -        |
| 19.0 mm | 3/4"        | -        | 90 - 100 | 100      | -        |
| 12.5 mm | 1/2"        | 25 - 60  | -        | 90 - 100 | 100      |
| 9.50 mm | 3/8"        | -        | 10 - 50  | 40 - 80  | 80 - 100 |
| 4.75 mm | N° 4        | 0 - 10   | 0 - 15   | 0 - 20   | 5 - 40   |
| 2.36 mm | N° 8        | -        | -        | 0 - 10   | 0 - 20   |
| 1.18 mm | N° 16       | -        | -        | -        | 0 - 10   |

(Fuente: ASTM C330 y EG - MTC, 2013, p.805)[7][9]

los requisitos de calidad, presentados en la tabla 3.4:

d) **Agua**

La descripción presentada en Rivva (2000)[6], indica que el agua en combinación con el material cementante reacciona químicamente para la forma-



Cuadro 3.4: Requisitos del agregado grueso para concretos livianos con agregado liviano

| Ensayo   | Norma MTC  | Norma NTP     | Requisito             |    |
|--|--|---------------|-----------------------|----|
| Máxima densidad aparente seca suelta (Peso unitario) % máximo        | MTC E 203  | NTP 400.017   | 880 kg/m <sup>3</sup> |    |
| <b>Dureza</b>  |  |               |                       |    |
| Desgaste en la máquina de Los Ángeles                                | MTC E 207  | NTP 400.019   | 50                    |    |
| <b>Durabilidad</b>   |  |               |                       |    |
| Pérdidas en ensayo de solidez en sulfatos, % máximo $\geq 3000$ msnm | Sulfato de sodio   | MTC E 209     | NTP 400.016           | 12 |
|  | Sulfato de magnesio  | MTC E 209     | NTP 400.016           | 18 |
| <b>Limpieza</b>  |  |               |                       |    |
| Material que pasa el tamiz de (75 $\mu\text{m}$ N° 200), % máximo    | MTC E 202  | NTP 400.018   |                       |    |
|  | Si el material %P200 no es arcilla o si el AF tiene un %P200 inferior al límite permisible |               | 1.5                   |    |
|  | Límite en función al %P200 AF  |               | 1.8                   |    |
| Terrones de arcilla y partículas deleznable, % máximo                | MTC E 112  | NTP 400.015   |                       |    |
|  | Para concreto arquitectónico en clima severo   |               | 2                     |    |
|  | Para concreto arquitectónico en clima moderado   |               | 3                     |    |
|  | Para losas y pavimentos expuestos a humedad  |               | 3                     |    |
|  | Estructuras interiores   |               | 5                     |    |
|  | Zapatillas y columnas interiores   |               | 10                    |    |
| Partículas livianas, % máximo  | MTC E 211  |               |                       |    |
|  | Para concreto Arquitectónico   |               | 3                     |    |
|  | Para concreto a la intemperie  |               | 5                     |    |
|  | Para los demás concretos   |               | 8                     |    |
| Carbón y lignito, % máximo   | MTC E 215  |               |                       |    |
|  | Si la apariencia del concreto es importante  |               | 0.5                   |    |
|  | La apariencia del concreto no es importante  |               | 1                     |    |
| <b>Geometría de las partículas</b>                                   |  |               |                       |    |
| Partículas fracturadas mecánicamente (una cara), % mínimo            | MTC E 210  | ASTM D - 5821 | 60                    |    |
| Partículas chatas y alargadas (relación 5:1), % máximo               | -  | NTP 400.040   | 15                    |    |
| <b>Características químicas</b>                                      |  |               |                       |    |
| Contenido de sulfatos, expresado como $\text{SO}_4^-$ , % máximo     | -  | NTP 400.042   | 1.0                   |    |
| Contenido de cloruros, expresado como $\text{Cl}^-$ , % máximo       | -  | NTP 400.042   | 0.1                   |    |

(Fuente: ASTM C33, ASTM C330 y Manual de Ensayos de Materiales para Carreteras - MTC, 2000, ) [8] [7] [9]

ción de gel<sup>4</sup> y que la masa de concreto en conjunto adquiriera propiedades que en su estado no endurecido facilite manipulación y trabajabilidad, y en su estado endurecido lo convierte en un producto con las características deseadas.

Como requisito de carácter general y sin que ello implique la realización de ensayos que permitan verificar su calidad, se podrá emplear como agua de mezclado aquellas que se consideran potables o que por experiencia se conozca que pueden ser usados en la preparación del concreto.

A continuación se presenta los valores máximos de sales y sustancias aceptados para que el agua pueda ser usado en el concreto y esta expresado en partes por millón como se ve en la tabla 3.5.

Cuadro 3.5: Valores máximos de sales y sustancias contenidos en el agua

| Sustancia              | Límite     |
|------------------------|------------|
| Cloruros               | 300 ppm    |
| Sulfatos               | 300 ppm    |
| Sales de magnesio      | 150 ppm    |
| Sales solubles totales | 500 ppm    |
| pH                     | mayor de 7 |
| Sólidos en suspensión  | 1500 ppm   |
| Materia orgánica       | 10 ppm     |

(Fuente: Diseño de Mezclas, 2007, p.30)[10]

#### e) **Aditivos**

Se podrán usar aditivos de reconocida calidad para modificar las propiedades del concreto, con la finalidad de adecuar a las condiciones especiales del concreto por construir. Su empleo se deberá definir por medio de ensayos efectuados con antelación a la obra, con las dosificaciones que garanticen el efecto deseado, sin que se perturben las propiedades restantes de la mezcla, ni representen peligro para la armadura que pueda tener el pavimento. Los aditivos a usar pueden ser inclusores de aire, reductores

<sup>4</sup>Se define como gel a la parte sólida de la pasta, la cual es el resultado de la reacción química del cemento con el agua durante el proceso de hidratación. (Rivva (2000)[6])

de agua, acelerantes y retardantes de fragua; los cuales deben cumplir las especificaciones indicadas en las normas. (EG - MTC, 2013, p.809)[9]

## 2. Hidratación y Curado del Concreto

La hidratación es la reacción química que se produce por el contacto del agua con el cemento, para cumplir con el ciclo de hidratación es necesario que se provea de un adecuado procedimiento de curado así como el tiempo necesario. Se define como curado al periodo durante el cual el concreto es mantenido húmedo y a temperatura adecuada, tales que permitan completar la hidratación del cemento, así como alcanzar las resistencias deseadas. El curado<sup>5</sup> podrá ser mediante: humedad, productos químicos y laminas para cubrir el concreto. La porosidad del agregado liviano proporciona una fuente de agua para el curado interno del concreto y su durabilidad, sin por ello la necesidad de curado externo[11].

- El curado por humedad, es el método más sencillo y efectivo. Consiste en inundar la superficie con agua<sup>6</sup>. Es importante que la temperatura del agua y del concreto no exceda los 7 °C para evitar un choque térmico además la superficie siempre debe estar saturada para evitar ciclos de humedecimiento y secado.
- En el caso de los productos químicos, se empleará un producto de calidad certificada que, aplicado mediante aspersion sobre la superficie del pavimento garantice el correcto curado de éste. El producto por utilizar, debe satisfacer todas las especificaciones de calidad que indique su fabricante. La efectividad de los productos de curado se debe demostrar mediante experiencias previas exitosas o ensayos al inicio de la colocación del concreto.
- Las láminas para cubrir el concreto pueden ser: cubiertas húmedas de tela,

---

<sup>5</sup>Las formas previstas para el curado, que en este documento se señalan son descritos en EG - MTC (2013)[9]

<sup>6</sup>El agua, debe cumplir los requisitos señalados en items anteriores.

### 3.3. Factores que Influyen en el Diseño de Concreto Liviano

costales, paja o arena húmedos en un espesor de 25 mm, y deben permanecer húmedas durante todo el periodo de curado. Otros tipos de cubierta pueden ser de polietilenos generalmente en color blanco, los cuales deben extenderse tan pronto termine las operaciones de acabado superficial y deben sellarse con cinta o sostenerse con bloques.

## 3.3. Factores que Influyen en el Diseño de Concreto Liviano

### 3.3.1. Agregados (Absorción y Contenido de Humedad)

Los principales factores que requieran modificación de los procedimientos de dosificación y control para el concreto liviano en comparación con el concreto normal son las mayores absorciones en los agregados livianos.

Los agregados livianos húmedos son preferibles a secar en el momento de la mezcla ya que tienden a absorber menos agua durante la mezcla y por lo tanto reducir la posibilidad de pérdida de asentamiento, tienen menos tendencia a segregarse.

El concreto fabricado con agregados livianos saturados pueden ser más vulnerables a la congelación y descongelación que el concreto con agregados livianos húmedos o secos.[3]

En el concreto de agregado liviano el principal problema es el cálculo correcto para que la humedad en el (absorbida) y sobre (absorbida) de las partículas de agregado de peso liviano, así como los efectos de la absorción para una aplicación específica. El contenido de humedad con fines de corrección de agregado que se encuentran en una de las cuatro condiciones en el momento de uso. Estas cuatro condiciones se muestran en la figura 3.1.

### 3.3. Factores que Influyen en el Diseño de Concreto Liviano

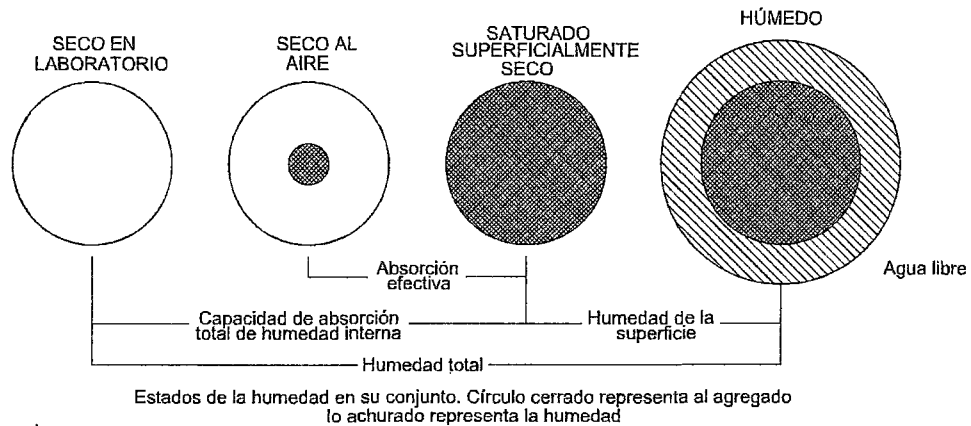


Figura 3.1: Estados de humedad en agregado. (Fuente: Standard Practice for Selecting Proportions for Structural Lightweight Concrete (ACI 211.2-98), p.2)[3]

#### 3.3.2. Agregados (Granulometría)

La clasificación de los agregados finos y gruesos y las proporciones utilizadas tienen un efecto importante en el concreto. Un agregado bien graduado tendrá una distribución continua de tamaños de partículas que producen un mínimo contenido de vacíos y requerirá una cantidad mínima de pasta de cemento para llenar los vacíos. Esto dará como resultado el uso más económico de cemento y proporcionará la máxima resistencia con el cambio de volumen mínimo debido a la contracción por secado.[3]

En general el mayor volumen total de agregado en el concreto se consigue:

- Cuando el agregado es buena, calificada de la más grande de los tamaños a más pequeños.
- Cuando la textura de la superficie es menos porosa. Por el contrario de concreto de agregado liviano que contienen agregados gruesos que tienden a ser angular en forma más poroso en textura de la superficie y posiblemente deficiente en uno o más tamaños de partículas requerirá un menor volumen de agregados.
- Estos mismos factores de forma de la partícula y la textura de clasificación también afectan al porcentaje de agregado fino que se requerirá.

### 3.3.3. **Relación Agua - Cemento**

Desde la mayoría de las propiedades deseables en el concreto endurecido dependen de la calidad de la pasta, producto final del proceso de hidratación del cemento, se considera que una de las etapas fundamentales en la selección de las proporciones de una mezcla de concreto es la elección de la relación agua-cemento más adecuada. La relación agua cemento requerida para un concreto liviano es en función a la resistencia, durabilidad y requisitos de acabado del mismo.

### 3.3.4. **Contenido de aire**

El contenido de aire mejora la trabajabilidad, resistencia a la congelación y descongelación, disminuye el curado. El aire incorporado también reduce el peso unitario del concreto.

La cantidad de aire incorporado recomendada para concreto de agregado liviano que puede ser sometido a congelación y descongelación o sales es de 4 a 6% cuando el tamaño máximo nominal es de 3/4" y 4.5 a 7.5% cuando es 3/8". La resistencia del concreto de peso liviano puede ser reducido por un alto contenido de aire. En contenidos de aires normales (4 a 6%), la reducción es pequeña si su asentamiento son 5" o menos y el contenido de cemento se utilizan como se recomienda.[3]

## 3.4. **Diseño de Mezcla de Concreto Liviano**

Dependiendo del tipo de agregado que se emplea en las mezclas, así será el peso del concreto; el ACI <sup>7</sup> Comité 211, clasifica al concreto como de peso normal, pesado, masivo y concreto estructural liviano.

---

<sup>7</sup>American Concrete Institute (Instituto Americano del Concreto)

### 3.4.1. Determinación de la Proporción de los Componentes de la Mezcla

Los siguientes pasos se consideran fundamentalmente en el proceso de selección de las proporciones de la mezcla para alcanzar las propiedades deseadas del concreto .

1. *Selección de la resistencia promedio a partir de la resistencia en compresión especificada y la desviación estándar*

Las mezclas de concreto deben de diseñarse para una resistencia promedio  $f'_{cr}$ <sup>8</sup> cuyo valor es siempre superior al de la resistencia de diseño especificada  $f'_c$ <sup>9</sup>. El agregado volcánico de tipo I y II es un material nuevo por ello no se cuenta con un registro de resultados de ensayos en la que posibilite el cálculo de desviación estándar, la resistencia promedio será determinada empleando los valores en el cuadro 3.6.

Cuadro 3.6: Resistencia a la compresión promedio

| $f'_c$       | $f'_{cr}$ |
|--------------|-----------|
| Menos de 210 | $f'_c+70$ |
| 210 a 350    | $f'_c+84$ |
| sobre 350    | $f'_c+98$ |

(Fuente: Diseño de Mezclas, Tabla 7.4.3, p.63.)[10]

2. *Selección de tamaño máximo nominal del agregado*

Se selecciona en función de las características del elemento estructural y del sistema de colocación del concreto. Corresponde el menor tamiz de la serie utilizada que produce el primer retenido del agregado grueso.

3. *Selección asentamiento*

Se tendrá en consideración entre otros factores la trabajabilidad deseada, las

<sup>8</sup>Utilizada para la selección de las proporciones de los materiales que intervienen en la unidad cúbica de concreto. Se expresa  $kg/cm^2$

<sup>9</sup>Utilizada por el ingeniero calculista e indicada en los planos y especificaciones de obra. Se expresa  $kg/cm^2$

### 3.4. Diseño de Mezcla de Concreto Liviano

características de los elementos estructurales y las facilidades de colocación y compactación del concreto E.3.

#### 4. *Selección de volumen unitario de agua*

Considerando el tamaño máximo nominal del agregado grueso, la consistencia deseada y la presencia de aire, incorporado o atrapado (sin aire), en la mezcla E.8.

#### 5. *Selección del contenido de aire*

Según se trate del concreto sin aire E.9, los que son expuestos por razones de durabilidad se incorpora aire E.12.

#### 6. *Selección de la relación agua - cemento por resistencia y por durabilidad*

Requerida para obtener la resistencia deseada en el elemento estructural. Se tendrá en consideración la resistencia promedio seleccionada y la presencia o ausencia de aire incorporado E.7.

Se tendrá en consideración los diferentes agentes externos e internos que podrían atentar contra la vida de la estructura.

Elegidas por resistencia y durabilidad, garantizando con ello que se obtendrá en la estructura la resistencia en compresión necesaria y la durabilidad requerida ??.

#### 7. *Determinación del factor cemento*

En función del volumen unitario de agua y de la relación agua - cemento seleccionada.

#### 8. *Determinación las proporciones relativas de los agregados finos y gruesos*

La selección de la cantidad de cada uno de ellos en la unidad cúbica de concreto está condicionada al procedimiento de diseño seleccionado.

#### 9. *Determinar, empleando el método de diseño seleccionado, las proporciones de la mezcla*



Considerando que el agregado está en estado seco y que el volumen unitario de agua no ha sido corregido por humedad del agregado.

#### 10. *Corrección por contenido de humedad y absorción*

Corregir dichas proporciones en función del porcentaje de absorción y el contenido de los agregados finos y gruesos.

Ajustar las proporciones seleccionadas de acuerdo a los resultados de los ensayos de la mezcla realizados en el laboratorio.

### **Método ACI 211.1**

Dentro de esta clasificación del ACI se encuentran los concretos que emplean agregados de peso normal y pesado, también se incluye el concreto masivo. El ACI 211.1 da las pautas a seguir para el proporcionamiento de las mezclas para estos tipos de concreto.

#### 1. *Concreto normal*

Son los concretos que emplean agregados gruesos de peso normal, es el concreto de mayor empleo en la industria de la construcción. Los pesos unitarios de estos agregados gruesos son del orden de 1440 a 1760  $kg/m^3$  y la densidad del concreto es de 2200 a 2530  $Kg/m^3$ , dependiendo del tamaño máximo del agregado empleado y a la cantidad de aire.

#### 2. *Concreto pesado*

Es el concreto en el que se emplean agregados pesados como el mineral hierro, la barita, troquelados de hierro, etc. Los valores de la gravedad específica de los agregados gruesos varían entre 3,4 a 7,5, con estos agregados se pueden obtener pesos del concreto de hasta 5600  $kg/m^3$ . Es empleado principalmente en reactores nucleares e instalaciones similares cuando se requiere la protección de rayos gamma y rayos X.

#### 3. *Concreto masivo*

Es el concreto que por su volumen de colocación es suficientemente grande,

### 3.4. Diseño de Mezcla de Concreto Liviano

que ameritan se tomen medidas para controlar la generación del calor durante la hidratación del cemento y el consiguiente cambio volumétrico por pérdida de agua, con el fin de reducir al máximo el agrietamiento. Se pueden emplear agregados de tamaño máximo hasta de 15,20 *cm* (6"), pero no necesariamente son concretos con agregados de tamaño grande y no se aplica solamente a estructuras masivas de presas o cimentaciones, hay estructuras grandes que pueden ser de gran masa, por lo que la generación de calor de hidratación puede ser importante. Estos concretos se deben diseñar como concreto masivo.

#### Método ACI 211.2

En esta clasificación se encuentra únicamente el concreto confeccionado con agregados de peso liviano, se denomina concreto estructural liviano. En este apartado de ACI se desarrolla el método de diseño para este tipo de concreto.

##### 1. *Concreto estructural liviano*

Es el concreto confeccionado con agregados gruesos de peso liviano, según la clasificación del ASTM C 330, la gravedad específica de estos es del orden de 1,0 a 2,0 y la densidad del concreto en estado fresco está en el orden de 1595 a 2115 *kg/m<sup>3</sup>*, dependiendo de la cantidad de aire incluido o atrapado que tenga el concreto.

Los agregados pueden ser naturales o manufacturados a partir de lutita, arcillas, escoria, etc. Con el empleo de algunos agregados gruesos livianos se puede alcanzar resistencias a la compresión de hasta 340 a 420 *kg/cm<sup>2</sup>*. La mayoría de los concretos livianos emplean agregado fino de peso normal. El comité 211 del ACI ha desarrollado un procedimiento de diseño de mezclas bastante simple el cual, basándose en algunas tablas, permite obtener valores de los diferentes materiales que integran la unidad cúbica de concreto.

##### ▪ *Método 1*

Agregado grueso de peso liviano y agregado fino de peso normal.

- **Método 2**

Todos livianos o combinaciones de agregados livianos y normales.

### Método de Módulo de Fineza

En el método de diseño del Comité 211 del ACI, se determina en primer lugar los contenidos de cemento, agua, aire, y agregado grueso y, por diferencia de la suma de volúmenes absolutos en relación con la unidad, el volumen absoluto y peso seco del agregado fino.

De esta manera, sea cual fuere la resistencia deseada, en tanto se mantengan constante el tamaño máximo nominal del agregado grueso y el módulo de fineza del agregado fino, el contenido total de agregado grueso en la mezcla será el mismo, independientemente del contenido de pasta.

Staton Walker, conjuntamente con el grupo de investigación del Laboratorio de Concreto de la Universidad de Maryland, ha formulado un procedimiento de selección de los procedimientos de selección de las proporciones de la unidad cúbica de concreto con el cual los porcentajes de agregado fino y grueso se modifiquen en función de sus propios módulos de fineza.

Este método tiene como consideración fundamental, además de lo ya expresado, la premisa de que el módulo de fineza del agregado, fino o grueso, es un índice de su superficie específica y que en la medida que esta aumenta se incrementa la demanda de pasta, así como que si se mantiene constante la pasata y se incrementa la fineza del agregado disminuye la resistencia por adherencia. Como consecuencia de las investigaciones se ha podido establecer una ecuación que relaciona el módulo de fineza de los agregados finos y gruesos. 3.4.1, empleando el peso unitario obteniendo mediante apisonado.

$$m = x_f x M F_f + y_g x M F_g \quad (3.4.1)$$

Donde:

$m$  = Módulo de fineza de la combinación de agregados.

$MF_f$  = Módulo de fineza del agregado fino.

$MF_g$  = Módulo de fineza del agregado grueso.

$x_f$  = % de agregado fino en relación al volumen absoluto total del agregado.

$y_g$  = % de agregado grueso en relación al volumen absoluto total del agregado.

Se ha establecido que los agregados fino y gruesos comprendidos dentro de las especificaciones de la Norma ASTM C33 [8] deben producirse concretos trabajables, en condiciones ordinarias, cuando el módulo de fineza de la combinación de agregados se aproxima a los valores de la Cuadro 16.3.10 [10]. La proporción de agregado fino, de módulo de fineza conocido, en relación al volumen absoluto total de agregado necesario, de acuerdo a la riqueza de la mezcla, obtener un módulo de fineza determinado en la combinación de agregados pueden ser calculada, tal como se indicó, a partir de la siguiente ecuación:

$$x_f = \frac{MF_g - m}{MF_g - MF_f} x 100 \quad (3.4.2)$$

Donde:

$m$  = Módulo de fineza de la combinación de agregados obtenido del cuadro 16.3.10 [10]

$MF_f$  = Módulo de fineza del agregado fino obtenido del ensayo granulométrico.

$MF_g$  = Módulo de fineza del agregado grueso obtenido del ensayo granulométrico.

#### **Método de Módulo de Fineza de la Combinación de Agregados por Granulometría (Agregado Global)**

El método consiste en optimizar sistemáticamente la proporción de agregado fino y grueso como un sólo material (agregado global), dirigido a:

- Controlar la trabajabilidad de la mezcla de Concreto.
- Obtener la máxima compacidad de la combinación de agregados mediante ensayos de laboratorio (Análisis granulométrico).

### 3.4. *Diseño de Mezcla de Concreto Liviano*

Para la adición de agua se debe tener en cuenta la durabilidad, según los códigos de diseño del ACI que son similares y por resistencia de acuerdo a la relación de Abrams(a/c).

## Capítulo 4

# Elaboración del Diseño de Mezcla del Concreto Liviano

### 4.1. Generalidades

Las características que deben poseer las mezclas de concreto liviano (CL) son la durabilidad, la resistencia, trabajabilidad y la facilidad de colocación. Si se satisfacen estas características se logrará un buen comportamiento del material y alcanzar los niveles deseados.

La filosofía empleada para el diseño de mezcla del CL será similar al diseño de mezcla del concreto normal. El bajo peso de este concreto (CL), explican el motivo por el cual este material es interesante para los proyectos de construcción en donde sea factible aplicarlos. Los agregados utilizados para este diseño de mezcla son dos tipos de roca volcánicas: Agregado Volcánico Tipo I <sup>1</sup> y Agregado Volcánico Tipo II <sup>2</sup>, de las cuales se obtuvieron de las rocas volcánicas extraídas de las canteras ya mencionadas y al ser trituradas mecánicamente (chancadora), se obtuvieron tanto agregado fino (tamizado por la malla de 1/4") como agregado grueso (tamizado por la malla de 3/4").

---

<sup>1</sup>Roca volcánica rojo del cerro Acuchimay.

<sup>2</sup>Roca volcánica azul del cerro Acuchimay - Quicapata (Alrededor).

## 4.2. Procedimiento de Diseño de Mezcla

Independientemente que las características finales del concreto sean indicadas en las especificaciones y método, las cantidades de materiales por metro cúbico de concreto pueden ser determinadas, siguiendo la secuencia que a continuación se indica:

### 4.2.1. Selección y Análisis Granulométrico de los Agregados

#### Selección de los agregados

Los agregados fueron tomados de las fuentes antes indicadas y llevadas a laboratorio, donde se realizaron las pruebas correspondientes a cada agregado, siguiendo las pruebas establecidas en las normas ASTM [7], NTP - MTC [9] y se comprobaron los resultados con las normas ya mencionadas en el capítulo anterior, pruebas tendientes a determinar la aceptación de los agregados para el empleo en el diseño de mezclas de concreto.

#### Características Físicas

En el cuadro 4.1, 4.2, se muestra el resumen de las características físicas de los dos tipos de agregados livianos con los que se van a trabajar, obtenidos por distintos ensayos y los cuales reúnen los requerimientos de calidad de la norma ASTM C 330 para agregado liviano, los resultados que se muestran fueron obtenidos en los ensayos realizados en el laboratorio para este trabajo de investigación.

1. *Agregado Volcánico Tipo I*
2. *Agregado Volcánico Tipo II*

De acuerdo a su perfil las partículas de los agregados roca tipo I y II son agregados de perfil angular.

Cuadro 4.1: Propiedades físicas del agregado volcánico tipo I usado en la investigación

| <b>Ensayos de Laboratorio</b>                    | <b>Resultados</b> |
|--|-------------------|
| Peso unitario suelto seco (PUSS) (ASTM C-29)     |                   |
| Agregado Grueso                                  | 836.46 $kg/m^3$   |
| Agregado Fino                                    | 1124.30 $kg/m^3$  |
| Peso unitario compactado seco (PUCS) (ASTM C-29) |                   |
| Agregado Grueso                                  | 983.19 $kg/m^3$   |
| Agregado Fino                                    | 1273.24 $kg/m^3$  |
| Peso específico y Absorción del Agregado Grueso  |                   |
| Peso específico                                  | 1.87              |
| Absorción  | 9.35 %            |
| Peso específico y Absorción del Agregado Fino    |                   |
| Peso específico                                  | 2.00              |
| Absorción  | 13.64 %           |
| Contenido de Humedad                             |                   |
| Agregado Grueso                                  | 3.19 %            |
| Agregado Fino                                    | 3.82 %            |

(Fuente: Datos obtenidos en laboratorio.)

Cuadro 4.2: Propiedades físicas del agregado volcánico tipo II usado en la investigación

| <b>Ensayos de Laboratorio</b>                    | <b>Resultados</b> |
|--|-------------------|
| Peso unitario suelto seco (PUSS) (ASTM C-29)     |                   |
| Agregado Grueso                                  | 815.27 $kg/m^3$   |
| Agregado Fino                                    | 1228.65 $kg/m^3$  |
| Peso unitario compactado seco (PUCS) (ASTM C-29) |                   |
| Agregado Grueso                                  | 948.16 $kg/m^3$   |
| Agregado Fino                                    | 1357.39 $kg/m^3$  |
| Peso específico y Absorción del Agregado Grueso  |                   |
| Peso específico                                  | 1.78              |
| Absorción  | 7.43 %            |
| Peso específico y Absorción del Agregado Fino    |                   |
| Peso específico                                  | 2.18              |
| Absorción  | 8.85 %            |
| Contenido de Humedad                             |                   |
| Agregado Grueso                                  | 1.71 %            |
| Agregado Fino                                    | 2.09 %            |

(Fuente: Datos obtenidos en laboratorio.)



### Análisis Granulométrico de los Agregados

Se realizó el análisis granulométrico de los agregados livianos de origen volcánico, deben estar dentro de los límites especificados por norma ASTM C 330 [7].

#### 1. Agregado Grueso

En el cuadro 4.3, 4.4 se presenta la granulometría obtenida para el agregado grueso Tipo I y II, y en las figuras 4.1, 4.2, 4.3, 4.4 se presenta su respectiva curva granulométrica, donde se muestra que la curva para los agregados en estudio esta dentro de los límites establecidos por la norma ASTM C 330 [7]. Es preciso indicar que el ACI 213R (2003) [4] recomienda que el tamaño máximo nominal no debe superar los 3/4" (19.1 mm), el agregado para el estudio cumple con esta recomendación tal como se puede apreciar en cuadro y se trata de un agregado de roca triturada o piedra chancada como es denominada comunmente.

#### a) Agregado Volcánico Tipo I

Cuadro 4.3: Granulometría del Agregado Grueso de Roca Volcánica Tipo I

| Tamiz<br>ASTM | Abertura<br>(mm) | % Que<br>Pasa | ASTM C 330      |       |    | ASTM C 33        |       |    |
|---------------|------------------|---------------|-----------------|-------|----|------------------|-------|----|
|               |                  |               | Huso (3/4"-N°4) |       |    | HUSO 57 (1"-N°4) |       |    |
|               |                  |               | Menor           | Mayor |    | Menor            | Mayor |    |
| 1 1/2"        | 38.100           | 100.00        |                 |       |    | 100              | 100   | ok |
| 1"            | 25.400           | 100.00        | 100             | 100   | ok | 95               | 100   | ok |
| 3/4"          | 19.050           | 100.00        | 90              | 100   | ok |                  |       |    |
| 1/2"          | 12.700           | 49.61         |                 |       |    | 25               | 60    | ok |
| 3/8"          | 9.525            | 15.98         | 10              | 50    | ok |                  |       |    |
| 1/4"          | 6.350            | 4.06          |                 |       |    |                  |       |    |
| N° 4          | 4.760            | 2.21          | 0               | 15    | ok | 0                | 10    | ok |
| N° 8          | 2.380            | 1.26          |                 |       |    | 0                | 5     | ok |
| N° 10         | 2.000            | 1.17          |                 |       |    |                  |       |    |
| N°16          | 1.190            | 1.04          |                 |       |    |                  |       |    |
| N° 20         | 0.840            | 0.99          |                 |       |    |                  |       |    |
| N° 30         | 0.590            | 0.91          |                 |       |    |                  |       |    |
| N° 40         | 0.426            | 0.85          |                 |       |    |                  |       |    |
| N° 50         | 0.297            | 0.80          |                 |       |    |                  |       |    |
| N° 60         | 0.250            | 0.75          |                 |       |    |                  |       |    |
| N° 80         | 0.177            | 0.67          |                 |       |    |                  |       |    |
| N° 100        | 0.149            | 0.64          |                 |       |    |                  |       |    |
| N° 200        | 0.075            | 0.42          |                 |       |    |                  |       |    |

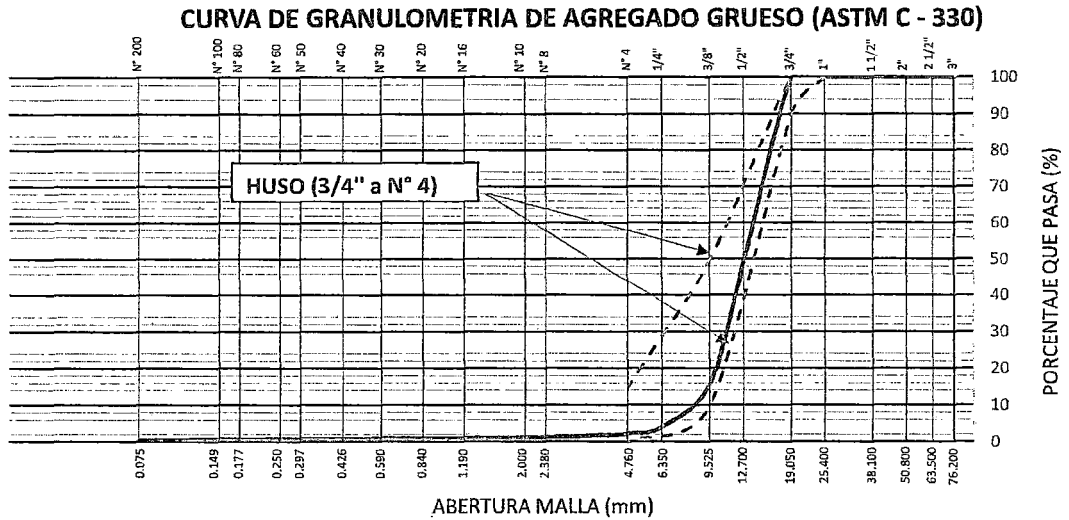


Figura 4.1: Curva Granulométrica del Agregado Grueso de Roca Volcánica Tipo I (ASTM C330)

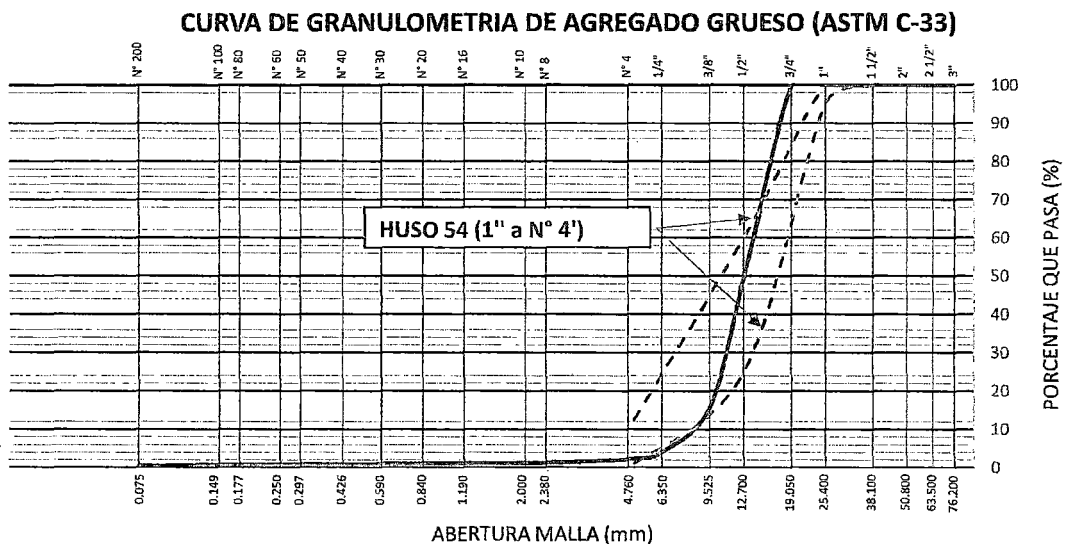


Figura 4.2: Curva Granulométrica del Agregado Grueso de Roca Volcánica Tipo I (ASTM C33)

b) Agregado Volcánico Tipo II

Cuadro 4.4: Granulometría del Agregado Grueso de Roca Volcánica Tipo II

| Tamiz<br>ASTM | Abertura<br>(mm) | % Que<br>Pasa | ASTM C 330    |       |    | ASTM C 33      |       |    |
|---------------|------------------|---------------|---------------|-------|----|----------------|-------|----|
|               |                  |               | Huso (3/4N°4) |       |    | HUSO 57 (1N°4) |       |    |
|               |                  |               | Menor         | Mayor |    | Menor          | Mayor |    |
| 1 1/2"        | 38.100           | 100.00        |               |       |    | 100            | 100   | ok |
| 1"            | 25.400           | 100.00        | 100           | 100   | ok | 95             | 100   | ok |
| 3/4"          | 19.050           | 100.00        | 90            | 100   | ok |                |       |    |
| 1/2"          | 12.700           | 59.37         |               |       |    | 25             | 60    | ok |
| 3/8"          | 9.525            | 30.68         | 10            | 50    | ok |                |       |    |
| 1/4"          | 6.350            | 8.27          |               |       |    |                |       |    |
| N° 4          | 4.760            | 2.79          | 0             | 15    | ok | 0              | 10    | ok |
| N° 8          | 2.380            | 1.34          |               |       |    | 0              | 5     | ok |
| N° 10         | 2.000            | 1.22          |               |       |    |                |       |    |
| N°16          | 1.190            | 1.06          |               |       |    |                |       |    |
| N° 20         | 0.840            | 1.00          |               |       |    |                |       |    |
| N° 30         | 0.590            | 0.88          |               |       |    |                |       |    |
| N° 40         | 0.426            | 0.80          |               |       |    |                |       |    |
| N° 50         | 0.297            | 0.74          |               |       |    |                |       |    |
| N° 60         | 0.250            | 0.67          |               |       |    |                |       |    |
| N° 80         | 0.177            | 0.57          |               |       |    |                |       |    |
| N° 100        | 0.149            | 0.54          |               |       |    |                |       |    |
| N° 200        | 0.075            | 0.34          |               |       |    |                |       |    |

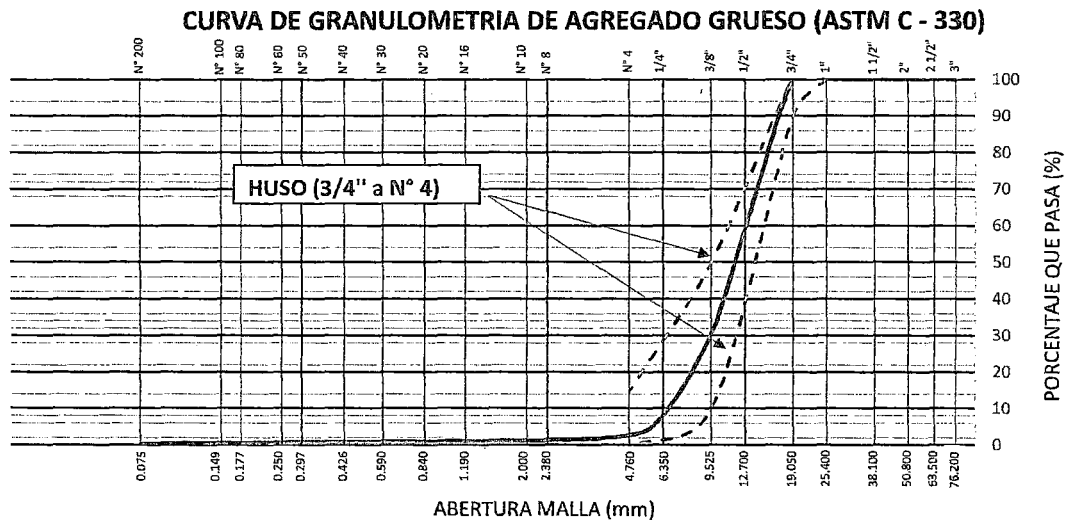


Figura 4.3: Curva Granulométrica del Agregado Grueso de Roca Volcánica Tipo II (ASTM C330)

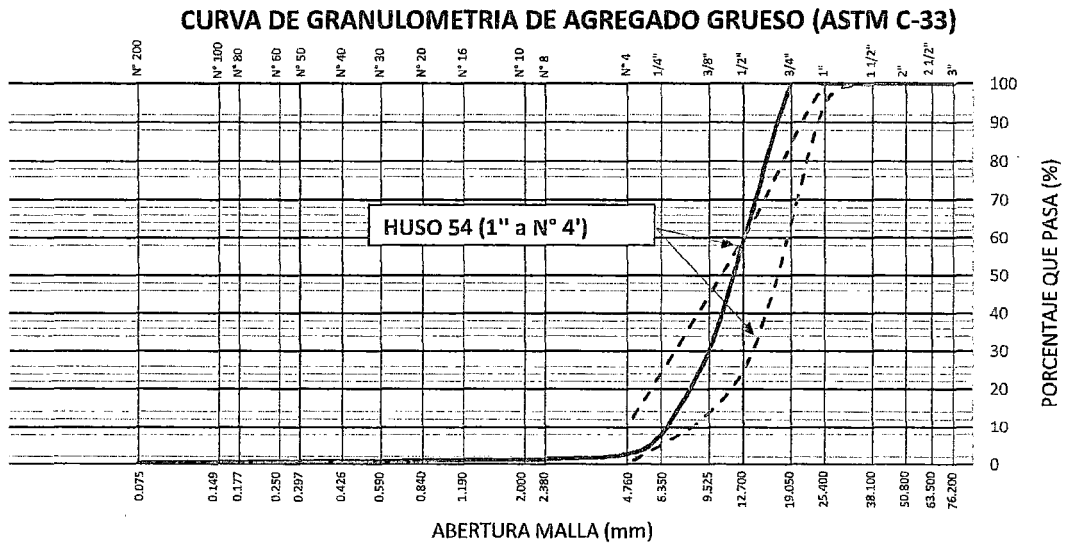


Figura 4.4: Curva Granulométrica del Agregado Grueso de Roca Volcánica Tipo II (ASTM C33)

2. Agregado fino

La granulometría del agregado fino se presenta en los cuadros 4.5, 4.6 y su representación gráfica de la curva granulométrica se presenta en las figuras 4.5, 4.6, 4.7, 4.9.

a) Agregado Volcánico Tipo I

Cuadro 4.5: Granulometría del Agregado fino de Roca Volcánica Tipo I

| Tamiz<br>ASTM | Abertura<br>(mm) | % Que<br>Pasa | ASTM C 330 |       |                      | ASTM C 33 |       |    |
|---------------|------------------|---------------|------------|-------|----------------------|-----------|-------|----|
|               |                  |               | Huso CL    |       | A. intermedia (G. C) | Menor     | Mayor |    |
|               |                  |               | Menor      | Mayor |                      | Menor     | Mayor |    |
| 1/2"          | 12.700           | 100.00        |            |       |                      |           |       |    |
| 3/8"          | 9.525            | 100.00        | 100        | 100   | ok                   | 100       | 100   | ok |
| 1/4"          | 6.350            | 99.81         |            |       |                      |           |       |    |
| N° 4          | 4.760            | 97.12         | 85         | 100   | ok                   | 85        | 100   | ok |
| N° 8          | 2.380            | 67.35         |            |       |                      | 65        | 100   | ok |
| N° 10         | 2.000            | 58.10         |            |       |                      |           |       |    |
| N°16          | 1.190            | 43.91         | 40         | 80    | ok                   | 45        | 100   | no |
| N° 20         | 0.840            | 37.51         |            |       |                      |           |       |    |
| N° 30         | 0.590            | 26.69         |            |       |                      | 25        | 80    | ok |
| N° 40         | 0.426            | 20.34         |            |       |                      |           |       |    |
| N° 50         | 0.297            | 15.92         | 10         | 35    | ok                   | 5         | 48    | ok |
| N° 60         | 0.250            | 12.71         |            |       |                      |           |       |    |
| N° 80         | 0.177            | 9.03          |            |       |                      |           |       |    |
| N° 100        | 0.149            | 7.42          | 5          | 25    | ok                   | 0         | 12    | ok |
| N° 200        | 0.075            | 4.25          |            |       |                      |           |       |    |

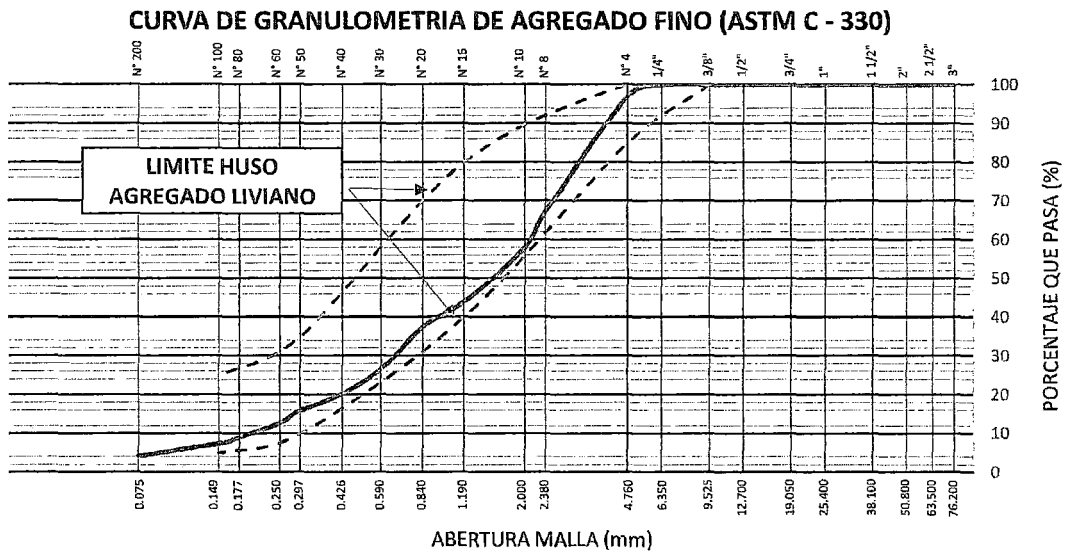


Figura 4.5: Curva Granulométrica del Agregado Fino de Roca Volcánica Tipo I (ASTM C330)

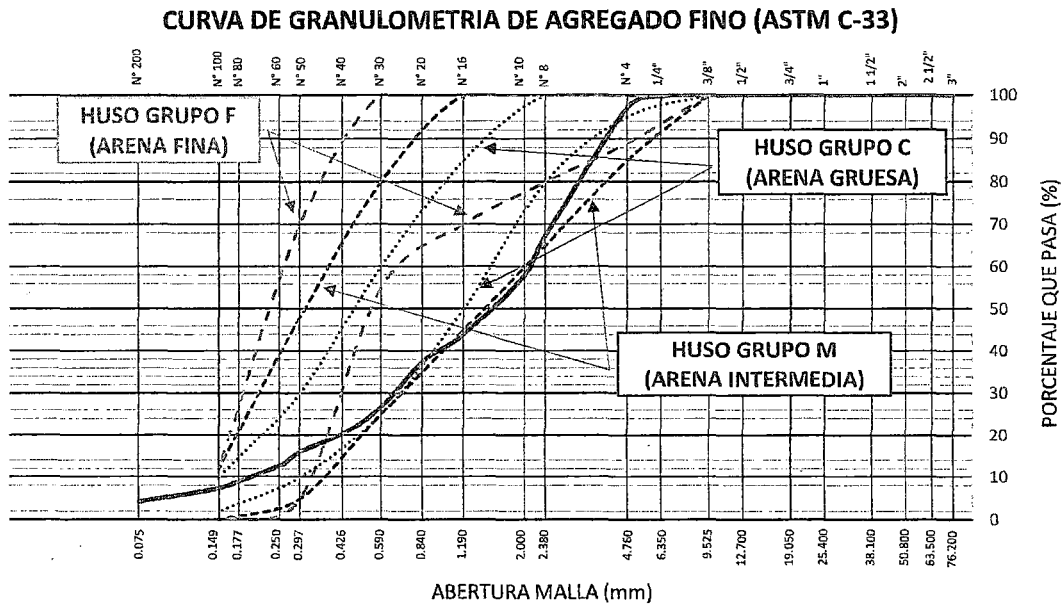


Figura 4.6: Curva Granulométrica del Agregado Fino de Roca Volcánica Tipo I (ASTM C33)

b) Agregado Volcánico Tipo II

Cuadro 4.6: Granulometría del Agregado fino de Roca Volcánica Tipo II

| Tamiz<br>ASTM | Abertura<br>(mm) | % Que<br>Pasa | ASTM C 330       |                  |    | ASTM C 33                     |                               |    |
|---------------|------------------|---------------|------------------|------------------|----|-------------------------------|-------------------------------|----|
|               |                  |               | Huso CL<br>Menor | Huso CL<br>Mayor |    | A. intermedia (G. C)<br>Menor | A. intermedia (G. C)<br>Mayor |    |
| 1/2"          | 12.700           | 100.00        |                  |                  |    |                               |                               |    |
| 3/8"          | 9.525            | 100.00        | 100              | 100              | ok | 100                           | 100                           | ok |
| 1/4"          | 6.350            | 99.89         |                  |                  |    |                               |                               |    |
| N° 4          | 4.760            | 96.40         | 85               | 100              | ok | 85                            | 100                           | ok |
| N° 8          | 2.380            | 69.75         |                  |                  |    | 65                            | 100                           | ok |
| N° 10         | 2.000            | 59.05         |                  |                  |    |                               |                               |    |
| N° 16         | 1.190            | 41.15         | 40               | 80               | ok | 45                            | 100                           | no |
| N° 20         | 0.840            | 33.43         |                  |                  |    |                               |                               |    |
| N° 30         | 0.590            | 22.53         |                  |                  |    | 25                            | 80                            | no |
| N° 40         | 0.426            | 17.18         |                  |                  |    |                               |                               |    |
| N° 50         | 0.297            | 13.86         | 10               | 35               | ok | 5                             | 48                            | ok |
| N° 60         | 0.250            | 11.40         |                  |                  |    |                               |                               |    |
| N° 80         | 0.177            | 8.76          |                  |                  |    |                               |                               |    |
| N° 100        | 0.149            | 7.75          | 5                | 25               | ok | 0                             | 12                            | ok |
| N° 200        | 0.075            | 3.84          |                  |                  |    |                               |                               |    |

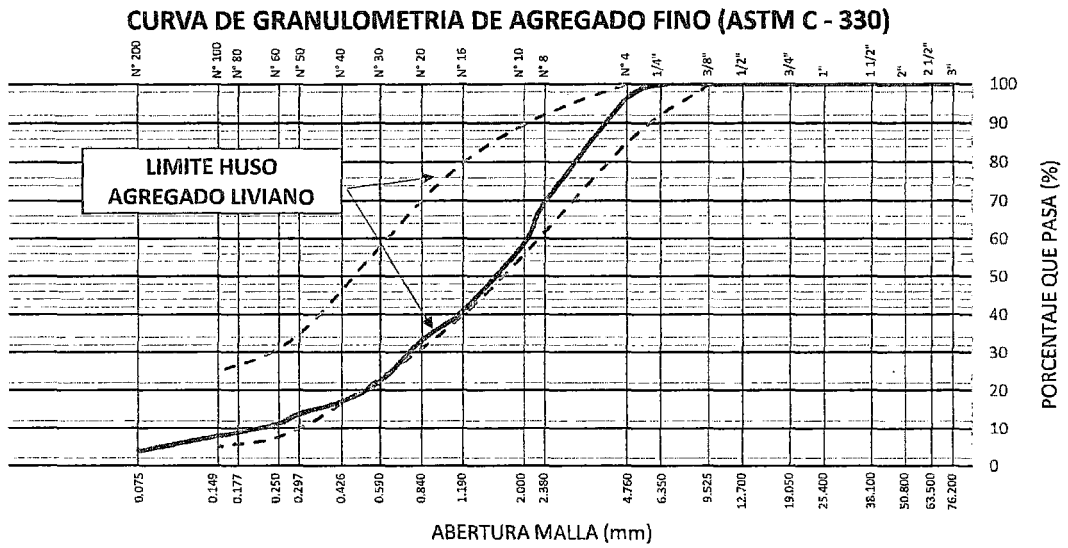


Figura 4.7: Curva Granulométrica del Agregado Fino de Roca Volcánica Tipo II (ASTM C330)

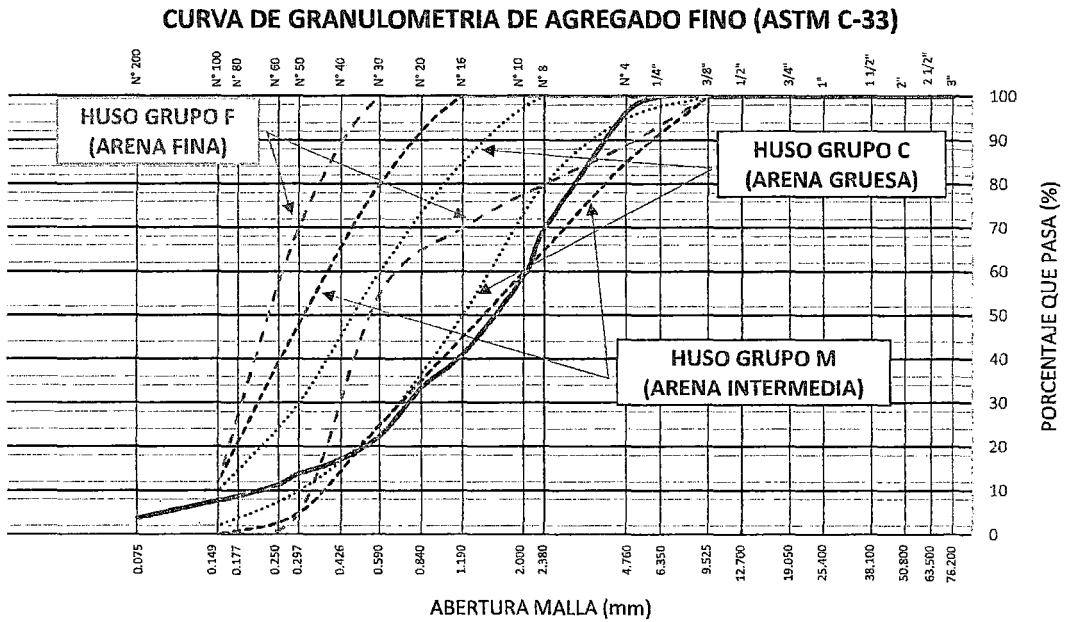


Figura 4.8: Curva Granulométrica del Agregado Fino de Roca Volcánica Tipo II (ASTM C33)

### 4.2.2. Determinación Granulometría óptima

La necesidad de lograr una granulometría deseada, o que se encuentre dentro de entornos granulométricos establecidos, induce a las mezclas de dos o más agregados, de tal forma que el aporte de éstos en el total conformen una granulometría próxima a la buscada.

Cuando las partículas del agregado presentan un tamaño uniforme, el volumen de pasta es elevado, que se reduce cuando se utilizan distintos tamaños (distribución continua), o cuando se anula el tamaño máximo. Por lo que una buena distribución logrará trabajabilidad y economía.

Para la estimación de la combinación de la granulometría óptima, se utiliza el método analítico del módulo de fineza, como no hay muchos estudios sobre agregados livianos de la para la combinación se tomara como el mismo procedimiento como si fuera un agregado normal.

#### Método de Módulo de Fineza de la Combinación de Agregados por Granulometría (Agregado Global)

El módulo de fineza expresa el grosor o finura del agregado y se define como el número que resulta de dividir por 100 la suma de porcentajes retenidos en forma acumulada en los 10 tamices de la serie normal (3", 1 1/2", 3/4", 3/8", N° 4, N° 8, N° 16, N° 30, N° 50, N° 100).

Para determinar la proporción de los agregados, el método del módulo de fineza propone la solución de un sistema de dos ecuaciones con dos incógnitas (4.2.1).

$$\begin{cases} x \times MF_1 + y \times MF_2 = m \\ x + y = 1 \end{cases} \quad (4.2.1)$$

Donde:

$MF_1, MF_2$  = módulo de fineza de los materiales.

$m$  = módulo de fineza deseado.



Si tuvieran que combinarse tres tipos de agregado el método pierde efectividad, ya que se tendría tres incógnitas y solo dos ecuaciones.

### 1. Agregado Volcánico Tipo I

El cuadro 4.7 muestra la granulometría de los agregados fino y grueso determinados, así como el rango granulométrico recomendado para el concreto, a partir de estos datos se busca determinar la combinación granulométrica del agregado fino y grueso que nos brinde la mayor densidad y menor relación de cemento.

Cuadro 4.7: Datos granulométricos de los agregados volcánicos tipo I

| Tamiz<br>ASTM<br>N° | % Que Pasa         |                  |          |          |
|---------------------|--------------------|------------------|----------|----------|
|                     | Agregado<br>Grueso | Agregado<br>Fino | Límites  |          |
|                     |                    |                  | L. Menor | L. Mayor |
| 1 1/2"              | 100.00             |                  | 100      | 100      |
| 1"                  | 100.00             |                  | 98       | 100      |
| 3/4"                | 100.00             |                  | 95       | 100      |
| 1/2"                | 49.61              | 100.00           | 70       | 80       |
| 3/8"                | 15.98              | 100.00           | 50       | 65       |
| 1/4"                | 4.06               | 99.81            |          |          |
| N° 4                | 2.21               | 97.12            | 35       | 55       |
| N° 8                | 1.26               | 67.35            | 25       | 48       |
| N° 10               | 1.17               | 58.10            |          |          |
| N° 16               | 1.04               | 43.91            | 18       | 42       |
| N° 20               | 0.99               | 37.51            |          |          |
| N° 30               | 0.91               | 26.69            | 10       | 35       |
| N° 40               | 0.85               | 20.34            |          |          |
| N° 50               | 0.80               | 15.92            | 5        | 20       |
| N° 60               | 0.75               | 12.71            |          |          |
| N° 80               | 0.67               | 9.03             |          |          |
| N° 100              | 0.64               | 7.42             | 0        | 8        |
| N° 200              | 0.42               | 4.25             |          |          |

El módulo de fineza del agregado grueso resulta de 6.77, para el agregado fino de 3.42 y para el rango granulométrico de la combinación de agregados, se asume el promedio del módulo de fineza de los agregados fino y grueso que viene a ser 5.10, que representa la curva intermedia del rango, y reemplazando en la sistema de ecuaciones 4.2.1.

$$\begin{cases} x \times 6,77 + y \times 3,42 = 5,10 \\ x + y = 1 \end{cases}$$

Resulta que  $x = 0,50$  (A. Grueso) e  $y = 0,50$  (A. Fino).

Con los resultados obtenidos para  $x$  e  $y$  se calcula la distribución granulométrica, considerando una proporción de 50% de agregado grueso y 50% de agregado fino (Cuadro 4.8), se aprecia que la distribución granulométrica estimada cumple con el huso de combinación de agregados presentado en el cuadro 4.7.

Cuadro 4.8: Distribución granulométrica obtenida con el módulo de fineza

| Tamiz<br>ASTM<br>N° | % Que Pasa |        |            |         |                            |
|---------------------|------------|--------|------------|---------|----------------------------|
|                     | Agregados  |        | Proporción |         | Granulometría<br>Calculada |
|                     | AG         | AF     | 0.50xAG    | 0.50xAF |                            |
| 1"                  | 100.00     | 100.00 | 50.00      | 50.00   | 100.00                     |
| 3/4"                | 100.00     | 100.00 | 50.00      | 50.00   | 100.00                     |
| 1/2"                | 49.61      | 100.00 | 24.81      | 50.00   | 74.81                      |
| 3/8"                | 15.98      | 100.00 | 7.99       | 50.00   | 57.99                      |
| 1/4"                | 4.06       | 99.81  | 2.03       | 49.90   | 51.94                      |
| N° 4                | 2.21       | 97.12  | 1.11       | 48.56   | 49.67                      |
| N° 8                | 1.26       | 67.35  | 0.63       | 33.67   | 34.31                      |
| N° 10               | 1.17       | 58.10  | 0.58       | 29.05   | 29.63                      |
| N°16                | 1.04       | 43.91  | 0.52       | 21.96   | 22.48                      |
| N° 20               | 0.99       | 37.51  | 0.49       | 18.75   | 19.25                      |
| N° 30               | 0.91       | 26.69  | 0.45       | 13.35   | 13.80                      |
| N° 40               | 0.85       | 20.34  | 0.42       | 10.17   | 10.59                      |
| N° 50               | 0.80       | 15.92  | 0.40       | 7.96    | 8.36                       |
| N° 60               | 0.75       | 12.71  | 0.38       | 6.36    | 6.73                       |
| N° 80               | 0.67       | 9.03   | 0.33       | 4.52    | 4.85                       |
| N° 100              | 0.64       | 7.42   | 0.32       | 3.71    | 4.03                       |
| N° 200              | 0.42       | 4.25   | 0.21       | 2.13    | 2.34                       |

Esto nos lleva a iterar y buscar otras relaciones del agregado fino y grueso que mejoren la distribución granulométrica del agregado, cuyo resumen se muestra en el cuadro 4.9.

## 4.2. Procedimiento de Diseño de Mezcla

Cuadro 4.9: Resumen de relaciones granulométricas del agregado fino y grueso volcánico tipo I

| Tamiz<br>ASTM<br>N° | Huso 3/4" |          | % Que Pasa   |         |         |         |              |
|---------------------|-----------|----------|--------------|---------|---------|---------|--------------|
|                     | L. Menor  | L. Mayor | 0.40AG+      | 0.45AG+ | 0.50AG+ | 0.55AG+ | 0.60AG+      |
|                     |           |          | 0.60AF       | 0.55AF  | 0.50AF  | 0.45AF  | 0.40AF       |
| 1 1/2"              | 100       | 100      | 100.00       | 100.00  | 100.00  | 100.00  | 100.00       |
| 1"                  | 98        | 100      | 100.00       | 100.00  | 100.00  | 100.00  | 100.00       |
| 3/4"                | 95        | 100      | 100.00       | 100.00  | 100.00  | 100.00  | 100.00       |
| 1/2"                | 70        | 80       | 79.84        | 77.33   | 74.81   | 72.29   | <b>69.77</b> |
| 3/8"                | 50        | 65       | <b>66.39</b> | 62.19   | 57.99   | 53.79   | <b>49.59</b> |
| 1/4"                |           |          | 61.51        | 56.72   | 51.94   | 47.15   | 42.36        |
| N° 4                | 35        | 55       | <b>59.16</b> | 54.41   | 49.67   | 44.92   | 40.18        |
| N° 8                | 25        | 48       | 40.91        | 37.61   | 34.31   | 31.00   | 27.70        |
| N° 10               |           |          | 35.33        | 32.48   | 29.63   | 26.79   | 23.94        |
| N° 16               | 18        | 42       | 26.77        | 24.62   | 22.48   | 20.34   | 18.19        |
| N° 20               |           |          | 22.90        | 21.07   | 19.25   | 17.42   | 15.60        |
| N° 30               | 10        | 35       | 16.38        | 15.09   | 13.80   | 12.51   | 11.22        |
| N° 40               |           |          | 12.54        | 11.57   | 10.59   | 9.62    | 8.64         |
| N° 50               | 5         | 20       | 9.87         | 9.12    | 8.36    | 7.61    | 6.85         |
| N° 60               |           |          | 7.93         | 7.33    | 6.73    | 6.13    | 5.54         |
| N° 80               |           |          | 5.69         | 5.27    | 4.85    | 4.43    | 4.02         |
| N° 100              |           |          | 4.70         | 4.37    | 4.03    | 3.69    | 3.35         |
| N° 200              |           |          | 2.72         | 2.53    | 2.34    | 2.15    | 1.95         |

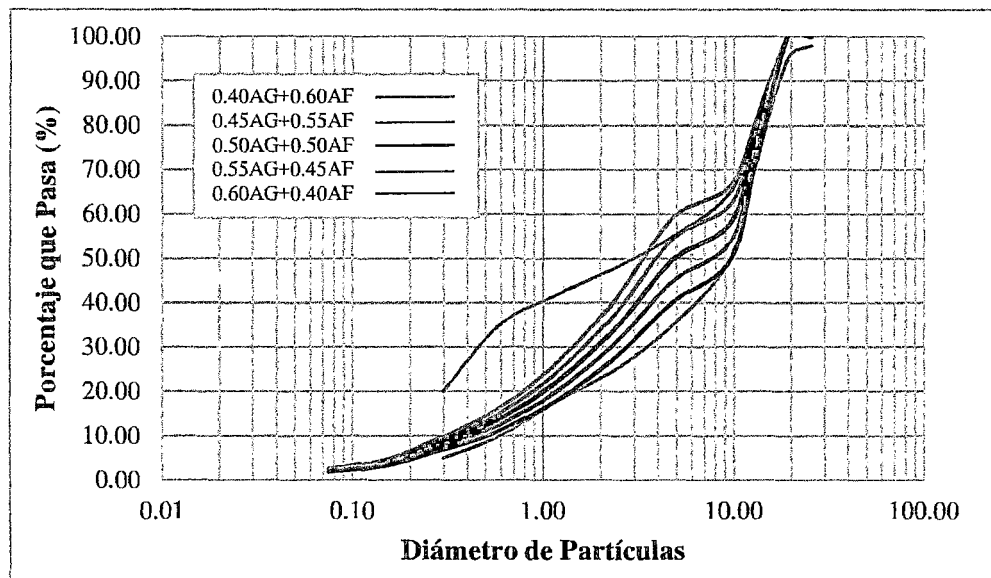


Figura 4.9: Curvas granulométricas de relaciones agregado fino y grueso

De las curvas granulométricas mostradas en la figura 4.9, se aprecia que la mayoría de todas las relaciones de los agregados cumplen con el límite del huso 3/4", sin embargo la que mejor distribución presenta y se asume como

#### 4.2. Procedimiento de Diseño de Mezcla

válida para la mezcla, es la relación de 45 % de agregado grueso y 55 % de agregado fino ya que de las 3 relaciones que cumplen dentro de los límites este tiene mayor porcentaje de finos.

##### 2. Agregado Volcánico Tipo II

Similar a lo explicado a lo anterior se realiza los mismos pasos para el agregado volcánico tipo II, el módulo de fineza del agregado grueso resulta de 6.62, para el agregado fino de 3.49 y para el rango granulométrico de la combinación de agregados, se asume el promedio del módulo de fineza de los agregados fino y grueso que viene a ser 5.06, que representa la curva intermedia del rango, y reemplazando en la sistema de ecuaciones 4.2.1. Resulta que  $x = 0,50$  (A. Grueso) e  $y = 0,50$  (A. Fino).

Con los resultados obtenidos para  $x$  e  $y$  se calcula la distribución granulométrica, considerando una proporción de 50 % de agregado grueso y 50 % de agregado fino. Esto nos lleva a iterar y buscar otras relaciones del agregado fino y grueso que mejoren la distribución granulométrica del agregado, cuyo resumen se muestra en el cuadro 4.10 y la representación gráfica en la figura 4.10.

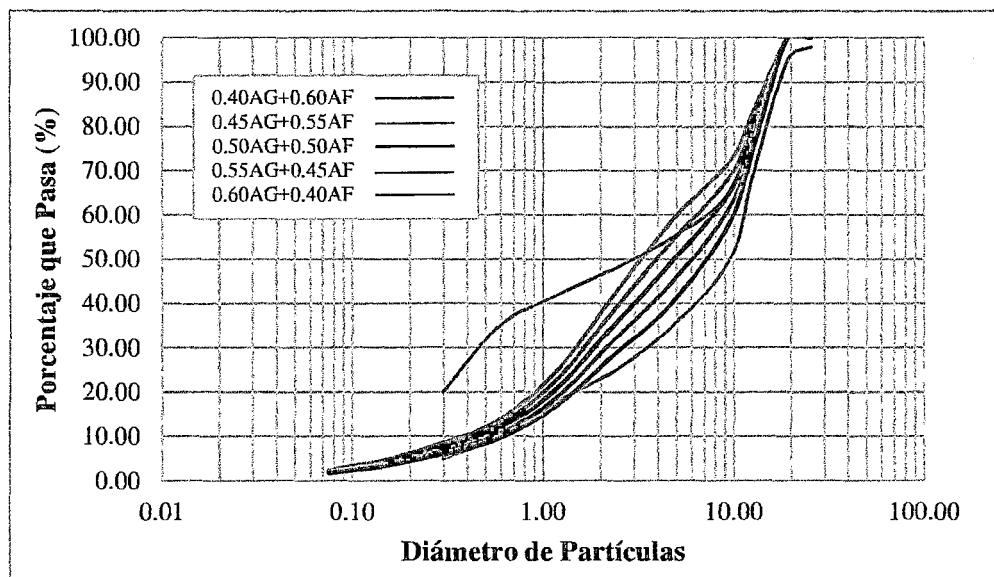


Figura 4.10: Curvas granulométricas de relaciones agregado fino y grueso

Cuadro 4.10: Resumen de relaciones granulométricas del agregado fino y grueso volcánico tipo II

| Tamiz<br>ASTM<br>N° | Huso 3/4" |          | % Que Pasa   |              |              |         |              |
|---------------------|-----------|----------|--------------|--------------|--------------|---------|--------------|
|                     | L. Menor  | L. Mayor | 0.40AG+      | 0.45AG+      | 0.50AG+      | 0.55AG+ | 0.60AG+      |
|                     |           |          | 0.60AF       | 0.55AF       | 0.50AF       | 0.45AF  | 0.40AF       |
| 1 1/2"              | 100       | 100      | 100.00       | 100.00       | 100.00       | 100.00  | 100.00       |
| 1"                  | 98        | 100      | 100          | 100          | 100          | 100     | 100          |
| 3/4"                | 95        | 100      | 100          | 100          | 100          | 100     | 100          |
| 1/2"                | 70        | 80       | <b>83.75</b> | <b>81.72</b> | 79.69        | 77.66   | 75.62        |
| 3/8"                | 50        | 65       | <b>72.27</b> | <b>68.81</b> | <b>65.34</b> | 61.88   | 58.41        |
| 1/4"                |           |          | 63.24        | 58.66        | 54.08        | 49.50   | 44.92        |
| N° 4                | 35        | 55       | <b>58.95</b> | 54.27        | 49.59        | 44.91   | 40.23        |
| N° 8                | 25        | 48       | 42.39        | 38.97        | 35.55        | 32.13   | 28.71        |
| N° 10               |           |          | 35.92        | 33.03        | 30.13        | 27.24   | 24.35        |
| N° 16               | 18        | 42       | 25.12        | 23.11        | 21.11        | 19.10   | <b>17.10</b> |
| N° 20               |           |          | 20.46        | 18.84        | 17.22        | 15.60   | 13.98        |
| N° 30               | 10        | 35       | 13.87        | 12.79        | 11.71        | 10.62   | <b>9.54</b>  |
| N° 40               |           |          | 10.63        | 9.81         | 8.99         | 8.17    | 7.35         |
| N° 50               | 5         | 20       | 8.61         | 7.95         | 7.30         | 6.64    | 5.99         |
| N° 60               |           |          | 7.11         | 6.57         | 6.03         | 5.50    | 4.96         |
| N° 80               |           |          | 5.48         | 5.08         | 4.67         | 4.26    | 3.85         |
| N° 100              |           |          | 4.87         | 4.51         | 4.14         | 3.78    | 3.42         |
| N° 200              |           |          | 2.44         | 2.27         | 2.09         | 1.92    | 1.74         |

De las curvas granulométricas mostradas en la figura 4.9, se aprecia que la mayoría de todas las relaciones de los agregados no cumplen con el límite del huso 3/4", sin embargo la que mejor distribución presenta y se asume como válida para la mezcla, es la relación de 55 % de agregado grueso y 45 % de agregado fino

### 4.3. Proporción de Mezcla

Ésta describe la elaboración de especímenes cilíndricos de concreto (Probetas) de 6 pulgadas de diámetro y 12 pulgadas de altura, también se usaron probetas de 4 pulgadas de diámetro y 8 pulgadas de altura para evaluar las proporciones de mezcla y su resistencia a la compresión. Los moldes empleados, el procedimiento son los mismos que para el concreto normal.

La dosificación de los componentes de la mezcla se realizó por peso y se preparó en tandas para obtener 2 probetas de (6"x12") y 1 probeta de (4"x8").

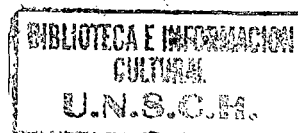
**Curado de los Especímenes:** Finalizado la elaboración de las probetas, se cubre la parte superior con bolsas plásticas, con la intención de regular la pérdida de hume-

dad. Después de  $24 \pm 5$  horas de elaboradas las probetas se procedió a desmoldarlos y colocarlos en un tanque de almacenamiento de agua con temperatura controlada, puesto que los especímenes deben ser curados a una temperatura de  $23 \pm 2$  °C desde el molde hasta el momento de la prueba de los mismos.

#### 4.3.1. Selección de Proporción de Mezcla

El diseño de concreto liviano con agregado de origen volcánico no tiene normas específicas para realizar su dosificación, por lo tanto como un método de diseño empleada es realizar algunas mezclas, para determinar las cantidades bases de cada material, de manera que se obtengan las propiedades objetivo buscadas en el concreto. Para luego realizar un ensayo patrón en que será utilizado en la dosificación de nuestras probetas. Se realizó la selección de la proporción de mezcla para concreto liviano de agregado volcánico para ambos tipos tanto el I y II con 4 métodos de los cuáles se realizó con los procedimientos explicados en los capítulo anterior. De las cuales 3 métodos (Método ACI 211.1, Módulo de Fineza y Agregado Global) que son para concreto normal y uno que es el ACI 211.2 que es para concreto liviano.

Los procedimientos para cada uno de los métodos se explicó paso a paso en el capítulo anterior y en los anexos.



## Método ACI 211.1

## 1. Agregado Volcánico Tipo I

Cuadro 4.11: Proporción del diseño de mezcla por m3 de CL de materiales secos

| RESUMEN DE MATERIALES SECOS POR M3 DE CONCRETO |                 |                 |                          |                            |                   |                  |
|--|-----------------|-----------------|--------------------------|----------------------------|-------------------|------------------|
| f'c<br>(kg/cm2)                                | Relación<br>a/c | Cemento<br>(kg) | Agregado<br>Fino (kg)(*) | Agregado<br>Grueso (kg)(*) | Agua (**)<br>(Lt) | Total<br>(kg/m3) |
| 280  | 0.47            | 463.52          | 706.77                   | 479.80                     | 216.00            | 1866.08          |
| 210  | 0.56            | 386.82          | 756.09                   | 479.80                     | 216.00            | 1838.71          |
| 140  | 0.68            | 315.79          | 801.77                   | 479.80                     | 216.00            | 1813.35          |

Cuadro 4.12: Dosificación en peso seco

| DOSIFICACIÓN EN PESO SECO (C:AF:AG:AGUA) |                        |         |                       |                         |                  |
|--|------------------------|---------|-----------------------|-------------------------|------------------|
| f'c                                      | Relación<br>a/c diseño | Cemento | Agregado<br>Fino (AF) | Agregado<br>Grueso (AG) | Agua<br>(lt/bls) |
| 280                                      | 0.47                   | 1.00    | 1.52                  | 1.04                    | 19.81            |
| 210                                      | 0.56                   | 1.00    | 1.95                  | 1.24                    | 23.73            |
| 140                                      | 0.68                   | 1.00    | 2.54                  | 1.52                    | 29.07            |

Cuadro 4.13: Proporción del diseño de mezcla por m3 de CL de materiales húmedos

| RESUMEN DE MATERIALES HÚMEDOS POR M3 DE CONCRETO |                 |                 |                          |                            |                   |                  |
|--|-----------------|-----------------|--------------------------|----------------------------|-------------------|------------------|
| f'c<br>(kg/cm2)                                  | Relación<br>a/c | Cemento<br>(kg) | Agregado<br>Fino (kg)(*) | Agregado<br>Grueso (kg)(*) | Agua (**)<br>(Lt) | Total<br>(kg/m3) |
| 280  | 0.47            | 463.52          | 733.69                   | 495.10                     | 315.03            | 2007.35          |
| 210  | 0.56            | 386.82          | 784.90                   | 495.10                     | 319.88            | 1986.70          |
| 140  | 0.68            | 315.79          | 832.32                   | 495.10                     | 324.37            | 1967.58          |

Cuadro 4.14: Dosificación en peso húmedo

| DOSIFICACIÓN EN PESO HÚMEDO (C:AF:AG:AGUA) |                        |         |                       |                         |                  |
|--|------------------------|---------|-----------------------|-------------------------|------------------|
| f'c  | Relación<br>a/c diseño | Cemento | Agregado<br>Fino (AF) | Agregado<br>Grueso (AG) | Agua<br>(lt/bls) |
| 280  | 0.47                   | 1.00    | 1.58                  | 1.07                    | 28.89            |
| 210  | 0.56                   | 1.00    | 2.03                  | 1.28                    | 35.15            |
| 140  | 0.68                   | 1.00    | 2.64                  | 1.57                    | 43.65            |

## 2. Agregado Volcánico Tipo II

Cuadro 4.15: Proporción del diseño de mezcla por m3 de CL de materiales secos

| RESUMEN DE MATERIALES SECOS POR M3 DE CONCRETO |                 |                 |                          |                            |                   |                               |
|--|-----------------|-----------------|--------------------------|----------------------------|-------------------|-------------------------------|
| f'c<br>(kg/cm <sup>2</sup> )                   | Relación<br>a/c | Cemento<br>(kg) | Agregado<br>Fino (kg)(*) | Agregado<br>Grueso (kg)(*) | Agua (**)<br>(Lt) | Total<br>(kg/m <sup>3</sup> ) |
| 280  | 0.47            | 463.52          | 771.16                   | 456.06                     | 216.00            | 1906.74                       |
| 210  | 0.56            | 386.82          | 824.92                   | 456.06                     | 216.00            | 1883.81                       |
| 140  | 0.68            | 315.79          | 874.71                   | 456.06                     | 216.00            | 1862.57                       |

Cuadro 4.16: Dosificación en peso seco

| DOSIFICACIÓN EN PESO SECO (C:AF:AG:AGUA) |                        |         |                       |                         |                  |
|--|------------------------|---------|-----------------------|-------------------------|------------------|
| f'c                                      | Relación<br>a/c diseño | Cemento | Agregado<br>Fino (AF) | Agregado<br>Grueso (AG) | Agua<br>(lt/bls) |
| 280                                      | 0.47                   | 1.00    | 1.66                  | 0.98                    | 19.81            |
| 210                                      | 0.56                   | 1.00    | 2.13                  | 1.18                    | 23.73            |
| 140                                      | 0.68                   | 1.00    | 2.77                  | 1.44                    | 29.07            |

Cuadro 4.17: Proporción del diseño de mezcla por m3 de CL de materiales húmedos

| RESUMEN DE MATERIALES HÚMEDOS POR M3 DE CONCRETO |                 |                 |                          |                            |                   |                               |
|--|-----------------|-----------------|--------------------------|----------------------------|-------------------|-------------------------------|
| f'c<br>(kg/cm <sup>2</sup> )                     | Relación<br>a/c | Cemento<br>(kg) | Agregado<br>Fino (kg)(*) | Agregado<br>Grueso (kg)(*) | Agua (**)<br>(Lt) | Total<br>(kg/m <sup>3</sup> ) |
| 280  | 0.47            | 463.52          | 787.28                   | 463.86                     | 294.22            | 2008.88                       |
| 210  | 0.56            | 386.82          | 842.16                   | 463.86                     | 297.85            | 1990.70                       |
| 140  | 0.68            | 315.79          | 892.99                   | 463.86                     | 301.22            | 1973.86                       |

Cuadro 4.18: Dosificación en peso húmedo

| DOSIFICACIÓN EN PESO HÚMEDO (C:AF:AG:AGUA) |                        |         |                       |                         |                  |
|--|------------------------|---------|-----------------------|-------------------------|------------------|
| f'c  | Relación<br>a/c diseño | Cemento | Agregado<br>Fino (AF) | Agregado<br>Grueso (AG) | Agua<br>(lt/bls) |
| 280  | 0.47                   | 1.00    | 1.70                  | 1.00                    | 26.98            |
| 210  | 0.56                   | 1.00    | 2.18                  | 1.20                    | 32.73            |
| 140  | 0.68                   | 1.00    | 2.83                  | 1.47                    | 40.54            |



## Método ACI 211.2

## 1. Agregado Volcánico Tipo I

Cuadro 4.19: Proporción del diseño de mezcla por m<sup>3</sup> de CL de materiales secos

| RESUMEN DE MATERIALES SECOS POR M <sup>3</sup> DE CONCRETO |                 |                 |                          |                            |                   |                               |
|--|-----------------|-----------------|--------------------------|----------------------------|-------------------|-------------------------------|
| f'c<br>(kg/cm <sup>2</sup> )                               | Relación<br>a/c | Cemento<br>(kg) | Agregado<br>Fino (kg)(*) | Agregado<br>Grueso (kg)(*) | Agua (**)<br>(Lt) | Total<br>(kg/m <sup>3</sup> ) |
| 280  | 0.46            | 473.80          | 614.03                   | 558.45                     | 217.00            | 1863.28                       |
| 210  | 0.55            | 394.19          | 665.23                   | 558.45                     | 217.00            | 1834.87                       |
| 140  | 0.68            | 317.53          | 714.53                   | 558.45                     | 217.00            | 1807.51                       |

Cuadro 4.20: Dosificación en peso seco

| DOSIFICACIÓN EN PESO SECO (C:AF:AG:AGUA) |                        |         |                       |                         |                  |
|--|------------------------|---------|-----------------------|-------------------------|------------------|
| f'c                                      | Relación<br>a/c diseño | Cemento | Agregado<br>Fino (AF) | Agregado<br>Grueso (AG) | Agua<br>(lt/bls) |
| 280                                      | 0.47                   | 1.00    | 1.30                  | 1.18                    | 19.47            |
| 210                                      | 0.56                   | 1.00    | 1.69                  | 1.42                    | 23.40            |
| 140                                      | 0.68                   | 1.00    | 2.25                  | 1.76                    | 29.04            |

Cuadro 4.21: Proporción del diseño de mezcla por m<sup>3</sup> de CL de materiales húmedos

| RESUMEN DE MATERIALES HÚMEDOS POR M <sup>3</sup> DE CONCRETO |                 |                 |                          |                            |                   |                               |
|--|-----------------|-----------------|--------------------------|----------------------------|-------------------|-------------------------------|
| f'c<br>(kg/cm <sup>2</sup> )                                 | Relación<br>a/c | Cemento<br>(kg) | Agregado<br>Fino (kg)(*) | Agregado<br>Grueso (kg)(*) | Agua (**)<br>(Lt) | Total<br>(kg/m <sup>3</sup> ) |
| 280  | 0.47            | 473.80          | 637.43                   | 576.27                     | 311.76            | 1999.25                       |
| 210  | 0.56            | 394.19          | 690.57                   | 576.27                     | 316.79            | 1977.82                       |
| 140  | 0.68            | 317.53          | 741.75                   | 576.27                     | 321.64            | 1957.18                       |

Cuadro 4.22: Dosificación en peso húmedos

| DOSIFICACIÓN EN PESO HÚMEDO (C:AF:AG:AGUA) |                        |         |                       |                         |                  |
|--|------------------------|---------|-----------------------|-------------------------|------------------|
| f'c  | Relación<br>a/c diseño | Cemento | Agregado<br>Fino (AF) | Agregado<br>Grueso (AG) | Agua<br>(lt/bls) |
| 280  | 0.47                   | 1.00    | 1.35                  | 1.22                    | 27.97            |
| 210  | 0.56                   | 1.00    | 1.75                  | 1.46                    | 34.16            |
| 140  | 0.68                   | 1.00    | 2.34                  | 1.81                    | 43.05            |

## 2. Agregado Volcánico Tipo II

Cuadro 4.23: Proporción del diseño de mezcla por m3 de CL de materiales secos

| RESUMEN DE MATERIALES SECOS POR M3 DE CONCRETO |                 |                 |                          |                            |                   |                  |
|--|-----------------|-----------------|--------------------------|----------------------------|-------------------|------------------|
| f'c<br>(kg/cm2)                                | Relación<br>a/c | Cemento<br>(kg) | Agregado<br>Fino (kg)(*) | Agregado<br>Grueso (kg)(*) | Agua (**)<br>(Lt) | Total<br>(kg/m3) |
| 280  | 0.47            | 473.80          | 668.87                   | 531.92                     | 217.00            | 1891.59          |
| 210  | 0.56            | 394.19          | 724.68                   | 531.92                     | 217.00            | 1867.78          |
| 140  | 0.68            | 317.53          | 778.41                   | 531.92                     | 217.00            | 1844.86          |

Cuadro 4.24: Dosificación en peso seco

| DOSIFICACIÓN EN PESO SECO (C:AF:AG:AGUA) |                        |         |                       |                         |                  |
|--|------------------------|---------|-----------------------|-------------------------|------------------|
| f'c                                      | Relación<br>a/c diseño | Cemento | Agregado<br>Fino (AF) | Agregado<br>Grueso (AG) | Agua<br>(lt/bls) |
| 280                                      | 0.47                   | 1.00    | 1.41                  | 1.12                    | 19.47            |
| 210                                      | 0.56                   | 1.00    | 1.84                  | 1.35                    | 23.40            |
| 140                                      | 0.68                   | 1.00    | 2.45                  | 1.68                    | 29.04            |

Cuadro 4.25: Proporción del diseño de mezcla por m3 de CL de materiales húmedos

| RESUMEN DE MATERIALES HÚMEDOS POR M3 DE CONCRETO |                 |                 |                          |                            |                   |                  |
|--|-----------------|-----------------|--------------------------|----------------------------|-------------------|------------------|
| f'c<br>(kg/cm2)                                  | Relación<br>a/c | Cemento<br>(kg) | Agregado<br>Fino (kg)(*) | Agregado<br>Grueso (kg)(*) | Agua (**)<br>(Lt) | Total<br>(kg/m3) |
| 280  | 0.47            | 473.80          | 682.85                   | 541.01                     | 292.64            | 1990.31          |
| 210  | 0.56            | 394.19          | 739.82                   | 541.01                     | 296.41            | 1971.44          |
| 140  | 0.68            | 317.53          | 794.68                   | 541.01                     | 300.05            | 1953.27          |

Cuadro 4.26: Dosificación en peso húmedo

| DOSIFICACIÓN EN PESO HÚMEDO (C:AF:AG:AGUA) |                        |         |                       |                         |                  |
|--|------------------------|---------|-----------------------|-------------------------|------------------|
| f'c  | Relación<br>a/c diseño | Cemento | Agregado<br>Fino (AF) | Agregado<br>Grueso (AG) | Agua<br>(lt/bls) |
| 280  | 0.47                   | 1.00    | 1.44                  | 1.14                    | 26.25            |
| 210  | 0.56                   | 1.00    | 1.88                  | 1.37                    | 31.96            |
| 140  | 0.68                   | 1.00    | 2.50                  | 1.70                    | 40.16            |

## Método Módulo de Fineza

## 1. Agregado Volcánico Tipo I

Cuadro 4.27: Proporción del diseño de mezcla por m3 de CL de materiales secos

| RESUMEN DE MATERIALES SECOS POR M3 DE CONCRETO |                 |                 |                          |                            |                   |                  |
|--|-----------------|-----------------|--------------------------|----------------------------|-------------------|------------------|
| f'c<br>(kg/cm2)                                | Relación<br>a/c | Cemento<br>(kg) | Agregado<br>Fino (kg)(*) | Agregado<br>Grueso (kg)(*) | Agua (**)<br>(Lt) | Total<br>(kg/m3) |
| 280  | 0.47            | 463.52          | 705.55                   | 480.94                     | 216.00            | 1866.00          |
| 210  | 0.56            | 386.82          | 785.37                   | 452.42                     | 216.00            | 1840.61          |
| 140  | 0.68            | 315.79          | 863.48                   | 422.10                     | 216.00            | 1817.37          |

Cuadro 4.28: Dosificación en peso seco

| DOSIFICACIÓN EN PESO SECO (C:AF:AG:AGUA) |                        |         |                       |                         |                  |
|--|------------------------|---------|-----------------------|-------------------------|------------------|
| f'c                                      | Relación<br>a/c diseño | Cemento | Agregado<br>Fino (AF) | Agregado<br>Grueso (AG) | Agua<br>(lt/bls) |
| 280                                      | 0.47                   | 1.00    | 1.52                  | 1.04                    | 19.81            |
| 210                                      | 0.56                   | 1.00    | 2.03                  | 1.17                    | 23.73            |
| 140                                      | 0.68                   | 1.00    | 2.73                  | 1.34                    | 29.07            |

Cuadro 4.29: Proporción del diseño de mezcla por m3 de CL de materiales húmedos

| RESUMEN DE MATERIALES HÚMEDOS POR M3 DE CONCRETO |                 |                 |                          |                            |                   |                  |
|--|-----------------|-----------------|--------------------------|----------------------------|-------------------|------------------|
| f'c<br>(kg/cm2)                                  | Relación<br>a/c | Cemento<br>(kg) | Agregado<br>Fino (kg)(*) | Agregado<br>Grueso (kg)(*) | Agua (**)<br>(Lt) | Total<br>(kg/m3) |
| 280  | 0.47            | 463.52          | 732.43                   | 496.28                     | 314.98            | 2007.21          |
| 210  | 0.56            | 386.82          | 815.29                   | 466.85                     | 321.07            | 1990.04          |
| 140  | 0.68            | 315.79          | 896.38                   | 435.56                     | 326.88            | 1974.61          |

Cuadro 4.30: Dosificación en peso húmedo

| DOSIFICACIÓN EN PESO HÚMEDO (C:AF:AG:AGUA) |                        |         |                       |                         |                  |
|--|------------------------|---------|-----------------------|-------------------------|------------------|
| f'c  | Relación<br>a/c diseño | Cemento | Agregado<br>Fino (AF) | Agregado<br>Grueso (AG) | Agua<br>(lt/bls) |
| 280  | 0.47                   | 1.00    | 1.58                  | 1.07                    | 28.88            |
| 210  | 0.56                   | 1.00    | 2.11                  | 1.21                    | 35.28            |
| 140  | 0.68                   | 1.00    | 2.84                  | 1.38                    | 43.99            |

## 2. Agregado Volcánico Tipo II

Cuadro 4.31: Proporción del diseño de mezcla por m3 de CL de materiales secos

| RESUMEN DE MATERIALES SECOS POR M3 DE CONCRETO |                 |                 |                          |                            |                   |                  |
|--|-----------------|-----------------|--------------------------|----------------------------|-------------------|------------------|
| f'c<br>(kg/cm2)                                | Relación<br>a/c | Cemento<br>(kg) | Agregado<br>Fino (kg)(*) | Agregado<br>Grueso (kg)(*) | Agua (**)<br>(Lt) | Total<br>(kg/m3) |
| 280  | 0.47            | 463.52          | 759.38                   | 465.69                     | 216.00            | 1904.58          |
| 210  | 0.56            | 386.82          | 849.92                   | 435.65                     | 216.00            | 1888.39          |
| 140  | 0.68            | 315.79          | 938.66                   | 403.85                     | 216.00            | 1874.30          |

Cuadro 4.32: Dosificación en peso seco

| DOSIFICACIÓN EN PESO SECO (C:AF:AG:AGUA) |                        |         |                       |                         |                  |
|--|------------------------|---------|-----------------------|-------------------------|------------------|
| f'c                                      | Relación<br>a/c diseño | Cemento | Agregado<br>Fino (AF) | Agregado<br>Grueso (AG) | Agua<br>(lt/bls) |
| 280                                      | 0.47                   | 1.00    | 1.64                  | 1.00                    | 19.81            |
| 210                                      | 0.56                   | 1.00    | 2.20                  | 1.13                    | 23.73            |
| 140                                      | 0.68                   | 1.00    | 2.97                  | 1.28                    | 29.07            |

Cuadro 4.33: Proporción del diseño de mezcla por m3 de CL de materiales húmedos

| RESUMEN DE MATERIALES HÚMEDOS POR M3 DE CONCRETO |                 |                 |                          |                            |                   |                  |
|--|-----------------|-----------------|--------------------------|----------------------------|-------------------|------------------|
| f'c<br>(kg/cm2)                                  | Relación<br>a/c | Cemento<br>(kg) | Agregado<br>Fino (kg)(*) | Agregado<br>Grueso (kg)(*) | Agua (**)<br>(Lt) | Total<br>(kg/m3) |
| 280  | 0.47            | 463.52          | 775.25                   | 473.65                     | 293.97            | 2006.39          |
| 210  | 0.56            | 386.82          | 867.69                   | 443.10                     | 298.37            | 1995.98          |
| 140  | 0.68            | 315.79          | 958.28                   | 410.75                     | 302.55            | 1987.38          |

Cuadro 4.34: Dosificación en peso húmedo

| DOSIFICACIÓN EN PESO HÚMEDO (C:AF:AG:AGUA) |                        |         |                       |                         |                  |
|--|------------------------|---------|-----------------------|-------------------------|------------------|
| f'c  | Relación<br>a/c diseño | Cemento | Agregado<br>Fino (AF) | Agregado<br>Grueso (AG) | Agua<br>(lt/bls) |
| 280  | 0.47                   | 1.00    | 1.67                  | 1.02                    | 26.95            |
| 210  | 0.56                   | 1.00    | 2.24                  | 1.15                    | 32.78            |
| 140  | 0.68                   | 1.00    | 3.03                  | 1.30                    | 40.72            |

### Método de Módulo de Fineza de la Combinación de Agregados por Granulometría (Agregado Global)

#### 1. Agregado Volcánico Tipo I

Cuadro 4.35: Proporción del diseño de mezcla por m<sup>3</sup> de CL de materiales secos

| RESUMEN DE MATERIALES SECOS POR M3 DE CONCRETO |                 |                 |                          |                            |                   |                               |
|--|-----------------|-----------------|--------------------------|----------------------------|-------------------|-------------------------------|
| f'c<br>(kg/cm <sup>2</sup> )                   | Relación<br>a/c | Cemento<br>(kg) | Agregado<br>Fino (kg)(*) | Agregado<br>Grueso (kg)(*) | Agua (**)<br>(Lt) | Total<br>(kg/m <sup>3</sup> ) |
| 280  | 0.47            | 463.52          | 670.95                   | 513.28                     | 216.00            | 1863.75                       |
| 210  | 0.56            | 386.82          | 698.08                   | 534.03                     | 216.00            | 1834.94                       |
| 140  | 0.68            | 315.79          | 723.21                   | 553.25                     | 216.00            | 1808.25                       |

Cuadro 4.36: Dosificación en peso seco

| DOSIFICACIÓN EN PESO SECO (C:AF:AG:AGUA) |                        |         |                       |                         |                  |
|--|------------------------|---------|-----------------------|-------------------------|------------------|
| f'c                                      | Relación<br>a/c diseño | Cemento | Agregado<br>Fino (AF) | Agregado<br>Grueso (AG) | Agua<br>(lt/bls) |
| 280                                      | 0.47                   | 1.00    | 1.45                  | 1.11                    | 19.81            |
| 210                                      | 0.56                   | 1.00    | 1.80                  | 1.38                    | 23.73            |
| 140                                      | 0.68                   | 1.00    | 2.29                  | 1.75                    | 29.07            |

Cuadro 4.37: Proporción del diseño de mezcla por m<sup>3</sup> de CL de materiales húmedos

| RESUMEN DE MATERIALES HÚMEDOS POR M3 DE CONCRETO |                 |                 |                          |                            |                   |                               |
|--|-----------------|-----------------|--------------------------|----------------------------|-------------------|-------------------------------|
| f'c<br>(kg/cm <sup>2</sup> )                     | Relación<br>a/c | Cemento<br>(kg) | Agregado<br>Fino (kg)(*) | Agregado<br>Grueso (kg)(*) | Agua (**)<br>(Lt) | Total<br>(kg/m <sup>3</sup> ) |
| 280  | 0.47            | 463.52          | 696.52                   | 529.65                     | 313.57            | 2003.26                       |
| 210  | 0.56            | 386.82          | 724.68                   | 551.07                     | 317.52            | 1980.09                       |
| 140  | 0.68            | 315.79          | 750.76                   | 570.90                     | 321.17            | 1958.62                       |

Cuadro 4.38: Dosificación en peso húmedo

| DOSIFICACIÓN EN PESO HÚMEDO (C:AF:AG:AGUA) |                        |         |                       |                         |                  |
|--|------------------------|---------|-----------------------|-------------------------|------------------|
| f'c  | Relación<br>a/c diseño | Cemento | Agregado<br>Fino (AF) | Agregado<br>Grueso (AG) | Agua<br>(lt/bls) |
| 280  | 0.47                   | 1.00    | 1.50                  | 1.14                    | 28.75            |
| 210  | 0.56                   | 1.00    | 1.87                  | 1.42                    | 34.89            |
| 140  | 0.68                   | 1.00    | 2.38                  | 1.81                    | 43.22            |

## 2. Agregado Volcánico Tipo II

Cuadro 4.39: Proporción del diseño de mezcla por m<sup>3</sup> de CL de materiales secos

| RESUMEN DE MATERIALES SECOS POR M3 DE CONCRETO |                 |                 |                          |                            |                   |                               |
|--|-----------------|-----------------|--------------------------|----------------------------|-------------------|-------------------------------|
| f'c<br>(kg/cm <sup>2</sup> )                   | Relación<br>a/c | Cemento<br>(kg) | Agregado<br>Fino (kg)(*) | Agregado<br>Grueso (kg)(*) | Agua (**)<br>(Lt) | Total<br>(kg/m <sup>3</sup> ) |
| 280  | 0.47            | 463.52          | 598.37                   | 597.15                     | 216.00            | 1875.04                       |
| 210  | 0.56            | 386.82          | 622.56                   | 621.29                     | 216.00            | 1846.68                       |
| 140  | 0.68            | 315.79          | 644.97                   | 643.65                     | 216.00            | 1820.41                       |

Cuadro 4.40: Dosificación en peso seco

| DOSIFICACIÓN EN PESO SECO (C:AF:AG:AGUA) |                        |         |                       |                         |                  |
|--|------------------------|---------|-----------------------|-------------------------|------------------|
| f'c                                      | Relación<br>a/c diseño | Cemento | Agregado<br>Fino (AF) | Agregado<br>Grueso (AG) | Agua<br>(lt/bls) |
| 280                                      | 0.47                   | 1.00    | 1.29                  | 1.29                    | 19.81            |
| 210                                      | 0.56                   | 1.00    | 1.61                  | 1.61                    | 23.73            |
| 140                                      | 0.68                   | 1.00    | 2.04                  | 2.04                    | 29.07            |

Cuadro 4.41: Proporción del diseño de mezcla por m<sup>3</sup> de CL de materiales húmedos

| RESUMEN DE MATERIALES HÚMEDOS POR M3 DE CONCRETO |                 |                 |                          |                            |                   |                               |
|--|-----------------|-----------------|--------------------------|----------------------------|-------------------|-------------------------------|
| f'c<br>(kg/cm <sup>2</sup> )                     | Relación<br>a/c | Cemento<br>(kg) | Agregado<br>Fino (kg)(*) | Agregado<br>Grueso (kg)(*) | Agua (**)<br>(Lt) | Total<br>(kg/m <sup>3</sup> ) |
| 280  | 0.47            | 463.52          | 610.88                   | 607.36                     | 290.61            | 1972.36                       |
| 210  | 0.56            | 386.82          | 635.57                   | 631.92                     | 293.62            | 1947.94                       |
| 140  | 0.68            | 315.79          | 658.45                   | 654.66                     | 296.42            | 1925.31                       |

Cuadro 4.42: Dosificación en peso húmedo

| DOSIFICACIÓN EN PESO HÚMEDO (C:AF:AG:AGUA) |                        |         |                       |                         |                  |
|--|------------------------|---------|-----------------------|-------------------------|------------------|
| f'c  | Relación<br>a/c diseño | Cemento | Agregado<br>Fino (AF) | Agregado<br>Grueso (AG) | Agua<br>(lt/bls) |
| 280  | 0.47                   | 1.00    | 1.32                  | 1.31                    | 26.65            |
| 210  | 0.56                   | 1.00    | 1.64                  | 1.63                    | 32.26            |
| 140  | 0.68                   | 1.00    | 2.09                  | 2.07                    | 39.89            |

### 4.3.2. Resumen de Proporciones de Diseño de Mezclas

Se presenta un resumen de los volúmenes y porcentajes de los agregados por m<sup>3</sup> de concreto de las cuales para nuestro diseño de mezcla se tomarán dos de los cuatro métodos para cada tipo de agregado tanto el I y II, para hacer el ensayo de compresión y después hacer la comparación para saber cual de estos métodos es el que obtiene mejor resultado.

#### Porcentaje y Volumen de los agregados volcánicos Tipo I

Cuadro 4.43: Porcentaje de agregados gruesos y finos

| a/c<br>ó<br>f'c | ACI 211.1 |       | ACI 211.2 |       | M. FINEZA    |              | A. GLOBAL |       |
|-----------------|-----------|-------|-----------|-------|--------------|--------------|-----------|-------|
|                 | AF        | AG    | AF        | AG    | AF           | AG           | AF        | AG    |
| 280             | 57.94     | 42.06 | 50.69     | 49.31 | <b>57.84</b> | <b>42.16</b> | 55.00     | 45.00 |
| 210             | 59.57     | 40.43 | 52.69     | 47.31 | <b>61.88</b> | <b>38.12</b> | 55.00     | 45.00 |
| 140             | 60.97     | 39.03 | 54.47     | 45.53 | <b>65.67</b> | <b>34.33</b> | 55.00     | 45.00 |

Cuadro 4.44: Volúmenes de agregados gruesos y finos

| a/c<br>ó<br>f'c | ACI 211.1 |       | ACI 211.2 |       | M. FINEZA    |              | A. GLOBAL |       |
|-----------------|-----------|-------|-----------|-------|--------------|--------------|-----------|-------|
|                 | AF        | AG    | AF        | AG    | AF           | AG           | AF        | AG    |
| 280             | 0.353     | 0.257 | 0.307     | 0.299 | <b>0.353</b> | <b>0.257</b> | 0.335     | 0.274 |
| 210             | 0.378     | 0.257 | 0.333     | 0.299 | <b>0.393</b> | <b>0.242</b> | 0.349     | 0.286 |
| 140             | 0.401     | 0.257 | 0.357     | 0.299 | <b>0.432</b> | <b>0.226</b> | 0.362     | 0.296 |

#### Porcentaje y Volumen de los agregados volcánicos Tipo II

Cuadro 4.45: Porcentaje de agregados gruesos y finos

| a/c<br>ó<br>f'c | ACI 211.1    |              | ACI 211.2 |       | M. FINEZA    |              | A. GLOBAL |       |
|-----------------|--------------|--------------|-----------|-------|--------------|--------------|-----------|-------|
|                 | AF           | AG           | AF        | AG    | AF           | AG           | AF        | AG    |
| 280             | <b>57.99</b> | <b>42.01</b> | 50.66     | 49.34 | 57.11        | <b>42.89</b> | 45.00     | 55.00 |
| 210             | <b>59.63</b> | <b>40.37</b> | 52.66     | 47.34 | <b>61.43</b> | <b>38.57</b> | 45.00     | 55.00 |
| 140             | <b>61.03</b> | <b>38.97</b> | 54.44     | 45.56 | <b>65.49</b> | <b>34.51</b> | 45.00     | 55.00 |

Se realizó la selección de la proporción de mezcla para concreto liviano de agregado volcánico tanto el I y II con 4 métodos de las cuáles se realizó con los procedimientos

#### 4.4. Preparación de Especímenes Para Ensayos de Resistencia a Compresión

Cuadro 4.46: Volúmenes de agregados gruesos y finos

| a/c<br>ó<br>f'c | ACI 211.1    |              | ACI 211.2 |       | M. FINEZA    |              | A. GLOBAL |       |
|-----------------|--------------|--------------|-----------|-------|--------------|--------------|-----------|-------|
|                 | AF           | AG           | AF        | AG    | AF           | AG           | AF        | AG    |
| 280             | <b>0.354</b> | <b>0.256</b> | 0.307     | 0.299 | <b>0.348</b> | <b>0.262</b> | 0.274     | 0.335 |
| 210             | <b>0.378</b> | <b>0.256</b> | 0.332     | 0.299 | <b>0.390</b> | <b>0.245</b> | 0.286     | 0.349 |
| 140             | <b>0.401</b> | <b>0.256</b> | 0.357     | 0.299 | <b>0.431</b> | <b>0.227</b> | 0.296     | 0.362 |

explicados en los capítulos anteriores. De las cuales 3 métodos (Método ACI 211.1, Módulo de Fineza y Agregado Global) y uno que es el ACI 211.2 que es para el concreto liviano.

Para el diseño de mezcla para los ensayos de resistencia a la compresión del agregado volcánico tipo I se realizó con las proporciones obtenidas por los métodos de Módulo de Fineza y Agregado Global, para el agregado volcánico tipo II se tomaron las proporciones obtenidas de los métodos de Módulo de Fineza y el ACI 211.1 que se detallará paso a paso en el siguiente capítulo.

#### 4.4. Preparación de Especímenes Para Ensayos de Resistencia a Compresión

Debido a la indeterminación exacta de la absorción de los agregados livianos, la utilización de la relación agua/cemento para cálculos precisos de dosificación resulta imposible.

Por tal razón para la elaboración de nuestro diseño se hará unos reajustes a los diseños obtenidos anteriormente que se controlaron con el ensayo de cono de Abrams para poder tener la consistencia de acuerdo con el asentamiento de diseño y que no se vea afectado la relación agua/cemento establecido. Para eso se realizaron mezclas de prueba para ver el asentamiento obtenido para un volumen de 0.015 m<sup>3</sup> (equivalente para 2 probetas de 6"x12" y 1 de 4"x8").



#### 4.4. Preparación de Especímenes Para Ensayos de Resistencia a Compresión

##### 4.4.1. Reajuste de la Proporción de Diseño de Mezcla

###### Agregado Volcánico Tipo I (Acuchimay - Rojo)

###### 1. Método Agregado Global

Se tomaron las proporciones de materiales húmedos por m<sup>3</sup> del cuadro 4.37 y las proporciones para la mezcla de prueba para un volumen de 0.015 m<sup>3</sup> que se muestran en el cuadro 4.47.

Cuadro 4.47: Resumen de materiales húmedos para un volumen de 0.015 m<sup>3</sup> de concreto Método Agregado Global

| RESUMEN DE MATERIALES HÚMEDOS PARA<br>UN VOLUMEN DE 0.015 M3 DE CONCRETO |                 |                 |                          |                         |              |
|--|-----------------|-----------------|--------------------------|-------------------------|--------------|
| f'c<br>(kg/cm <sup>2</sup> )   | Relación<br>a/c | Cemento<br>(gr) | Agregado<br>Fino (gr)(*) | Agregado<br>Grueso (gr) | Agua<br>(gr) |
| 280  | 0.47            | 6953            | 10448                    | 7945                    | 4704         |
| 210  | 0.56            | 5802            | 10870                    | 8266                    | 4763         |
| 140  | 0.68            | 4737            | 11261                    | 8564                    | 4818         |

Con las proporciones mostradas en el cuadro 4.47 se realizaron las mezclas de pruebas, para un asentamiento 3" a 4" (Plástico) se obtuvieron los resultados en el cuadro.

- 1ra tanda de mezcla de prueba f'c=210 kg/cm<sup>2</sup>

Cuadro 4.48: Agua efectiva vs Slump (Método Agregado Global)

| Agua de diseño<br>lt/m <sup>3</sup> | Agua efectiva<br>lt/m <sup>3</sup> | Asentamiento<br>pulg |
|-------------------------------------|------------------------------------|----------------------|
|                                     |                                    | 1.75"                |
| 216                                 | 317.52                             | 1.50"                |
|                                     |                                    | 1.50"                |
| Promedio                            |                                    | 1.50"                |

- 2da tanda de mezcla de prueba f'c=210 kg/cm<sup>2</sup>

Si el asentamiento de la tanda de ensayo no fue correcto, incrementar o

#### 4.4. Preparación de Especímenes Para Ensayos de Resistencia a Compresión

disminuir el contenido de agua estimado en 2 litros por metro cúbico de concreto por cada incremento o disminución de 10 mm en el asentamiento [10].

Como no se obtuvo el asentamiento deseado para un concreto plástico (3" a 4") donde nos dio 1.5" que es un concreto seco, entonces se realizará otra tanda de prueba para obtener el asentamiento de 3" a 4" para un concreto plástico donde se aumentó 6 litros/m<sup>3</sup> de agua que anteriormente era 216 lt/m<sup>3</sup> ahora es 222 lt/m<sup>3</sup> como se explica en la figura 4.13.

Cuadro 4.49: Agua efectiva vs Slump (Método Agregado Global)

| Agua de diseño<br>lt/m <sup>3</sup> | Agua efectiva<br>lt/m <sup>3</sup> | Asentamiento<br>pulg |
|-------------------------------------|------------------------------------|----------------------|
|                                     |                                    | 3.75"                |
| 222                                 | 322.01                             | 3.00"                |
|                                     |                                    | 3.00"                |
| Promedio                            |                                    | 3.25"                |

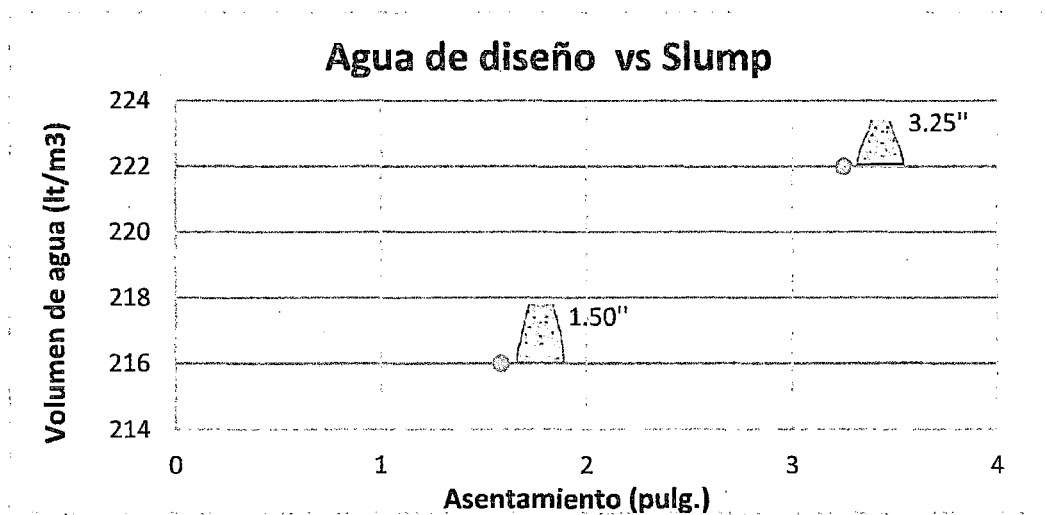


Figura 4.11: Agua vs Slump

Con el reajuste de agua en el concreto se obtuvo un asentamiento de 3.25" que esta dentro de lo descado, sin variar la relación a/c y se da la dosificación para las probetas con los datos del cuadro 4.55.

#### 4.4. Preparación de Especímenes Para Ensayos de Resistencia a Compresión

Cuadro 4.50: Reajuste de materiales húmedos para un volumen de 0.015 m<sup>3</sup> de concreto Método Agregado Global

| REAJUSTE DE MATERIALES HÚMEDOS PARA<br>UN VOLUMEN DE 0.015 M3 DE CONCRETO |                 |                 |                       |                         |              |
|---|-----------------|-----------------|-----------------------|-------------------------|--------------|
| f'c<br>(kg/cm <sup>2</sup> )  | Relación<br>a/c | Cemento<br>(gr) | Agregado<br>Fino (gr) | Agregado<br>Grueso (gr) | Agua<br>(gr) |
| 280   | 0.47            | 7622            | 10959                 | 8334                    | 5087         |
| 210   | 0.56            | 6361            | 11422                 | 8686                    | 5152         |
| 140   | 0.68            | 5193            | 11851                 | 9012                    | 5212         |

#### 2. Método Módulo de Fineza

Se tomaron las proporciones de materiales húmedos por m<sup>3</sup> del cuadro 5.30 y las proporciones para la mezcla de prueba para un volumen de 0.015 m<sup>3</sup> que se muestran en el cuadro 4.59.

Cuadro 4.51: Resumen de materiales húmedos para un volumen de 0.015 m<sup>3</sup> de concreto Método Módulo de Fineza

| RESUMEN DE MATERIALES HÚMEDOS PARA<br>UN VOLUMEN DE 0.015 M3 DE CONCRETO |                 |                 |                       |                         |              |
|--|-----------------|-----------------|-----------------------|-------------------------|--------------|
| f'c<br>(kg/cm <sup>2</sup> )   | Relación<br>a/c | Cemento<br>(gr) | Agregado<br>Fino (gr) | Agregado<br>Grueso (gr) | Agua<br>(gr) |
| 280  | 0.47            | 7416            | 11719                 | 7940                    | 5040         |
| 210  | 0.56            | 6189            | 13045                 | 7470                    | 5137         |
| 140  | 0.68            | 5053            | 14342                 | 6969                    | 5230         |

- Ira tanda de mezcla de prueba f'c=210 kg/cm<sup>2</sup>

Como en el caso del método agregado global se aumentó para obtener un asentamiento para un concreto plástico (3" a 4") se empezó a hacer la primera mezcla de prueba aumentándolo 5 litros/m<sup>3</sup>, entonces se realizó la prueba obteniendo los datos de asentamiento.

#### 4.4. Preparación de Especímenes Para Ensayos de Resistencia a Compresión

Cuadro 4.52: Agua efectiva vs Slump (Método Módulo de Fineza)

| Agua de diseño<br>lt/m <sup>3</sup> | Agua efectiva<br>lt/m <sup>3</sup> | Asentamiento<br>pulg |
|-------------------------------------|------------------------------------|----------------------|
|                                     |                                    | 3.75"                |
| 221                                 | 324.54                             | 3.00"                |
|                                     |                                    | 3.00"                |
| <b>Promedio</b>                     |                                    | <b>3.25"</b>         |

- 2da tanda de mezcla de prueba  $f'c=280$  kg/cm<sup>2</sup>

Cuadro 4.53: Agua efectiva vs Slump (Método Módulo de Fineza)

| Agua de diseño<br>lt/m <sup>3</sup> | Agua efectiva<br>lt/m <sup>3</sup> | Asentamiento<br>pulg |
|-------------------------------------|------------------------------------|----------------------|
|                                     |                                    | 3.00"                |
| 221                                 | 318.66                             | 3.00"                |
|                                     |                                    | 3.00"                |
| <b>Promedio</b>                     |                                    | <b>3.00"</b>         |

- 3ra tanda de mezcla de prueba  $f'c=140$  kg/cm<sup>2</sup>

Cuadro 4.54: Agua efectiva vs Slump (Método Módulo de Fineza)

| Agua de diseño<br>lt/m <sup>3</sup> | Agua efectiva<br>lt/m <sup>3</sup> | Asentamiento<br>pulg |
|-------------------------------------|------------------------------------|----------------------|
|                                     |                                    | 3.75"                |
| 221                                 | 330.45                             | 3.75"                |
|                                     |                                    | 3.75"                |
| <b>Promedio</b>                     |                                    | <b>3.75"</b>         |

Con el reajuste de agua en el concreto se obtuvo un asentamiento de 3.25" ( $f'c=210$ kg/cm<sup>2</sup>), 3.00" ( $f'c=280$ kg/cm<sup>2</sup>) y 3.75" ( $f'c=140$  kg/cm<sup>2</sup>) asentamientos que están dentro del asentamiento deseado 3" - 4", la proporción adecuada para el diseño de las probetas se da en el cuadro 4.55.

#### 4.4. Preparación de Especímenes Para Ensayos de Resistencia a Compresión

Cuadro 4.55: Reajuste de materiales húmedos para un volumen de 0.015 m<sup>3</sup> de concreto Método Agregado Global

| REAJUSTE DE MATERIALES HÚMEDOS PARA<br>UN VOLUMEN DE 0.015 M3 DE CONCRETO |                 |                 |                       |                         |              |
|---|-----------------|-----------------|-----------------------|-------------------------|--------------|
| f'c<br>(kg/cm <sup>2</sup> )  | Relación<br>a/c | Cemento<br>(gr) | Agregado<br>Fino (gr) | Agregado<br>Grueso (gr) | Agua<br>(gr) |
| 280   | 0.47            | 7588            | 11578                 | 7810                    | 5099         |
| 210   | 0.56            | 6332            | 12791                 | 7462                    | 5193         |
| 140   | 0.68            | 5170            | 14104                 | 6963                    | 5287         |

#### Agregado Volcánico Tipo II (Acuchimay - Azul)

##### 1. Método ACI 211.1

Se tomaron las proporciones de materiales húmedos por m<sup>3</sup> del cuadro 4.17 y las proporciones para la mezcla de prueba para un volumen de 0.015 m<sup>3</sup> que se muestran en el cuadro 4.59, con un volumen de agua 216 lt/m<sup>3</sup>. Se diseño con un asentamiento 3" - 4" (Plástico) pero al hacer el ensayo del cono de Abrams se hizo el reajuste para cada método.

Cuadro 4.56: Resumen de materiales húmedos para un volumen de 0.015 m<sup>3</sup> de concreto Método ACI 211.1

| RESUMEN DE MATERIALES HÚMEDOS PARA<br>UN VOLUMEN DE 0.015 M3 DE CONCRETO |                 |                 |                       |                         |              |
|--|-----------------|-----------------|-----------------------|-------------------------|--------------|
| f'c<br>(kg/cm <sup>2</sup> )   | Relación<br>a/c | Cemento<br>(gr) | Agregado<br>Fino (gr) | Agregado<br>Grueso (gr) | Agua<br>(gr) |
| 280  | 0.47            | 7485            | 12476                 | 7422                    | 4732         |
| 210  | 0.56            | 6246            | 13362                 | 7422                    | 4790         |
| 140  | 0.68            | 5099            | 14183                 | 7422                    | 4845         |

#### 4.4. Preparación de Especímenes Para Ensayos de Resistencia a Compresión

Cuadro 4.57: Reajuste de materiales húmedos para un volumen de 0.015 m<sup>3</sup> de concreto Método ACI 211.1

| RESUMEN DE MATERIALES HÚMEDOS PARA<br>UN VOLUMEN DE 0.015 M3 DE CONCRETO |                 |                 |                       |                         |              |
|--|-----------------|-----------------|-----------------------|-------------------------|--------------|
| f'c<br>(kg/cm <sup>2</sup> )   | Relación<br>a/c | Cemento<br>(gr) | Agregado<br>Fino (gr) | Agregado<br>Grueso (gr) | Agua<br>(gr) |
| 280  | 0.47            | 7416            | 12596                 | 7422                    | 4707         |
| 210  | 0.56            | 6189            | 13475                 | 7422                    | 4766         |
| 140  | 0.68            | 5053            | 14288                 | 7422                    | 4819         |

Con las proporciones mostradas en el cuadro 4.47 se realizaron las mezclas de pruebas, para un asentamiento 3" a 4" (Plástico) se obtuvieron los resultados en el cuadro.

#### 2. Método Módulo de Fineza

Se tomaron las proporciones de materiales húmedos por m<sup>3</sup> del cuadro 4.33 y las proporciones para la mezcla de prueba para un volumen de 0.015 m<sup>3</sup> que se muestran en el cuadro 4.58, con un volumen de agua 216 lt/m<sup>3</sup>.

Cuadro 4.58: Resumen de materiales húmedos para un volumen de 0.015 m<sup>3</sup> de concreto Método Módulo de Fineza

| RESUMEN DE MATERIALES HÚMEDOS PARA<br>UN VOLUMEN DE 0.015 M3 DE CONCRETO |                 |                 |                       |                         |              |
|--|-----------------|-----------------|-----------------------|-------------------------|--------------|
| f'c<br>(kg/cm <sup>2</sup> )   | Relación<br>a/c | Cemento<br>(gr) | Agregado<br>Fino (gr) | Agregado<br>Grueso (gr) | Agua<br>(gr) |
| 280  | 0.47            | 7416            | 12404                 | 7578                    | 4704         |
| 210  | 0.56            | 6189            | 13883                 | 7090                    | 4774         |
| 140  | 0.68            | 5053            | 15332                 | 6572                    | 4841         |

#### 4.4. Preparación de Especímenes Para Ensayos de Resistencia a Compresión

Cuadro 4.59: Reajuste de materiales húmedos para un volumen de 0.015 m3 de concreto Método Módulo de Fineza

| RESUMEN DE MATERIALES HÚMEDOS PARA<br>UN VOLUMEN DE 0.015 M3 DE CONCRETO |                 |                 |                       |                         |              |
|--|-----------------|-----------------|-----------------------|-------------------------|--------------|
| f'c<br>(kg/cm2)  | Relación<br>a/c | Cemento<br>(gr) | Agregado<br>Fino (gr) | Agregado<br>Grueso (gr) | Agua<br>(gr) |
| 280  | 0.47            | 7485            | 12287                 | 7576                    | 4728         |
| 210  | 0.56            | 6246            | 13772                 | 7089                    | 4799         |
| 140  | 0.68            | 5099            | 15228                 | 6572                    | 4866         |

Con las proporciones mostradas en el cuadro 4.47 se realizaron las mezclas de pruebas, para un asentamiento 3" a 4" (Plástico) se obtuvieron los resultados en el cuadro.

#### Peso Unitario del Concreto Liviano Fresco

Este ensayo se realizó para el agregado volcánico tipo I (Cerro Acuchimay -Rojo). Se obtuvo al extraer las probetas con la mezcla reajustada.

##### 1. Método Módulo de Fineza

Cuadro 4.60: Peso unitario del concreto liviano en estado fresco

| Peso unitario del concreto liviano |                 |                 |                 |
|------------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|
|                                    | 140<br>(kg/cm2) | 210<br>(kg/cm2) | 280<br>(kg/cm2) |
| Peso                               | 2091.56         | 2133.09         | 2140.07         |
| Unitario                           | 2098.18         | 2129.41         | 2151.83         |
| (kg/m3)                            | 2112.51         | 2131.25         | 2148.15         |
| <b>Promedio</b>                    | <b>2100.75</b>  | <b>2131.25</b>  | <b>2146.68</b>  |

4.4. Preparación de Especímenes Para Ensayos de Resistencia a Compresión

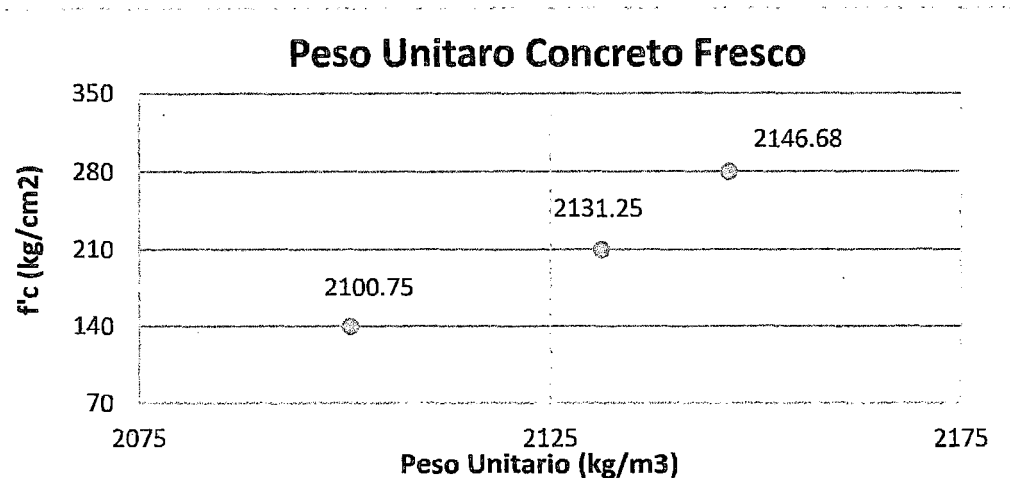


Figura 4.12: Peso Unitario del Concreto Liviano

2. Método Agregado Global

Cuadro 4.61: Peso unitario del concreto liviano en estado fresco

| Peso unitario del concreto liviano |                 |                 |
|------------------------------------|-----------------|-----------------|
|                                    | 140<br>(kg/cm²) | 210<br>(kg/cm²) |
| Peso                               | 2092.67         | 2133.09         |
| Unitario                           | 2085.32         | 2111.04         |
| (kg/m³)                            | 2088.99         | 2103.69         |
| <b>Promedio</b>                    | <b>2088.99</b>  | <b>2115.94</b>  |

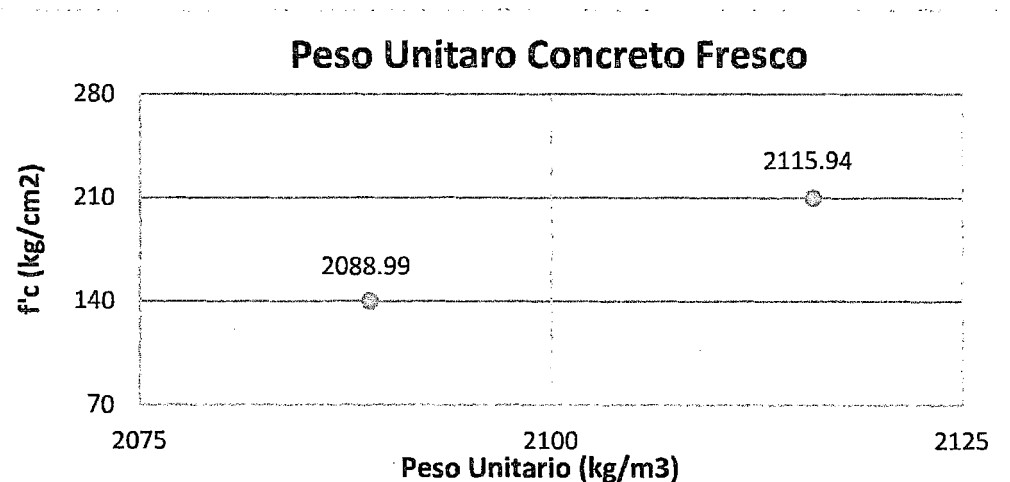


Figura 4.13: Peso Unitario del Concreto Liviano



## Capítulo 5

# Ánàlisis y Discusi3n de los Resultados de los Ensayos

### 5.1. Ubicaci3n De La Cantera Del Cerro Acuchimay

El cerro de Acuchimay donde se precisa explotar los agregados livianos, se ubica en el distrito de Carmen Alto y donde antiguamente fue un volcán. Llamado así por que era donde se realizaban las ferias ganaderas dominicales y ahora es un mirador. La ubicaci3n en DATUM WGS 84 Latitud  $13^{\circ}10'17''$  Sur Longitud  $74^{\circ}13'16.99''$  Este, en coordenadas PSAD 1956 UTM Zona 17 Sur  $E = 584,358,47$   $N = 8'543,781,70$ , con un área aproximado de 362,271 m<sup>2</sup> (36 hectáreas) y a una altura de 2868.00 m.s.n.m.



Figura 5.1: Imagen satelital de la ubicación de la cantera

## 5.2. Geología del Volcán del Cerro Acuhimay

Las unidades estratigráficas que afloran en la región, están comprendidas por la formación Ayacucho, son como siguen:

### 5.2.1. Formación Ayacucho

Esta formación se halla dividida en tres miembros que afloran entre Ayacucho y Huanta, los mismos que tienen características litológicas propias, en esta formación es la que se encuentra la zona de estudio objeto de análisis; y son como siguen.

#### Miembro Ayacucho 1

Corresponde al miembro inferior que descansa sobre la formación Huanta. Litológicamente está constituido por areniscas arcóscicas de grano grueso a medio, con

estratificación cruzada bien marcada y tobas blancas de composición dacítica. Las tobas son de grano grueso a fino, de poca cohesión y con buena proporción de biotita.

### **Miembro Ayacucho 2**

Este miembro se caracteriza por ser una toba masiva de color rosado, la cual ocupa gran parte de la cuenca de Ayacucho. La toba tiene una composición que varía de riolítica a dacítica y textura porfírica con grandes fenocristales de feldespatos, especialmente plagioclasa que llegan a los 5 m.m. de diámetro en una matriz de grano grueso constituida por vidrio volcánico, cuarzo y feldespatos.

### **Miembro Ayacucho 3**

Está constituido por una serie compuesta de areniscas y lodolitas de naturaleza tobácea, que descansa sobre las tobas masivas del miembro Ayacucho 2. Aflora en el sector sur de Ayacucho, en los alrededores de Carmen Alto, donde constituyen una secuencia de areniscas notablemente compactas. Las areniscas Carmen Alto, por su gran compactación, merecen especial atención, ya que son utilizadas como material de construcción en diversas edificaciones de la ciudad de Ayacucho.

1. *Volcánico Molinoyocc.* Corresponde a eyecciones de lavas de composición andesítica y basáltica del Plioceno superior. Estas emanaciones son de tipo fisural y se exponen en toda la zona de Ayacucho, mayormente como derrames y a veces como sills o diques.

Estratigráficamente se hallan por encima del miembro 3 de la formación Ayacucho. Las lavas son andesíticas gris verdosas en la base y presentan fracturamiento según los sistemas N 70-80°E y N 20-30°W de buzamiento esencialmente vertical. En la parte superior las lavas son de composición basáltica y tonalidad oscura tal como se observa en los cortes de la carretera Ayacucho - Huanta.

En la parte alta de la secuencia se presenta un basalto escureado con abundantes vacuolas, el mismo que aflora como sombrero en las cumbres de los

## 5.2. Geología del Volcán del Cerro Acuchimay

cerros Campanayoc Atunpampa y Buena Vista, mostrando una posición casi horizontal.

Las lavas, debido a su dureza, han protegido de la erosión, en muchos lugares, a las areniscas y limolitas de la formación Ayacucho, jugando un papel importante en el desarrollo geomorfológico. Por encontrarse ubicado por encima del miembro 3 de la formación Ayacucho, se le considera de una edad Terciaria superior.

2. *Diatomita Quicapata*. Se sitúan en el sector sur de la ciudad de Ayacucho, en las inmediaciones del fundo Quicapata abarcando una extensión de 1.1 Km<sup>2</sup> aproximadamente. Litológicamente constituyen una roca de color blanco, de grano muy fino, liviana, compuesta esencialmente de sílice de aspecto friable, suave al tacto y con buena cohesión de sus granos. Estratigráficamente se ubican por encima de los volcánicos Molinoyoc.
3. *Volcánico Acuchimay*. Es una secuencia piroclástica que se ubica por encima de las diatomitas Quicapata y se exponen claramente en la margen derecha del río Alameda cerca de Ayacucho. Se encuentra a manera de costras constituidas por materiales que han sido lanzados al aire para luego consolidarse a manera de bombas de color rojizo, acumulados cerca de la probable chimenea volcánica en el cerro Acuchimay. Litológicamente son de composición andesítica, color oscuro, textura afanítica, pero algo porosa por las pequeñas vacuolas dejadas por el escape de gases durante su enfriamiento. Por alteración los bloques y fragmentos adquieren una coloración rojiza, se le considera un producto de las últimas manifestaciones volcánicas del área.

### 4. Depósitos Pleistocénicos

#### a) Depósitos Conglomeráticos

Están representados por conglomerados de considerable grosor depositados en parte como acumulaciones de materiales acarreados por corrientes

## 5.2. Geología del Volcán del Cerro Acuhimay

fluviales en una época de intensas precipitaciones. Estos materiales se depositaron en las márgenes de una antigua laguna y en la actualidad se les observa adosados a las laderas que hoy bordean el sector oeste de la ciudad de Ayacucho. Están constituidos por cantos heterogéneos de formas angulosas a sub angulosas, con tamaños que varían, con tamaños entre 10 y 30 centímetros, provenientes de rocas volcánicas de naturaleza andesítica, riolítica , dacítica y granítica, englobados en una matriz arenosa de grano medio a grueso. En el sector Nor-Oeste de la ciudad de Ayacucho, se les explota como material de construcción.

### b) Depósitos Lacustres

En discordancia con los conglomerados anteriores, se encuentra una secuencia de areniscas tobáceas retrabajadas y arcillosas poco diagénizadas, y que constituyen las peniplanicies donde se asienta la ciudad de Ayacucho. En el corte de la quebrada Puracuti alcanzan espesores de 40 a 50 metros, constituidas por arcillas de color rojo a rosáceo, aspecto poroso y con contenido de carbonatos que cementan el depósito.

### c) Depósitos Recientes

- Depósitos Coluviales Se trata de sedimentos que generalmente se ubican en las partes bajas de laderas de alta pendiente. Están compuestos por material inconsolidado o débilmente consolidado, con bloques angulosos de diferente tamaño en una matriz arenosa limosa, acumulados principalmente por acción de la gravedad.
- Depósitos Aluviales Están constituidos por arenas y gravas de poco transporte, con clastos subangulosos de tamaño mediano, de naturaleza mayormente volcánica y con grosores estimados entre 20 a 30 metros.. Estos depósitos constituyen los últimos transportes de materiales de una edad reciente, por tanto tienen poca cohesión y litificación y sin material cementante. Se hallan en el fondo del río Alameda

## 5.2. Geología del Volcán del Cerro Acuchimay

y en las quebradas adyacentes que cruzan la ciudad de Ayacucho.

### 1. Agregado Volcánico Tipo I

Este agregado se extrajo del mismo cerro Acuchimay donde a simple vista se puede ver esta roca volcánica en gran cantidad.

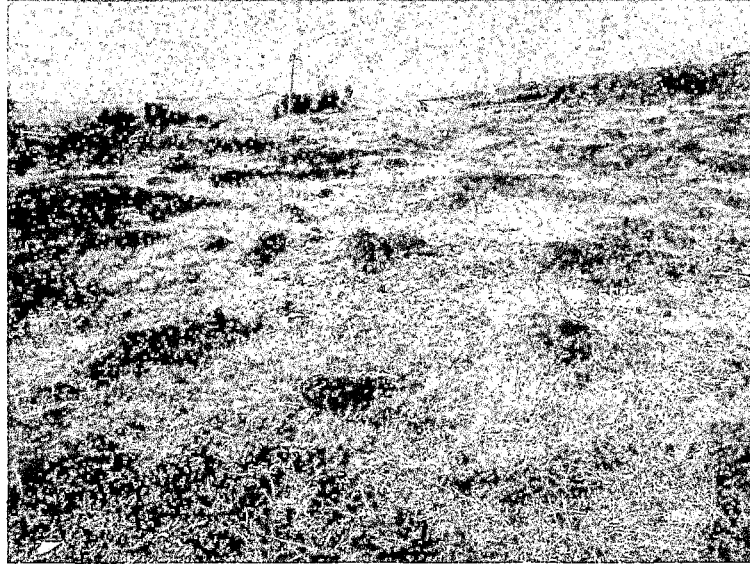


Figura 5.2: Cantera cerro Acuchimay

### 2. Agregado Volcánico Tipo II



Figura 5.3: Cantera cerro Acuchimay - Quicapata

Este agregado se extrajo de Quicapata a la altura de la Escuela de Sub -  
Oficiales, en los alrededores cerro Acuchimay (parte de atrás).

### 5.3. Propiedades de la Roca Volcánica

Los ensayos fueron hechos en los laboratorios de Mecánica de Rocas - UNSCH, se realizaron dos ensayos a la roca volcánica (Tipo I y II).

#### 5.3.1. Petrología - Descripción Macroscópica

La descripción de la roca se resumen en los cuadros 5.1 5.2 respectivamente.

##### 1. Roca Volcánico Tipo I

Cuadro 5.1: Descripción Macroscópica Roca Volcánico Tipo I (Rojo)

|                                |   |
|--------------------------------|---|
| Muestra                        | Cantera Acuchimay                                       |
| Nombre de la roca              | Basalto Poroso  |
| Clase según su origen          | Roca volcánica  |
| Color                          | Rojizo  |
| Minerales visibles/componentes | Olivino, minerales ferromagnesianos<br>Óxidos de hierro |
| Tamaño de grano                | 0.02 mm   |
| Textura                        | Afanítico   |
| Grado de cohesión              | Alto  |
| Grado de dureza                | Duro  |
| Grado de alteración            | Ligero superficial                                      |
| Fracturas                      | Sin fracturas   |
| Material relleno fracturas     | Sin relleno   |
| Reacción al HCl                | Ninguna   |

(Fuente: Ensayos realizados en los laboratorios de mecánica de rocas - UNSCH )

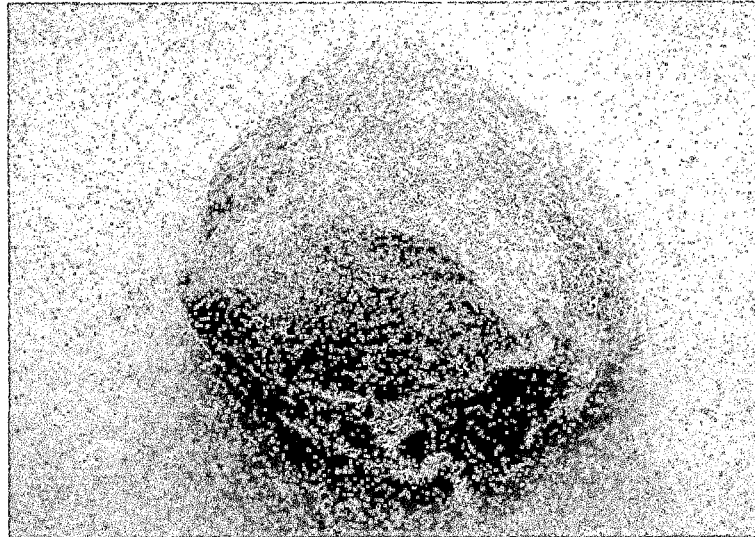


Figura 5.4: Muestra extraída de la cantera Acuchimay (Agregado volcánico Tipo I - Rojo) para los ensayos de mecánica de rocas

2. Roca Volcánico Tipo II

Cuadro 5.2: Descripción Macroscópica Roca Volcánico Tipo II

|                                |                                     |
|--------------------------------|-------------------------------------|
| Muestra                        | Cantera Acuchimay                   |
| Nombre de la roca              | Basalto Poroso                      |
| Clase según su origen          | Roca volcánica                      |
| Color                          | Gris                                |
| Minerales visibles/componentes | Olivino, minerales ferromagnesianos |
| Tamaño de grano                | 0.02 mm                             |
| Textura                        | Afanítico                           |
| Grado de cohesión              | Alto                                |
| Grado de dureza                | Duro                                |
| Grado de alteración            | Ligero superficial                  |
| Fracturas                      | Sin fracturas                       |
| Material relleno fracturas     | Sin relleno                         |
| Reacción al HCl                | Ninguna                             |

(Fuente: Ensayos realizados en los laboratorios de mecánica de rocas - UNSCH )



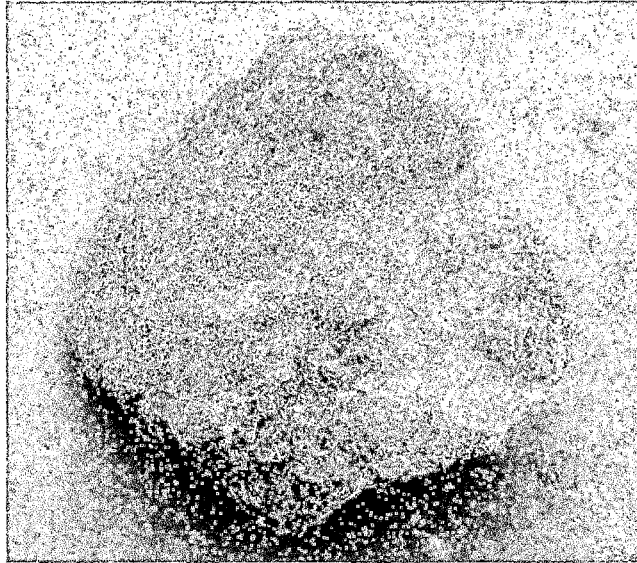


Figura 5.5: Muestra extraída de la cantera Acuchimay - Quicapata (Agregado volcánico Tipo II - Azul) para los ensayos de mecánica de rocas

### 5.3.2. Propiedades Mecánicas

Las muestras fueron realizadas al ensayo de carga puntual y resistencia a compresión simple para obtener el grado de resistencia obteniéndose los siguientes resultados.

1. *Agregado Volcánico Tipo I*

Grado de resistencia

Resistencia moderada ( $G_c=388.19 \text{ kg/cm}^2$ )

2. *Agregado Volcánico Tipo II*

Grado de resistencia

Resistencia moderada ( $G_c=450.15 \text{ kg/cm}^2$ )

Con estos resultados se puede saber que las rocas volcánicas tienen una resistencia moderada, de acuerdo con lo que se esperaba de este tipo de rocas y que la roca volcánica tipo II tiene mayor resistencia que la roca volcánica tipo I.

## 5.4. Propiedades del Agregado de Roca Volcánica

Los agregados de origen volcánico se obtuvieron con la trituración mecánica (chancadora), se obtuvo tanto agregado fino y grueso. Los ensayos realizados a los agregados tienen que cumplir con las especificaciones técnicas para agregados livianos Norma ASTM C330 [7].

### 5.4.1. Propiedades Físicas

#### 1. Agregado Volcánico Tipo I

##### a) Agregado fino

Cuadro 5.3: Resumen de las Propiedades físicas del agregado volcánico tipo I (Achu-chimay - Rojo) usado en la investigación

| Ensayos de Laboratorio               | Resultados       |
|--------------------------------------|------------------|
| Peso unitario suelto seco (PUSS)     | 1124.30 $kg/m^3$ |
| Peso unitario compactado seco (PUCS) | 1273.24 $kg/m^3$ |
| % de vacíos suelto                   | 43.78 %          |
| % de vacíos compactado               | 36.34 %          |
| Peso específico aparente             | 2.00             |
| Peso específico aparente (S.S.S.)    | 2.27             |
| Peso específico nominal              | 2.75             |
| Absorción                            | 13.64 %          |
| Contenido de humedad                 | 3.82 %           |
| % de grava                           | 2.88 %           |
| % de arena                           | 92.87 %          |
| % de fino                            | 4.25 %           |
| Módulo de fineza                     | 3.42             |

(Fuente: Datos obtenidos en laboratorio.)

##### b) Agregado grueso

#### 5.4. Propiedades del Agregado de Roca Volcánica

Cuadro 5.4: Resumen de las Propiedades físicas del agregado volcánico tipo I (Acuchimay - Rojo) usado en la investigación

| Ensayos de Laboratorio               | Resultados      |
|--------------------------------------|-----------------|
| Peso unitario suelto seco (PUSS)     | 836.46 $kg/m^3$ |
| Peso unitario compactado seco (PUCS) | 983.19 $kg/m^3$ |
| % de vacíos suelto                   | 55.28 %         |
| % de vacíos compactado               | 47.44 %         |
| Peso específico aparente             | 1.87            |
| Peso específico aparente (S.S.S.)    | 2.05            |
| Peso específico nominal              | 2.27            |
| Absorción                            | 9.35 %          |
| Contenido de humedad                 | 3.19 %          |
| % de grava                           | 97.79 %         |
| % de arena                           | 1.79 %          |
| % de fino                            | 0.42 %          |
| Módulo de fineza                     | 6.77            |
| Tamaño máximo                        | 3/4"            |
| Tamaño máximo nominal                | 1/2"            |

(Fuente: Datos obtenidos en laboratorio.)

#### 2. Agregado Volcánico Tipo II

##### a) Agregado fino

Cuadro 5.5: Resumen de las Propiedades físicas del agregado volcánico tipo II (Acuchimay Quicapata - Azul) usado en la investigación

| Ensayos de Laboratorio               | Resultados       |
|--------------------------------------|------------------|
| Peso unitario suelto seco (PUSS)     | 1228.65 $kg/m^3$ |
| Peso unitario compactado seco (PUCS) | 1357.39 $kg/m^3$ |
| % de vacíos suelto                   | 43.60 %          |
| % de vacíos compactado               | 37.69 %          |
| Peso específico aparente             | 2.18             |
| Peso específico aparente (S.S.S.)    | 2.37             |
| Peso específico nominal              | 2.70             |
| Absorción                            | 8.85 %           |
| Contenido de humedad                 | 2.09 %           |
| % de grava                           | 3.60 %           |
| % de arena                           | 92.55 %          |
| % de fino                            | 3.84 %           |
| Módulo de fineza                     | 3.49             |

(Fuente: Datos obtenidos en laboratorio.)

##### b) Agregado grueso

Cuadro 5.6: Resumen de las Propiedades físicas del agregado volcánico tipo II (Acuchimay Quicapata - Azul) usado en la investigación

| Ensayos de Laboratorio               | Resultados               |
|--------------------------------------|--------------------------|
| Peso unitario suelto seco (PUSS)     | 815.27 kg/m <sup>3</sup> |
| Peso unitario compactado seco (PUCS) | 948.16 kg/m <sup>3</sup> |
| % de vacíos suelto                   | 54.09 %                  |
| % de vacíos compactado               | 46.61 %                  |
| Peso específico aparente             | 1.78                     |
| Peso específico aparente (S.S.S.)    | 1.91                     |
| Peso específico nominal              | 2.05                     |
| Absorción                            | 7.43 %                   |
| Contenido de humedad                 | 1.71 %                   |
| % de grava                           | 97.21 %                  |
| % de arena                           | 2.44 %                   |
| % de fino                            | 0.34 %                   |
| Módulo de fineza                     | 6.62                     |
| Tamaño máximo                        | 3/4"                     |
| Tamaño máximo nominal                | 1/2"                     |

(Fuente: Datos obtenidos en laboratorio.)

### 5.4.2. Propiedades Mecánicas

Las propiedades mecánicas del agregado son importante porque con ella conoceremos la durabilidad y la resistencia que tendrá el concreto para la fabricación de losas, estructuras simples o estructuras que requieran que la resistencia del concreto sea la adecuada para ellas.

#### Ensayo de Abrasion Los Ángeles (L.A.) al Desgaste de los Agregados de Tamaños Menores de 37.50 mm. (1 1/2"), MTC E 207 - NTP 400.019

Los agregados debe ser duro y resistente a la abrasión para evitar el aplastamiento, la degradación y desintegración en el concreto cuando este sea sometido a cargas.

El estudio de las especificaciones indicadas debe tener como máximo 50 % de desgaste después del ensayo y si se va a utilizar para concreto en pavimentos como máximo 40 %.

1. *Agregado Volcánico Grueso Tipo I* Agregado grueso, tiene un desgaste de

#### 5.4. Propiedades del Agregado de Roca Volcánica

32.71 %, aunque tiene un gran porcentaje de desgaste está dentro del porcentaje máximo establecido 5.7.

2. *Agregado Volcánico Grueso Tipo II* Agregado grueso, tiene un desgaste de 35.03 %, está dentro del porcentaje máximo establecido, tiene mayor porcentaje de desgaste comparado al agregado volcánico tipo I 5.9.

#### **Ensayo de Durabilidad al Sulfato de Sodio y Sulfato de Magnesio, MTC E 209 - NTP 400.016**

##### 1. *Agregado Volcánico Tipo I*

El valor máximo de desgaste permitido para las partículas de agregado grueso es del 15 % de su peso; para el agregado en estudio el valor calculado de desgaste fue de 29.64 %. Este resultado daría una apreciación inicial de no poder utilizar este agregado en la construcción de pavimentos, sin embargo habría que evaluar otros parámetros de calidad para estar seguros de su aptitud. De la fracción de agregado fino podría pensarse de igual manera, debido a que el valor máximo de desgaste permitido es 18 % y el valor calculado mediante el ensayo fue de 27.45 %. La norma dice que el máximo desgaste aceptado ante la acción de la solución de sulfato de magnesio es del 33 %, el valor de pérdida total obtenido fue de 57.09 %, el cual no cumple los requisitos de durabilidad por lo tanto debe evaluarse su uso en zonas con presencia de hielo y deshielo, pero como muestra zona de estudio es la ciudad de Ayacucho no presenta ese problema por tanto su uso no tendría problemas.

##### 2. *Agregado Volcánico Tipo II*

El valor máximo de desgaste permitido para las partículas de agregado grueso es del 15 % de su peso; para el agregado en estudio el valor calculado de desgaste fue de 24.32 %. Este resultado daría una apreciación inicial de no poder utilizar este agregado en la construcción de pavimentos, sin embargo habría que evaluar otros parámetros de calidad para estar seguros de su aptitud. De la fracción de

#### 5.4. Propiedades del Agregado de Roca Volcánica

agregado fino podría pensarse de igual manera, debido a que el valor máximo de desgaste permitido es 18 % y el valor calculado mediante el ensayo fue de 23.05 %.

La solución de sulfato de magnesio afectó a ambos agregados volcánicos, esto se notó a medida que aumentaba el número de ciclos. Se observó en las grietas presencia de solución cristalizada, lo que provocó fisuras y desprendimiento de material en las partículas.

Las "inconsistencias" en algunos valores del análisis cualitativo se presentaron debido a la diversidad de criterios en el momento de la clasificación de las partículas, también se ve influenciado esto por la susceptibilidad visual de cada persona. El número de partículas subió en algunas fracciones debido al disgregamiento de ciertas partículas.

Cuadro 5.7: Propiedades mecánicas realizados al agregado volcánico fino tipo I

| Ensayo   |                     | Norma       | Requisito | Resultado |
|--|---------------------|-------------|-----------|-----------|
| <b>Durabilidad</b>   |                     |             |           |           |
| Pérdidas en ensayo de solidez en sulfatos, % máximo $\geq$ 3000 msum | Sulfato de sodio    | NTP 400.016 | 10        | -         |
|  | Sulfato de magnesio | NTP 400.016 | 15        | 27.45 %   |

(Fuente: ASTM C33, ASTM C330 y Manual de Ensayos de Materiales para Carreteras - MTC, 2000, ) [8][7][9]

Cuadro 5.8: Propiedades mecánicas realizados al agregado volcánico grueso tipo I

| Ensayo   |                     | Norma       | Requisito | Resultado |
|--|---------------------|-------------|-----------|-----------|
| <b>Dureza</b>  |                     |             |           |           |
| Desgaste en la máquina de Los Ángeles                                |                     | NTP 400.019 | 50        | 32.71 %   |
| <b>Durabilidad</b>   |                     |             |           |           |
| Pérdidas en ensayo de solidez en sulfatos, % máximo $\geq$ 3000 msum | Sulfato de sodio    | NTP 400.016 | 12        | -         |
|  | Sulfato de magnesio | NTP 400.016 | 18        | 29.64 %   |

(Fuente: ASTM C33, ASTM C330 y Manual de Ensayos de Materiales para Carreteras - MTC, 2000, ) [8][7][9]

Cuadro 5.9: Propiedades mecánicas realizados al agregado volcánico fino tipo II

| Ensayo   |                     | Norma       | Requisito | Resultado |
|--|---------------------|-------------|-----------|-----------|
| <b>Durabilidad</b>   |                     |             |           |           |
| Pérdidas en ensayo de solidez en sulfatos, % máximo $\geq$ 3000 msnm | Sulfato de sodio    | NTP 400.016 | 10        | -         |
|  | Sulfato de magnesio | NTP 400.016 | 15        | 23.05 %   |

(Fuente: ASTM C33, ASTM C330 y Manual de Ensayos de Materiales para Carreteras - MTC, 2000. ) [8][7][9]

Cuadro 5.10: Propiedades mecánicas realizados al agregado volcánico grueso tipo II

| Ensayo   |                     | Norma       | Requisito | Resultado |
|--|---------------------|-------------|-----------|-----------|
| <b>Dureza</b>  |                     |             |           |           |
| Desgaste en la máquina de Los Ángeles                                |                     | NTP 400.019 | 50        | 35.03 %   |
| <b>Durabilidad</b>   |                     |             |           |           |
| Pérdidas en ensayo de solidez en sulfatos, % máximo $\geq$ 3000 msnm | Sulfato de sodio    | NTP 400.016 | 12        | -         |
|  | Sulfato de magnesio | NTP 400.016 | 18        | 24.32 %   |

(Fuente: ASTM C33, ASTM C330 y Manual de Ensayos de Materiales para Carreteras - MTC, 2000. ) [8][7][9]

### 5.4.3. Otras Propiedades

#### Ensayo de Equivalente de Arena, Suelos y Agregados Finos, E 114 - NTP 339.146

El Equivalente de Arena es un ensayo de laboratorio, que se realiza con el objeto de determinar qué porcentaje de una muestra se puede considerar como arena. De manera muy simple lo que se hace es separar por medio de una solución química las partículas finas, polvos finos nocivos, o material arcilloso, en los agregados finos. Se considera que una arena tiene una excelente calidad si tiene un equivalente superior al 90 %.

Esta prueba de equivalente de arena tiene como objeto principal el determinar la calidad que tiene un agregado fino que se va emplear en el concreto, esta calidad es desde el punto de vista de su contenido de finos indeseables de naturaleza plástica. Este método cuantifica el volumen total de material no plástico deseable en la muestra fracción gruesa, denominado su proporción volumétrica como equivalente de arena. Según la norma MTC E 114 - NTP 339.146 que el porcentaje mínimo de

equivalente de arena es 65 %.

1. *Agregado Volcánico Fino Tipo I*

Se realizó el ensayo descrito en capítulos anteriores donde nos da un porcentaje de equivalente de arena de 88.50 %.

2. *Agregado Volcánico Fino Tipo II*

El porcentaje de equivalente de arena de 86.21 %.

Con estos resultados tenemos un buen porcentaje de arena en nuestros agregados finos de ambos tipos de agregados volcánicos, cumpliendo con el porcentaje mínimo de equivalente de arena.

**Ensayo de Cantidad de Material Fino que pasa por el Tamiz de  $\mu\text{m}$  (N°200), MTC E-202 - NTP 400.018**

Establece el procedimiento para determinar por vía húmeda el contenido de polvo o material que pasa por tamiz normalizado de 75  $\mu\text{m}$  (N° 200), en el agregado a emplearse en la elaboración de concretos y morteros. Las partículas de arcilla y otras partículas de agregado que son dispersadas por el agua, así como los materiales solubles en agua, serán removidos del agregado durante el ensayo.

1. *Agregado Volcánico Tipo I*

a) Agregado fino 3.62 %

b) Agregado grueso 0.35 %

2. *Agregado Volcánico Tipo II*

a) Agregado fino 3.22 %

b) Agregado grueso 0.28 %

El porcentaje de arcillas y terrones y partículas desmenuzables en agregados es menor al máximo que es 5 %.



### **Ensayo de Porcentaje de Caras Fracturadas en los Agregados, MTC E 210 - ASTM D 5821**

Es primordial que los agregados gruesos a utilizar sean partículas angulosas y con textura superficial tal, que ofrezcan un entramamiento y mayor fricción para aumentar la resistencia del concreto. Se necesita que el porcentaje de caras fracturadas existente en la muestra de agregado sea superior al 60 % (una cara fracturada) del peso total de la muestra. Resultó algo complicada la clasificación de las partículas del material en fracturadas, ya que en algunas de éstas no se presentaba a simple vista este fenómeno.

Este ensayo es muy subjetivo, depende de la experiencia de la persona a cargo y de un aguzado sentido de la visión.

#### *1. Agregado Volcánico Grueso Tipo I*

- Porcentaje con una cara fracturada 37.49 %.
- Porcentaje con dos o más caras fracturadas 14.55 %.
- Porcentaje con una cara fracturada total 52.03 %.

#### *2. Agregado Volcánico Grueso Tipo II*

- Porcentaje con una cara fracturada 13.18 %.
- Porcentaje con dos o más caras fracturadas 61.24 %.
- Porcentaje con una cara fracturada total 74.42 %.

El valor del porcentaje de caras fracturadas en el agregado volcánico tipo I está por debajo del 60 % valor mínimo según algunas especificaciones para concreto en pavimentos, y en el agregado volcánico tipo II si esta por encima de lo especificado. Ambos agregados volcánicos tiene un buen porcentaje de caras fracturadas lo cual nos describe que los agregado son angulosas y con textura rugoso lo cual ofrece un entramamiento de agregado y pasta a la hora de la mezcla del concreto.

**Ensayo de Partículas chatas y alargadas, NTP 400.040**

Los valores obtenidos de los índices de alargamiento y de aplanamiento globales y para cada fracción de agregado muestran valores admisibles para la utilización del material como base granular según especificaciones.

1. *Agregado Volcánico Grueso Tipo I*

- índice de aplanamiento (chatas) 3.53
- índice de alargamiento 0.68

2. *Agregado Volcánico Grueso Tipo II*

- índice de aplanamiento (chatas) 2.38
- índice de alargamiento 4.31

En general se podría decir que las partículas alargadas o aplanadas se encuentran en proporción "pequeña" en ambos agregado volcánicos y por tanto éste no presentaría problemas en la compactación del concreto. Se podría pensar además, que el fracturamiento de las partículas aplanadas y alargadas, con su consecuente aumento de partículas finas no afectaría enormemente las propiedades y comportamiento del conjunto de agregados.

**Ensayo de Arcillas en Terrones y Partículas Desmenuzables en Agregados, MTC E 212 - NTP 400.015**

Establece el procedimiento para determinar de manera aproximada el contenido de terrones de arcilla y partículas desmenuzables en agregados que se emplearán en la elaboración de hormigones (concretos) y morteros.

1. *Agregado Volcánico Tipo I*

- a) Agregado fino 2.55 %
- b) Agregado grueso 1.39 %

## 2. Agregado Volcánico Tipo II

- a) Agregado fino 2.61 %
- b) Agregado grueso 1.31 %

El porcentaje de arcillas y terrones y partículas desmenuzables en agregados es menor al máximo que es 3 %.

### Ensayo de Impurezas Orgánicas en el agregado fino, MTC E 213 - NTP 400.024

Este ensayo describe el procedimiento para una determinación aproximada de la presencia de compuestos orgánicos perjudiciales en agregados finos que deben emplearse en la elaboración de concreto. El principal valor del ensayo es el de proporcionar una indicación de que son necesarios ensayos adicionales antes de que el agregado fino pueda emplearse. Ambos agregados volcánicos finos no presentan impurezas orgánicas que puedan dañar al concreto.

### Análisis Químico

Presenta baja concentración de sulfatos y cloruros en los agregados, esta dentro del contenido máximo permisible.

Cuadro 5.11: Análisis Químico realizados a los agregados volcánicos tipo I

| Muestra   | Elementos |                   |                   | S.S.T.<br>(ppm) |
|-----------|-----------|-------------------|-------------------|-----------------|
|           | pH        | Cloruros<br>(ppm) | Sulfatos<br>(ppm) |                 |
| A. Grueso | 7.64      | 159.8             | 18.6              | 255.2           |
| A. Fino   | 7.66      | 160.8             | 48.7              | 312.6           |

(Fuente: Datos obtenidos en los Laboratorio de Suelos y Análisis Foliar - UNSCH)

## 5.5. Diseño de mezcla

El concreto que vamos a obtener es una mezcla de cemento, agregado liviano grueso, fino y agua. Las propiedades que se desean controlar para definir un método de

Cuadro 5.12: Resumen de Ensayos realizados al agregado volcánico fino liviano tipo I

| Ensayo   | Norma  | Requisito              | Resultado                 |
|--|--|------------------------|---------------------------|
| <b>Densidad</b>  |  |                        |                           |
| Máxima densidad aparente seca suelta (Peso unitario) % máximo  | NTP 400.017                                    | 1120 kg/m <sup>3</sup> | 1124.30 kg/m <sup>3</sup> |
| <b>Limpieza</b>  |  |                        |                           |
| Índice de plasticidad, % máximo  | MTC E 111                                      | NTP 339.129            | No plástico               |
| Equivalente de arena, % mínimo   | $f'c \leq 21$ Mpa<br>(210 kg/cm <sup>2</sup> ) | NTP 339.146            | 88.50 %                   |
|  | $f'c > 21$ Mpa<br>(210 kg/cm <sup>2</sup> )    | NTP 339.146            |                           |
| Material que pasa el tamiz de (75 $\mu$ m N° 200), % máximo  | NTP 400.018                                    | 5                      | 3.62 %                    |
| Para concretos sujetos a abrasión  |  | 3                      |                           |
| Para los demás concretos   |  | 5                      |                           |
| Para los concretos sujetos a abrasión, si la arena proviene del chancado y el material %P200 no es arcilla |  | 5                      |                           |
| Para los demás concretos, si la arena proviene del chancado y el material %P200 no es arcilla              |  | 7                      |                           |
| Terrones de arcilla y partículas deleznales, % máximo  | NTP 400.015                                    | 3                      | 2.55 %                    |
| Carbón y lignito, % máximo   | MTC E 215                                      | -                      | -                         |
| Si la apariencia del concreto es importante  |  | 0.5                    |                           |
| La apariencia del concreto no es importante  |  | 1                      |                           |
| <b>Materia orgánica</b>  |  |                        |                           |
| Impurezas orgánicas agregado fino, % máximo  | NTP 400.024                                    | 3                      | 1                         |
| Color 1: Ninguna impureza orgánica   |  | 1                      |                           |
| Color 2: Poca impureza orgánica  |  | 2                      |                           |
| Color 3: Aceptable   |  | 3                      |                           |
| Color 4: Con posibilidad dañina de impurezas orgánicas, hacer otras pruebas                                |  | 4                      |                           |
| Color 5: Dañina para el concreto   |  | 5                      |                           |
| <b>Características químicas</b>  |  |                        |                           |
| Contenido de sulfatos, expresado como $SO_4^-$ , % máximo  | NTP 400.042                                    | 1.2                    | -                         |
| Contenido de cloruros, expresado como $cl^-$ , % máximo  | NTP 400.042                                    | 0.1                    | -                         |
| <b>Absorción</b>   |  |                        |                           |
| Absorción de agua, % máximo  | NTP 400.022                                    | 15                     | 13.64 %                   |

(Fuente: ASTM C33, ASTM C330 y Manual de Ensayos de Materiales para Carreteras - MTC, 2000, ) [8][7][9]

Cuadro 5.13: Resumen de Ensayos realizados al agregado volcánico grueso liviano tipo I

| Ensayo   | Norma       | Requisito             | Resultado                |
|--|-------------|-----------------------|--------------------------|
| <b>Densidad</b>  |             |                       |                          |
| Máxima densidad aparente seca suelta (Peso unitario) % máximo                              | NTP 400.017 | 880 kg/m <sup>3</sup> | 836.46 kg/m <sup>3</sup> |
| <b>Limpieza</b>  |             |                       |                          |
| Material que pasa el tamiz de (75 $\mu$ m N° 200), % máximo                                | NTP 400.018 | 1.8                   | 0.35 %                   |
| Si el material %P200 no es arcilla o si el AF tiene un %P200 inferior al límite permisible |             | 1.5                   |                          |
| Límite en función al %P200 AF  |             | 1.8                   |                          |
| Terrones de arcilla y partículas deleznable, % máximo                                      | NTP 400.015 | 2                     | 1.39 %                   |
| Para concreto arquitectónico en clima severo   |             | 2                     |                          |
| Para concreto arquitectónico en clima moderado   |             | 3                     |                          |
| Para losas y pavimentos expuestos a humedad  |             | 3                     |                          |
| Estructuras interiores   |             | 5                     |                          |
| Zapatillas y columnas interiores   |             | 10                    |                          |
| Partículas livianas, % máximo  | MTC E 211   | 3                     | -                        |
| Para concreto Arquitectónico   |             | 3                     |                          |
| Para concreto a la interperic  |             | 5                     |                          |
| Para los demás concretos   |             | 8                     |                          |
| Carbón y lignito, % máximo   | MTC E 215   | 0.5                   | -                        |
| Si la apariencia del concreto es importante  |             | 0.5                   |                          |
| La apariencia del concreto no es importante  |             | 1                     |                          |
| <b>Geometría de las partículas</b>   |             |                       |                          |
| Partículas fracturadas mecánicamente (una cara), % mínimo                                  | MTC E 210   | 50                    | 52.03 %                  |
| Partículas chatas y alargadas (relación 5:1), % máximo                                     | NTP 400.040 | 15                    | 4.21 %                   |
| <b>Características químicas</b>  |             |                       |                          |
| Contenido de sulfatos, expresado como $SO_4^-$ , % máximo                                  | NTP 400.042 | 1.0                   |                          |
| Contenido de cloruros, expresado como $Cl^-$ , % máximo                                    | NTP 400.042 | 0.1                   |                          |

(Fuente: ASTM C33, ASTM C330 y Manual de Ensayos de Materiales para Carreteras - MTC, 2000, ) [8][7][9]

Cuadro 5.14: Resumen de Ensayos realizados al agregado volcánico fino liviano tipo II

| Ensayo   | Norma  | Requisito              | Resultado                 |
|--|--|------------------------|---------------------------|
| <b>Densidad</b>  |  |                        |                           |
| Máxima densidad aparente seca suelta (Peso unitario) % máximo  | NTP 400.017  | 1120 kg/m <sup>3</sup> | 1228.65 kg/m <sup>3</sup> |
| <b>Limpieza</b>  |  |                        |                           |
| Índice de plasticidad, % máximo  | MTC E 111  | NTP 339.129            | No plástico               |
| Equivalente de arena, % mínimo   | $f'c \leq 21 \text{ Mpa}$<br>(210 kg/cm <sup>2</sup> ) | NTP 339.146            | 86.21 %                   |
|  | $f'c > 21 \text{ Mpa}$<br>(210 kg/cm <sup>2</sup> )    | NTP 339.146            |                           |
| Material que pasa el tamiz de (75 $\mu\text{m}$ N° 200), % máximo  | NTP 400.018  | 5                      | 3.22 %                    |
| Para concretos sujetos a abrasión  |  | 3                      |                           |
| Para los demás concretos   |  | 5                      |                           |
| Para los concretos sujetos a abrasión, si la arena proviene del chancado y el material %P200 no es arcilla |  | 5                      |                           |
| Para los demás concretos, si la arena proviene del chancado y el material %P200 no es arcilla              |  | 7                      |                           |
| Terrones de arcilla y partículas deleznales, % máximo  | NTP 400.015  | 3                      | 2.61 %                    |
| Carbón y lignito, % máximo   | MTC E 215  | -                      | -                         |
| Si la apariencia del concreto es importante  |  | 0.5                    |                           |
| La apariencia del concreto no es importante  |  | 1                      |                           |
| <b>Materia orgánica</b>  |  |                        |                           |
| Impurezas orgánicas agregado fino, % máximo  | NTP 400.024  | 3                      | 1                         |
| Color 1: Ninguna impureza orgánica   |  | 1                      |                           |
| Color 2: Poca impureza orgánica  |  | 2                      |                           |
| Color 3: Aceptable   |  | 3                      |                           |
| Color 4: Con posibilidad dañina de impurezas orgánicas, hacer otras pruebas                                |  | 4                      |                           |
| Color 5: Dañina para el concreto   |  | 5                      |                           |
| <b>Características químicas</b>  |  |                        |                           |
| Contenido de sulfatos, expresado como $\text{SO}_4^-$ , % máximo   | NTP 400.042  | 1.2                    | -                         |
| Contenido de cloruros, expresado como $\text{Cl}^-$ , % máximo   | NTP 400.042  | 0.1                    | -                         |
| <b>Absorción</b>   |  |                        |                           |
| Absorción de agua, % máximo  | NTP 400.022  | 15                     | 8.85 %                    |

(Fuente: ASTM C33, ASTM C330 y Manual de Ensayos de Materiales para Carreteras - MTC, 2000, ) [8][7][9]

Cuadro 5.15: Resumen de Ensayos realizados al agregado volcánico grueso liviano tipo II

| Ensayo   | Norma       | Requisito             | Resultado                |
|--|-------------|-----------------------|--------------------------|
| <b>Densidad</b>  |             |                       |                          |
| Máxima densidad aparente seca suelta (Peso unitario) % máximo                              | NTP 400.017 | 880 kg/m <sup>3</sup> | 815.27 kg/m <sup>3</sup> |
| <b>Limpieza</b>  |             |                       |                          |
| Material que pasa el tamiz de (75 $\mu$ m N° 200), % máximo                                | NTP 400.018 | 1.8                   | 0.28 %                   |
| Si el material %P200 no es arcilla o si el AF tiene un %P200 inferior al límite permisible |             | 1.5                   |                          |
| Límite en función al %P200 AF  |             | 1.8                   |                          |
| Terrones de arcilla y partículas deleznable, % máximo                                      | NTP 400.015 | 2                     | 1.31 %                   |
| Para concreto arquitectónico en clima severo   |             | 2                     |                          |
| Para concreto arquitectónico en clima moderado   |             | 3                     |                          |
| Para losas y pavimentos expuestos a humedad  |             | 3                     |                          |
| Estructuras interiores   |             | 5                     |                          |
| Zapatillas y columnas interiores   |             | 10                    |                          |
| Partículas livianas, % máximo  | MTC E 211   | 3                     | -                        |
| Para concreto Arquitectónico   |             | 3                     |                          |
| Para concreto a la intemperie  |             | 5                     |                          |
| Para los demás concretos   |             | 8                     |                          |
| Carbón y lignito, % máximo   | MTC E 215   | 0.5                   | -                        |
| Si la apariencia del concreto es importante  |             | 0.5                   |                          |
| La apariencia del concreto no es importante  |             | 1                     |                          |
| <b>Geometría de las partículas</b>   |             |                       |                          |
| Partículas fracturadas mecánicamente (una cara), % mínimo                                  | MTC E 210   | 50                    | 74.42 %                  |
| Partículas chatas y alargadas (relación 5:1), % máximo                                     | NTP 400.040 | 15                    | 6.69 %                   |
| <b>Características químicas</b>  |             |                       |                          |
| Contenido de sulfatos, expresado como $SO_4^{2-}$ , % máximo                               | NTP 400.042 | 1.0                   |                          |
| Contenido de cloruros, expresado como $Cl^-$ , % máximo                                    | NTP 400.042 | 0.1                   |                          |

(Fuente: ASTM C33, ASTM C330 y Manual de Ensayos de Materiales para Carreteras - MTC, 2000, ) [8][7][9]

dosificación son: densidad, trabajabilidad y resistencia a la compresión. La primera influye propiedades como: módulo de elasticidad, conductividad térmica, etc. La segunda queda determinada por los requisitos de construcción y la última es una propiedad de diseño. La trabajabilidad depende principalmente de la dosis de agua y granulometría de los agregados, y la resistencia de la razón agua/cemento.

Se tomaron dos métodos de los cuatro que se diseñaron para cada tipo de agregado volcánico por razones ya explicadas en el capítulo anterior, se presentara un resumen donde están los diseños reajustados las cuales fueron usadas para la elaboración de las probetas.

Se elaboró 1 tanda de 2 probetas (6"x12") y 1 probeta de (4"x8"), se realizaron 2 tandas por cada resistencia diseñada como se mostrara en los cuadros.

### 5.5.1. Agregado volcánico tipo I

#### Método de Módulo de Fineza

Cuadro 5.16: Dosificación reajustado de cemento por m<sup>3</sup> de concreto liviano Método Módulo de Fineza

| RESUMEN DE DOSIFICACIÓN DE CEMENTO POR M3 |                               |                 |                              |                                 |  |
|---|-------------------------------|-----------------|------------------------------|---------------------------------|--|
| f'c<br>(kg/cm <sup>2</sup> )              | f'cr<br>(kg/cm <sup>2</sup> ) | Relación<br>a/c | Agua<br>(lt/m <sup>3</sup> ) | Cemento<br>(bl/m <sup>3</sup> ) | Factor Cemento<br>(kg/m <sup>3</sup> ) |
| 280                                       | 364                           | 0.47            | 221                          | 11.16                           | 474.25                                 |
| 210                                       | 294                           | 0.56            | 221                          | 9.31                            | 395.77                                 |
| 140                                       | 210                           | 0.68            | 221                          | 7.60                            | 323.10                                 |



Cuadro 5.17: Proporción del diseño de mezcla reajustado por m<sup>3</sup> de concreto liviano de materiales secos por el Método Módulo de Fineza

| RESUMEN DE MATERIALES REAJUSTADOS SECOS POR M3 |                 |                 |                       |                         |              |                               |
|--|-----------------|-----------------|-----------------------|-------------------------|--------------|-------------------------------|
| f'c<br>(kg/cm <sup>2</sup> )                   | Relación<br>a/c | Cemento<br>(kg) | Agregado<br>Fino (kg) | Agregado<br>Grueso (kg) | Agua<br>(Lt) | Total<br>(kg/m <sup>3</sup> ) |
| 280  | 0.47            | 474.25          | 697.07                | 473.06                  | 221          | 1865.38                       |
| 210  | 0.56            | 395.77          | 770.10                | 451.96                  | 221          | 1838.84                       |
| 140  | 0.68            | 323.10          | 849.15                | 421.75                  | 221          | 1815.00                       |

Cuadro 5.18: Proporción del diseño de mezcla reajustado por m<sup>3</sup> de concreto liviano de materiales húmedos por el Método Módulo de Fineza

| RESUMEN DE MATERIALES REAJUSTADOS HÚMEDOS POR M3 |                 |                 |                       |                         |              |                               |
|--|-----------------|-----------------|-----------------------|-------------------------|--------------|-------------------------------|
| f'c<br>(kg/cm <sup>2</sup> )                     | Relación<br>a/c | Cemento<br>(kg) | Agregado<br>Fino (kg) | Agregado<br>Grueso (kg) | Agua<br>(Lt) | Total<br>(kg/m <sup>3</sup> ) |
| 280  | 0.47            | 474.25          | 723.63                | 488.15                  | 318.66       | 2004.69                       |
| 210  | 0.56            | 395.77          | 799.44                | 466.38                  | 324.54       | 1986.14                       |
| 140  | 0.68            | 323.10          | 881.51                | 435.20                  | 330.45       | 1970.26                       |

### Método de Agregado Global

Cuadro 5.19: Dosificación reajustado de cemento por m<sup>3</sup> de concreto liviano Método Agregado Global

| RESUMEN DE DOSIFICACIÓN DE CEMENTO POR M3 |                               |                 |                              |                                 |  |
|---|-------------------------------|-----------------|------------------------------|---------------------------------|--|
| f'c<br>(kg/cm <sup>2</sup> )              | f'cr<br>(kg/cm <sup>2</sup> ) | Relación<br>a/c | Agua<br>(lt/m <sup>3</sup> ) | Cemento<br>(bl/m <sup>3</sup> ) | Factor Cemento<br>(kg/m <sup>3</sup> ) |
| 280                                       | 364                           | 0.47            | 222                          | 11.21                           | 476.39                                 |
| 210                                       | 294                           | 0.56            | 222                          | 9.35                            | 397.56                                 |
| 140                                       | 210                           | 0.68            | 222                          | 7.64                            | 324.56                                 |

Cuadro 5.20: Proporción del diseño de mezcla reajustado por m<sup>3</sup> de concreto liviano de materiales secos por el Método Módulo de Fineza

| RESUMEN DE MATERIALES REAJUSTADOS SECOS POR M3 |                 |                 |                       |                         |              |                               |
|--|-----------------|-----------------|-----------------------|-------------------------|--------------|-------------------------------|
| f'c<br>(kg/cm <sup>2</sup> )                   | Relación<br>a/c | Cemento<br>(kg) | Agregado<br>Fino (kg) | Agregado<br>Grueso (kg) | Agua<br>(Lt) | Total<br>(kg/m <sup>3</sup> ) |
| 280  | 0.47            | 476.39          | 659.80                | 504.75                  | 222          | 1862.94                       |
| 210  | 0.56            | 397.56          | 687.68                | 526.08                  | 222          | 1833.32                       |
| 140  | 0.68            | 324.56          | 713.50                | 545.83                  | 222          | 1805.89                       |

Cuadro 5.21: Proporción del diseño de mezcla reajustado por m<sup>3</sup> de concreto liviano de materiales húmedos por el Método Módulo de Fineza

| RESUMEN DE MATERIALES REAJUSTADOS HÚMEDOS POR M3 |                 |                 |                       |                         |              |                               |
|--|-----------------|-----------------|-----------------------|-------------------------|--------------|-------------------------------|
| f'c<br>(kg/cm <sup>2</sup> )                     | Relación<br>a/c | Cemento<br>(kg) | Agregado<br>Fino (kg) | Agregado<br>Grueso (kg) | Agua<br>(Lt) | Total<br>(kg/m <sup>3</sup> ) |
| 280  | 0.47            | 476.39          | 684.94                | 520.85                  | 317.95       | 2000.13                       |
| 210  | 0.56            | 397.56          | 713.88                | 542.86                  | 322.01       | 1976.31                       |
| 140  | 0.68            | 324.56          | 740.69                | 563.24                  | 325.76       | 1954.25                       |

### 5.5.2. Agregado volcánico tipo II

#### Método de Módulo de Fineza

Cuadro 5.22: Dosificación reajustado de cemento por m<sup>3</sup> de concreto liviano Método Módulo de Fineza

| RESUMEN DE DOSIFICACIÓN DE CEMENTO POR M3 |                               |                 |                              |                                 |  |
|---|-------------------------------|-----------------|------------------------------|---------------------------------|--|
| f'c<br>(kg/cm <sup>2</sup> )              | f'cr<br>(kg/cm <sup>2</sup> ) | Relación<br>a/c | Agua<br>(lt/m <sup>3</sup> ) | Cemento<br>(bl/m <sup>3</sup> ) | Factor Cemento<br>(kg/m <sup>3</sup> ) |
| 280                                       | 364                           | 0.47            | 218                          | 11.40                           | 484.44                                 |
| 210                                       | 294                           | 0.56            | 218                          | 9.19                            | 390.40                                 |
| 140                                       | 210                           | 0.68            | 218                          | 7.50                            | 318.71                                 |

Cuadro 5.23: Proporción del diseño de mezcla reajustado por m<sup>3</sup> de concreto liviano de materiales secos por el Método Módulo de Fineza

| RESUMEN DE MATERIALES REAJUSTADOS SECOS POR M3 |                 |                 |                       |                         |              |                               |
|--|-----------------|-----------------|-----------------------|-------------------------|--------------|-------------------------------|
| f'c<br>(kg/cm <sup>2</sup> )                   | Relación<br>a/c | Cemento<br>(kg) | Agregado<br>Fino (kg) | Agregado<br>Grueso (kg) | Agua<br>(Lt) | Total<br>(kg/m <sup>3</sup> ) |
| 280  | 0.47            | 467.81          | 752.22                | 465.51                  | 218          | 1903.54                       |
| 210  | 0.56            | 390.40          | 843.11                | 435.61                  | 218          | 1887.11                       |
| 140  | 0.68            | 318.71          | 932.27                | 403.84                  | 218          | 1872.82                       |

Cuadro 5.24: Proporción del diseño de mezcla reajustado por m<sup>3</sup> de concreto liviano de materiales húmedos por el Método Módulo de Fineza

| RESUMEN DE MATERIALES REAJUSTADOS HÚMEDOS POR M3 |                 |                 |                       |                         |              |                               |
|--|-----------------|-----------------|-----------------------|-------------------------|--------------|-------------------------------|
| f'c<br>(kg/cm <sup>2</sup> )                     | Relación<br>a/c | Cemento<br>(kg) | Agregado<br>Fino (kg) | Agregado<br>Grueso (kg) | Agua<br>(Lt) | Total<br>(kg/m <sup>3</sup> ) |
| 280  | 0.47            | 467.81          | 767.94                | 473.47                  | 295.48       | 2004.70                       |
| 210  | 0.56            | 390.40          | 860.73                | 443.05                  | 299.91       | 1994.10                       |
| 140  | 0.68            | 318.71          | 951.75                | 410.74                  | 304.12       | 1985.33                       |

### Método ACI 211.1

Cuadro 5.25: Dosificación reajustado de cemento por m<sup>3</sup> de concreto liviano Método ACI 211.1

| RESUMEN DE DOSIFICACIÓN DE CEMENTO POR M3 |                               |                 |                              |                                 |  |
|---|-------------------------------|-----------------|------------------------------|---------------------------------|--|
| f'c<br>(kg/cm <sup>2</sup> )              | f'cr<br>(kg/cm <sup>2</sup> ) | Relación<br>a/c | Agua<br>(lt/m <sup>3</sup> ) | Cemento<br>(bl/m <sup>3</sup> ) | Factor Cemento<br>(kg/m <sup>3</sup> ) |
| 280                                       | 364                           | 0.47            | 218                          | 11.01                           | 467.81                                 |
| 210                                       | 294                           | 0.56            | 218                          | 9.19                            | 390.40                                 |
| 140                                       | 210                           | 0.68            | 218                          | 7.50                            | 318.71                                 |

Cuadro 5.26: Proporción del diseño de mezcla reajustado por m<sup>3</sup> de concreto liviano de materiales secos por el Método Módulo de Fineza

| RESUMEN DE MATERIALES REAJUSTADOS SECOS POR M3 |                 |                 |                       |                         |              |                               |
|--|-----------------|-----------------|-----------------------|-------------------------|--------------|-------------------------------|
| f'c<br>(kg/cm <sup>2</sup> )                   | Relación<br>a/c | Cemento<br>(kg) | Agregado<br>Fino (kg) | Agregado<br>Grueso (kg) | Agua<br>(Lt) | Total<br>(kg/m <sup>3</sup> ) |
| 280  | 0.47            | 467.81          | 763.79                | 456.06                  | 218          | 1905.67                       |
| 210  | 0.56            | 390.40          | 818.05                | 456.06                  | 218          | 1882.52                       |
| 140  | 0.68            | 318.71          | 868.30                | 456.06                  | 218          | 1861.08                       |

Cuadro 5.27: Proporción del diseño de mezcla reajustado por m<sup>3</sup> de concreto liviano de materiales húmedos por el Método Módulo de Fineza

| RESUMEN DE MATERIALES REAJUSTADOS HÚMEDOS POR M3 |                 |                 |                       |                         |              |                               |
|--|-----------------|-----------------|-----------------------|-------------------------|--------------|-------------------------------|
| f'c<br>(kg/cm <sup>2</sup> )                     | Relación<br>a/c | Cemento<br>(kg) | Agregado<br>Fino (kg) | Agregado<br>Grueso (kg) | Agua<br>(Lt) | Total<br>(kg/m <sup>3</sup> ) |
| 280  | 0.47            | 467.81          | 779.75                | 463.86                  | 295.72       | 2007.15                       |
| 210  | 0.56            | 390.40          | 835.15                | 463.86                  | 299.39       | 1988.80                       |
| 140  | 0.68            | 318.71          | 886.45                | 463.86                  | 302.78       | 1971.81                       |

## 5.6. Resistencia a la Compresión

La selección de proporción de una mezcla esta basado en la resistencia de compresión lograda y la resistencia de diseño requerida. Los resultados de resistencia logrados pueden ser representados en curvas en función de la edad de curado variando el contenido de cemento, será seleccionado en función de la resistencia de diseño requerida, el contenido de cemento será seleccionado en función de la resistencia de diseño requerida.

Los resultados de los ensayos de resistencia a la compresión, son mostrados de acuerdo a cada método y agregado volcánico usado. De donde se hará la elección de la proporción de mezclas basado en la resistencia requerida. Se realizó el siguiente ensayo de acuerdo a la norma ASTM C39: determinación de la resistencia a la compresión de especímenes cilíndricos de concreto.

## 5.6.1. Agregado Volcánico Tipo I

## Método Módulo de Fineza

Cuadro 5.28: Resultados del ensayo de resistencia a la compresión

| N° | Tipo de Muestra | Edad (Días) | P.U. (tn/m3) | P.U. Prom. (tn/m3) | Resistencia Mpa | Resistencia (Kg / cm2) | R. Promedio (Kg / cm2) |
|----|-----------------|-------------|--------------|--------------------|-----------------|------------------------|------------------------|
| 1  | Método          | 7           | 1.95         |                    | 13.98           | 142.60                 |                        |
| 2  | Módulo          | 7           | 1.96         | 1.97               | 12.96           | 132.17                 | 141                    |
| 3  | Fineza          | 7           | 1.99         |                    | 14.63           | 149.30                 |                        |
| 4  | f'c             | 28          | 1.95         |                    | 22.13           | 226.12                 |                        |
| 5  | 140             | 28          | 1.96         | 1.96               | 22.83           | 233.30                 | 235                    |
| 6  | kg/cm2          | 28          | 1.96         |                    | 24.10           | 246.26                 |                        |
| 7  | Método          | 7           | 2.00         |                    | 21.38           | 218.66                 |                        |
| 8  | Módulo          | 7           | 1.99         | 1.98               | 22.21           | 227.38                 | 221                    |
| 9  | Fineza          | 7           | 1.96         |                    | 21.12           | 216.45                 |                        |
| 10 | f'c             | 28          | 2.00         |                    | 31.10           | 318.74                 |                        |
| 11 | 210             | 28          | 2.03         | 2.01               | 32.28           | 330.77                 | 329                    |
| 12 | kg/cm2          | 28          | 2.01         |                    | 33.03           | 338.49                 |                        |
| 13 | Método          | 7           | 2.03         |                    | 29.44           | 301.15                 |                        |
| 14 | Módulo          | 7           | 2.04         | 2.00               | 28.17           | 288.44                 | 296                    |
| 15 | Fineza          | 7           | 1.94         |                    | 29.20           | 299.29                 |                        |
| 16 | f'c             | 28          | 2.01         |                    | 38.93           | 398.92                 |                        |
| 17 | 280             | 28          | 2.03         | 2.02               | 38.24           | 391.86                 | 386                    |
| 18 | kg/cm2          | 28          | 2.03         |                    | 35.83           | 367.15                 |                        |

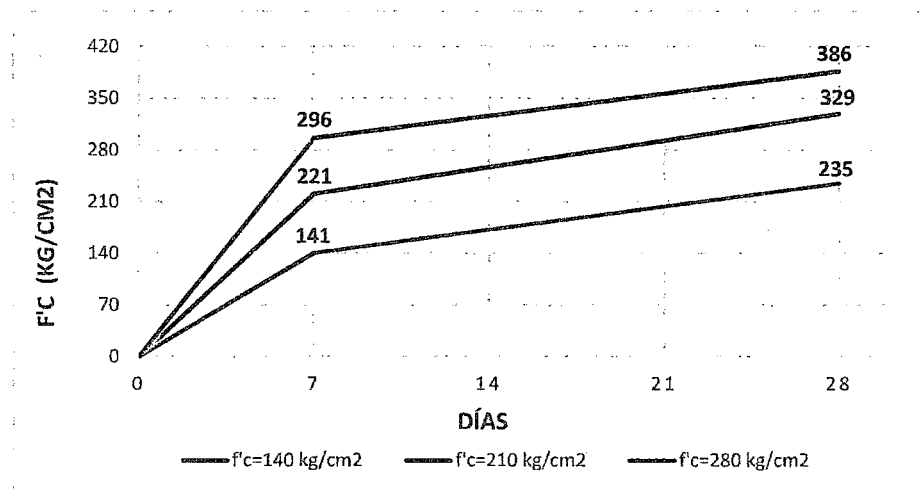


Figura 5.6: Curva Resistencia vs Tiempo (Método Módulo Fineza)

Cuadro 5.29: Relación a/c vs Resistencia

| Resistencia Compresión<br>Diseño |      | Resistencia Compresión<br>Resultado | Relación<br>de<br>a/c (*) |
|----------------------------------|------|-------------------------------------|---------------------------|
| f'c                              | f'cr | f'c                                 |                           |
| 140                              | 210  | 235                                 | 0.68                      |
| 175                              | 245  |                                     | 0.63                      |
| 210                              | 294  | 329                                 | 0.56                      |
| 245                              | 329  |                                     | 0.51                      |
| 280                              | 364  | 386                                 | 0.47                      |

(\*) Fuente: Diseño de Mezclas, Tabla 12.2.2, p.95.[10]

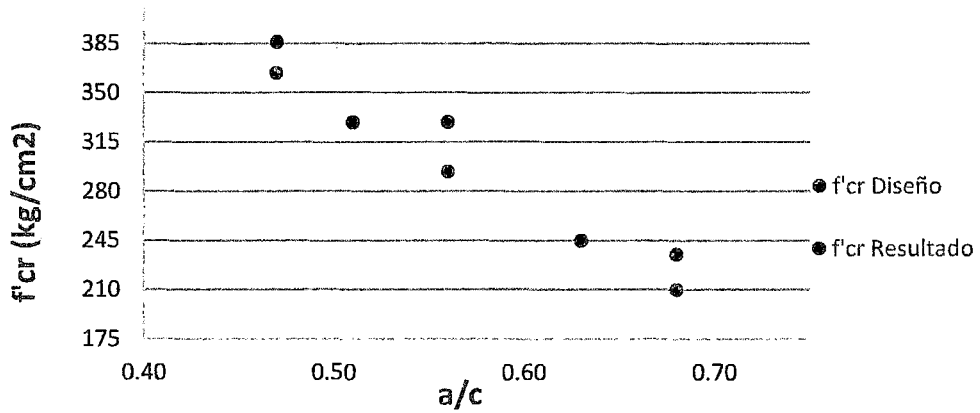


Figura 5.7: Curva Resistencia vs Tiempo (Método Módulo Fineza)

Cuadro 5.30: Resistencia vs Relación a/c

| f'cr<br>kg/cm2 | a/c<br>(*) |
|----------------|------------|
| 210            | 0.71       |
| 245            | 0.67       |
| 294            | 0.60       |
| 329            | 0.56       |
| 364            | 0.50       |

(\*) Datos obtenidos de los resultados de resistencia a la compresión del cuadro 5.28

## 5.6. Resistencia a la Compresión

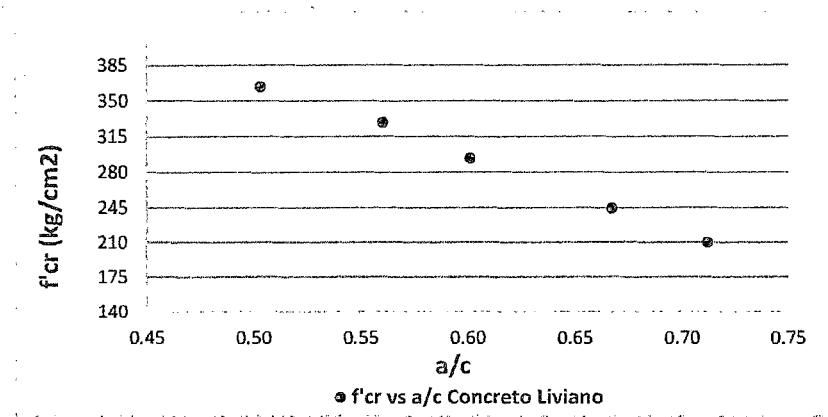


Figura 5.8: Curva Resistencia vs Tiempo (Método Módulo Fineza)

### Método Agregado Global

Cuadro 5.31: Resultados del ensayo de resistencia a la compresión

| Nº | Tipo de Muestra | Edad (Días) | P.U. (tn/m3) | P.U. Prom. (tn/m3) | Resistencia Mpa | Resistencia (Kg / cm2) | R. Promedio (Kg / cm2) |
|----|-----------------|-------------|--------------|--------------------|-----------------|------------------------|------------------------|
| 1  | Método          | 7           | 2.01         |                    | 10.87           | 111.13                 |                        |
| 2  | Agregado        | 7           | 1.97         | 1.98               | 10.48           | 107.24                 | 111                    |
| 3  | Global          | 7           | 1.97         |                    | 11.14           | 114.20                 |                        |
| 4  | f'c             | 28          | 1.98         |                    | 17.58           | 180.14                 |                        |
| 5  | 140             | 28          | 1.93         | 1.98               | 19.55           | 200.35                 | 189                    |
| 6  | kg/cm2          | 28          | 2.04         |                    | 18.31           | 187.69                 |                        |
| 7  | Método          | 7           | 1.99         |                    | 17.71           | 180.63                 |                        |
| 8  | Agregado        | 7           | 1.95         | 1.99               | 17.61           | 179.57                 | 177                    |
| 9  | Global          | 7           | 2.05         |                    | 16.92           | 172.70                 |                        |
| 10 | f'c             | 28          | 1.96         |                    | 24.49           | 250.20                 |                        |
| 11 | 210             | 28          | 1.99         | 1.99               | 25.40           | 259.54                 | 257                    |
| 12 | kg/cm2          | 28          | 2.04         |                    | 25.66           | 262.13                 |                        |

## 5.6. Resistencia a la Compresión

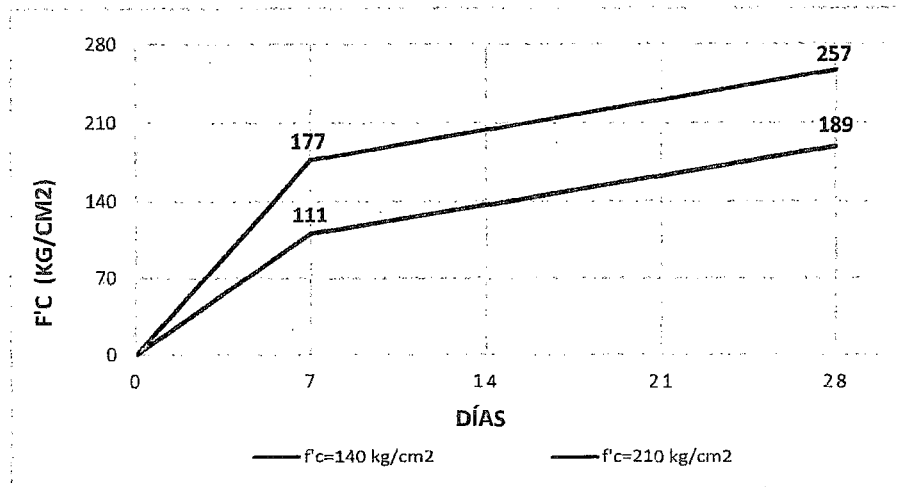


Figura 5.9: Curva Resistencia vs Tiempo (Método Agregado Global)

### 5.6.2. Agregado Volcánico Tipo II

Cuadro 5.32: Resultados del ensayo de resistencia a la compresión

| Nº | Tipo de Muestra | Edad (Días) | P.U. (tn/m3) | P.U. Prom. (tn/m3) | Resistencia Mpa | Resistencia (Kg / cm2) | R. Promedio (Kg / cm2) |
|----|-----------------|-------------|--------------|--------------------|-----------------|------------------------|------------------------|
| 1  | Método ACI      | 14          | 1.93         | 1.95               | 23.03           | 234.86                 | 238                    |
| 2  | 211.1           | 14          | 1.96         |                    | 23.66           | 241.51                 |                        |
| 3  | f'c             | 28          | 1.97         | 1.94               | 25.58           | 260.82                 | 259                    |
| 4  | 210 kg/cm2      | 28          | 1.91         |                    | 25.20           | 257.48                 |                        |
| 5  | Método          | 7           | 1.99         |                    | 26.16           | 267.59                 |                        |
| 6  | Módulo          | 7           | 2.01         | 1.99               | 26.51           | 271.18                 | 269                    |
| 7  | Finca           | 7           | 1.98         |                    | 26.29           | 269.39                 |                        |
| 8  | f'c             | 28          | 1.98         |                    | 27.92           | 286.17                 |                        |
| 9  | 210             | 28          | 2.00         | 1.99               | 27.82           | 285.10                 | 285                    |
| 10 | kg/cm2          | 28          | 2.00         |                    | 27.59           | 282.79                 |                        |



## **Capítulo 6**

# **Comparación Concreto Liviano (Cerro Acuchimay) - Concreto Normal (Cantera Cachi)**

### **6.1. Generalidades**

En este capítulo se hará una evaluación de los principales resultados obtenidos en la presente investigación, además de compararlos frente a la aplicación práctica asumido en el estudio. Para esta comparación se tomará el agregado volcánico tipo I (cantera Acuchimay) y el agregado de la cantera Cachi, para este último los resultados dados del laboratorio INGEOTECON.

### **6.2. Evaluación del Diseño de Mezcla**

#### **6.2.1. Agregados**

##### **Granulometría**

1. Cantera Acuchimay Dentro del concreto liviano los agregados comprenden el 75 a 85 % del volumen, ahí radica la importancia de este material; la granulometría

## 6.2. Evaluación del Diseño de Mezcla

del agregado debe ser continua para garantizar una buena compactación. Para la presente investigación se usó el agregado liviano, obteniendo lo siguiente: la distribución granulométrica del agregado grueso esta dentro de los límites establecidos por el ASTM C 330 y el tamaño máximo nominal no supera los 3/4" recomendados por el ACI 211.2 de acuerdo a los límites de porcentajes de material que pasa para mezclas concretos livianos, la granulometría del agregado fino esta dentro de los límites, presenta una buena distribución con partículas muy gruesas que influirán en la compactación y probablemente un menor contenido de cemento para una resistencia dada, además de ello, supera el porcentaje de finos pasantes por la malla N° 200, todo lo mencionado se resume en la figura 6.1 6.2.

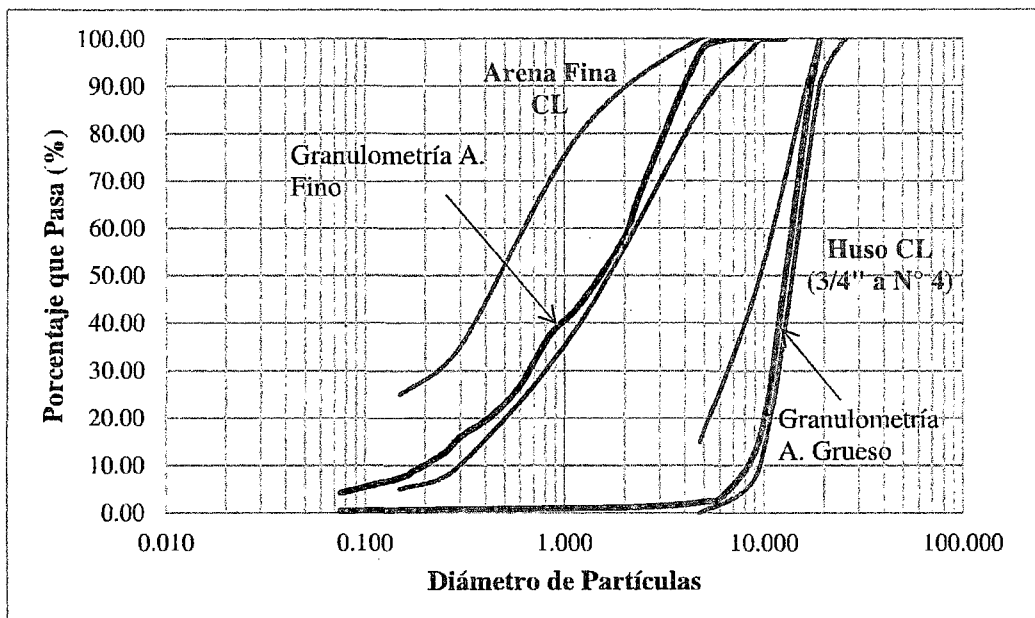


Figura 6.1: Curva de la distribución granulométrica de los agregados de acuerdo ASTM C330.

Si comparamos de acuerdo con los límites de porcentajes que nos da la norma ASTM C 33, se puede observar que también cumple con los límites establecidos para agregados normales.

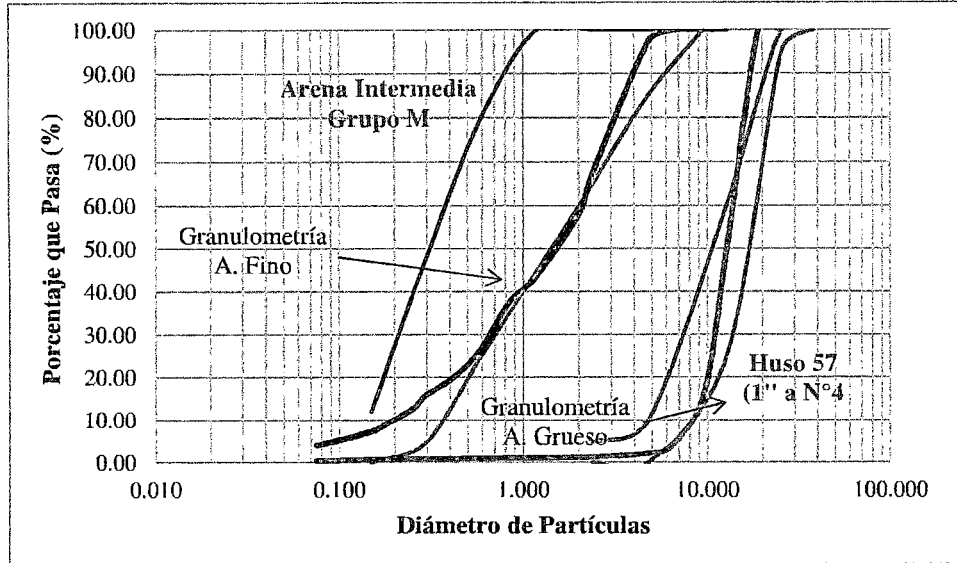


Figura 6.2: Curva de la distribución granulométrica de los agregados de acuerdo ASTM C33.

2. Cantera Cachi

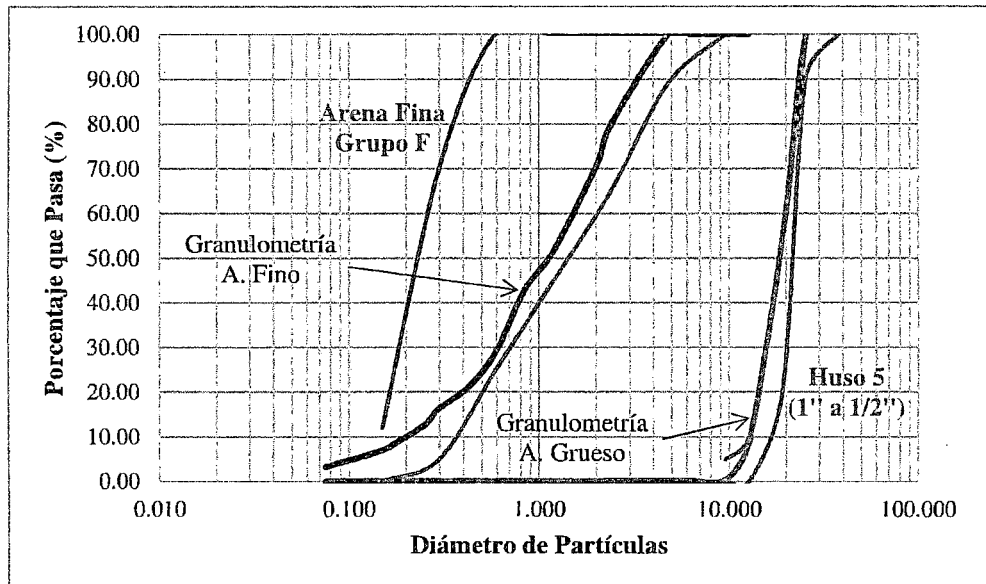


Figura 6.3: Curva de la distribución granulométrica de los agregados de acuerdo ASTM C33.

Como era de esperarse de las curvas de las distribuciones granulométricas para los agregados usados en este capítulo cumplen con el límite inferior de los husos.

## 6.2.2. Propiedades de los Agregados

## 1. Agregado Fino

Cuadro 6.1: Resumen de las Propiedades físicas de los agregados finos

| Ensayos de Laboratorio                            | Cantera Acuchimay | Cantera Cachi |
|---|-------------------|---------------|
| Peso unitario suelto seco (PUSS) ( $kg/m^3$ )     | 1124.30           | -             |
| Peso unitario compactado seco (PUCS) ( $kg/m^3$ ) | 1273.24           | -             |
| % de vacíos suelto (%)                            | 43.78             | -             |
| % de vacíos compactado (%)                        | 36.34             | -             |
| Peso específico aparente                          | 2.00              | 2.57          |
| Peso específico aparente (S.S.S.)                 | 2.27              | 2.62          |
| Peso específico nominal                           | 2.75              | 2.72          |
| Absorción (%)                                     | 13.64             | 2.19          |
| Contenido de humedad (%)                          | 3.82              | 3.00          |
| % de grava (%)                                    | 2.88              | 0.10          |
| % de arena (%)                                    | 92.87             | 96.60         |
| % de fino (%)                                     | 4.25              | 3.30          |
| Módulo de fineza                                  | 3.42              | 3.16          |

(Fuente: Datos obtenidos en laboratorio.)

Cuadro 6.2: Resultados de ensayos realizados a los agregado finos

| Ensayo   | Requisito                                | Acuchimay | Cachi |
|--|--|-----------|-------|
| <b>Durabilidad</b>   |  |           |       |
| Pérdidas en ensayo de solidez en sulfatos, % máximo $\geq$ 3000 msnm | Sulfato de sodio                         | 10        | -     |
|  | Sulfato de magnesio                      | 15        | 27.45 |
| <b>Limpieza</b>  |  |           |       |
| Equivalente de arena, % mínimo                                       | $f'c \leq 21$ Mpa<br>( $210$ $kg/cm^2$ ) | 65        | 88.50 |
|  | $f'c > 21$ Mpa<br>( $210$ $kg/cm^2$ )    | 75        | 83.00 |
| Material que pasa el tamiz de ( $75$ $\mu m$ N° 200), % máximo       | 5  | 3.62      | -     |
| Terrones de arcilla y partículas deleznales, % máximo                | 3  | 2.55      | 1.54  |
| <b>Materia orgánica</b>  |  |           |       |
| Impurezas orgánicas agregado fino, % máximo                          | 3  | 1         | 1     |
| <b>Características químicas</b>                                      |  |           |       |
| Contenido de sulfatos, expresado como $SO_4^{2-}$ , % máximo         | 1.2                                      | -         | -     |
| Contenido de cloruros, expresado como $cl^-$ , % máximo              | 0.1                                      | -         | -     |

(Fuente: ASTM C33, ASTM C330 y Manual de Ensayos de Materiales para Carreteras - MTC, 2000, ) [8][7][9]

## 2. Agregado Grueso

Cuadro 6.3: Resumen de las Propiedades físicas de los agregados gruesos

| Ensayos de Laboratorio                            | Cantera Acuchimay | Cantera Cachi |
|---|-------------------|---------------|
| Peso unitario suelto seco (PUSS) ( $kg/m^3$ )     | 836.46            | -             |
| Peso unitario compactado seco (PUCS) ( $kg/m^3$ ) | 983.19            | -             |
| % de vacíos suelto (%)                            | 55.28             | -             |
| % de vacíos compactado (%)                        | 47.44             | -             |
| Peso específico aparente                          | 1.87              | 2.58          |
| Peso específico aparente (S.S.S.)                 | 2.05              | 2.62          |
| Peso específico nominal                           | 2.27              | 2.69          |
| Absorción (%)                                     | 9.35              | 1.62          |
| Contenido de humedad (%)                          | 3.19              | 0.9           |
| % de grava (%)                                    | 97.79             | 99.90         |
| % de arena (%)                                    | 1.79              | 0.10          |
| % de fino (%)                                     | 0.42              | 0.00          |
| Módulo de fineza                                  | 6.77              | 7.45          |
| Tamaño máximo                                     | 3/4"              | 3/4"          |
| Tamaño máximo nominal                             | 1/2"              | 1/2"          |

(Fuente: Datos obtenidos en laboratorio.)

Cuadro 6.4: Resultados de ensayos realizados a los agregados gruesos

| Ensayo   | Requisito           | Acuchimay | Cachi |
|--|---------------------|-----------|-------|
| <b>Dureza</b>  |                     |           |       |
| Desgaste en la máquina de Los Ángeles                                | 50                  | 32.71     | 19.00 |
| <b>Durabilidad</b>   |                     |           |       |
| Pérdidas en ensayo de solidez en sulfatos, % máximo $\geq 3000$ msnm | Sulfato de sodio    | 12        | -     |
|  | Sulfato de magnesio | 18        | 29.64 |
| <b>Densidad</b>  |                     |           |       |
| <b>Limpieza</b>  |                     |           |       |
| Material que pasa el tamiz de ( $75 \mu m$ N° 200), % máximo         | 1.8                 | 0.35      | -     |
| Terrones de arcilla y partículas deleznable, % máximo                | 2                   | 1.39      | 0.26  |
| <b>Geometría de las partículas</b>                                   |                     |           |       |
| Partículas fracturadas mecánicamente (una cara), % mínimo            | 50                  | 52.03     | 71.00 |
| Partículas chatas y alargadas (relación 5:1), % máximo               | 15                  | 4.21      | 1.2   |
| <b>Características químicas</b>                                      |                     |           |       |
| Contenido de sulfatos, expresado como $SO_4^{=}$ , % máximo          | 1.0                 |           |       |
| Contenido de cloruros, expresado como $cl^{-}$ , % máximo            | 0.1                 |           |       |

(Fuente: ASTM C33, ASTM C330 y Manual de Ensayos de Materiales para Carreteras - MTC, 2000, ) [8][7][9]

### 6.2.3. Resistencia a la Compresión

Para determinar la resistencia a la compresión se elaboraron probetas cilíndricas, con resistencias de 140, 210 y 280  $kg/cm^2$ ; que fueron ensayadas a las edades de 7 y 28 días, de acuerdo a la norma ASTM C39 y su equivalente peruano MTC E 704-2000. En el cuadro 6.5 se muestra el resumen de las resistencias a la compresión alcanzadas, que son bastante altas, los pesos unitarios están por debajo de  $2.4 Tn/m^3$ , es decir menores al concreto normal, esto por la incorporación de agregados livianos en la distribución granulométrica. En base a las resistencias a la compresión. También se muestra en el cuadro 6.6 las proporciones del concreto normal con agregados de la cantera Cachi el cual es motivo de nuestra comparación.

Cuadro 6.5: Resistencias alcanzadas con el concreto liviano (Método Módulo Fineza).

| Nº | Tipo de Muestra                           | Edad Ensayo (Días) | Peso Unitario (tn/m <sup>3</sup> ) | Resistencia Compresión ( Kg/cm <sup>2</sup> ) |
|----|---|--------------------|------------------------------------|---|
| 1  | C. Liviano 1 $f'c=140 - f'cr=210 kg/cm^2$ | 7                  | 1.95                               | 141.36  |
| 2  | C. Liviano 1 $f'c=140 - f'cr=210 kg/cm^2$ | 28                 |                                    | 235.23  |
| 3  | C. Liviano 2 $f'c=210 - f'cr=294 kg/cm^2$ | 7                  | 1.99                               | 220.83  |
| 4  | C. Liviano 2 $f'c=210 - f'cr=294 kg/cm^2$ | 28                 |                                    | 329.33  |
| 5  | C. Liviano 3 $f'c=280 - f'cr=364 kg/cm^2$ | 7                  | 2.03                               | 296.29  |
| 6  | C. Liviano 3 $f'c=280 - f'cr=364 kg/cm^2$ | 28                 |                                    | 385.98  |

Cuadro 6.6: Resistencias alcanzadas con el concreto normal (Cantera Cachi).

| Nº | Tipo de Muestra                          | Edad Ensayo (Días) | Peso Unitario (tn/m <sup>3</sup> ) | Resistencia Compresión ( Kg/cm <sup>2</sup> ) |
|----|--|--------------------|------------------------------------|---|
| 1  | C. Normal 1 $f'c=140 - f'cr=210 kg/cm^2$ | 7                  | 2.40                               | 153.59  |
| 2  | C. Normal 2 $f'c=210 - f'cr=294 kg/cm^2$ | 7                  | 2.41                               | 267.27  |
| 3  | C. Normal 3 $f'c=280 - f'cr=364 kg/cm^2$ | 7                  | 2.41                               | 313.51  |

Las resistencias alcanzadas a los 7 días de los agregados de la cantera Cachi cumplen holgadamente con las especificaciones buscadas (se debe tener en cuenta que en las dosificaciones en volumen existe ciertos errores ya sea por el cálculo del peso unitario y las variaciones en obra), es por eso que no se cuenta con datos a los 28.

### 6.2.4. Proporción de Mezcla

De los ensayos y cálculos del diseño de mezcla, tanto para el concreto normal CN (Cantera Cachi) y el estudio del concreto liviano CL (Cantera Acuchimay), se presenta el resumen de las proporciones de los componentes de mezcla que cumplen con las resistencias a la compresión del diseño.

Cuadro 6.7: Resumen de proporción del diseño de mezcla por tipo de concreto de materiales secos.

| PROPORCIÓN DE MATERIALES SECOS POR M3 DE CONCRETO $f'c$ 210 $kg/cm^2$ |                             |              |               |           |           |           |           |               |                            |
|---|-----------------------------|--------------|---------------|-----------|-----------|-----------|-----------|---------------|----------------------------|
| Tipo de Concreto  | $f'c$ (kg/cm <sup>2</sup> ) | Cemento (kg) | Cemento (bls) | Dif (bls) | A.F. (kg) | A.G. (kg) | Agua (Lt) | Agua efectiva | Total (kg/m <sup>3</sup> ) |
| C.N. 1  | 140                         | 284.10       | 6.7           |           | 845       | 895       | 198       | 202           | 2222.40                    |
| C.L. 1  | 140                         | 323.10       | 7.6           | 0.9       | 849       | 422       | 221       | 330           | 1815.00                    |
| C.N. 2  | 210                         | 346.40       | 8.2           |           | 820       | 869       | 198       | 202           | 2233.90                    |
| C.L. 2  | 210                         | 395.77       | 9.3           | 1.2       | 770       | 452       | 221       | 325           | 1838.84                    |
| C.N. 3  | 280                         | 405.10       | 9.5           |           | 797       | 845       | 198       | 202           | 2244.60                    |
| C.L. 3  | 280                         | 474.25       | 11.2          | 1.6       | 697       | 473       | 221       | 319           | 1865.38                    |

De los resultados se observa que en la mezcla con concreto liviano, se requiere una mayor proporción de cemento frente al concreto normal (aproximadamente 1.2 bolsas más para la resistencia de 210  $kg/cm^2$ ), además la cantidad de agregado fino es mucho mayor que el agregado grueso en peso, situación que es diferente en el concreto normal. Con la proporción de la mezcla CL mostrada, se obtuvo una resistencia a la compresión promedio de 220  $kg/cm^2$  a los 7 días de haber sido ensayado y del CN un promedio de 267  $kg/cm^2$  donde se observa que tiene mayor resistencia a pesar de que en el CL se ve mayor proporción de cemento deduciendo que entra el factor de los agregados en especial el grueso ya que el agregado de la cantera Cachi tiene mayor dureza que de la cantera Acuchimay. El porcentaje de reducción de pesos entre el concreto liviano y normal cuadro 6.8.

Cuadro 6.8: Comparación de los pesos del concreto liviano con el normal.

| $f'c$ (kg/cm <sup>2</sup> ) | Concreto Liviano | Concreto Normal | Diferencia (%) |
|-----------------------------|------------------|-----------------|----------------|
| 140                         | 1950             | 2400            | -18            |
| 210                         | 1990             | 2410            | -17            |
| 280                         | 2030             | 2410            | -16            |

# Capítulo 7

## Conclusiones y Recomendaciones

### 7.1. Conclusiones

Con el desarrollo de esta investigación se ha llegado a las siguientes conclusiones:

1. El empleo de concreto liviano es relativamente nueva, si bien hay experiencias que datan de hace mucho, en nuestro medio aún no es de conocimiento masivo y sería bueno como una alternativa para la elaboración del concreto en nuestra ciudad.
2. Las 2 rocas volcánicas tanto el tipo I (Rojo) y II (Azul) que se usó para esta investigación el nombre de la roca es basalto poroso (piedra pómez), es por ello lo reducido de su peso a pesar de ello tiene una resistencia moderada motivo por el cual esta investigación. Se encuentran en la superficie del cerro Acuchimay donde se puede encontrar concentrado a simple vista la roca de color rojo y la de color azul se encontró dispersado por todo alrededor del cerro Acuchimay y partes de Quicapata.
3. Los ensayos realizados tanto de roca en sí como de agregado de origen volcánica (rojo y azul) demuestran que son aptos para su empleo como agregados en mezclas de concreto, ya que cumplen con las especificaciones técnicas de agregados livianos según la norma ASTM C 330.



4. Los agregados constituyen la mayor proporción en la mezcla, por lo tanto, el cumplimiento de los estándares mínimos de calidad y una buena distribución granulométrica, limitando el tamaño máximo nominal a  $1/2''$ , aseguran obtener la máxima densidad cuando la mezcla sea compactado. Si se da que la granulometría del agregado presenta deficiencia de finos, como no sucedió en la investigación, si no fuera el caso esto genera que para una resistencia dada, se requiera mayores cantidades de cemento, pues la pasta de éste llenará los espacios vacíos entre las partículas del agregado para lograr una adecuada compactación.
5. El agregado grueso presenta un 50 % menos de peso que un agregado normal y que cumple con el peso unitario máximo seco suelto para ser considerado como agregado liviano que es de  $880 \text{ kg/m}^3$  teniendo un peso unitario de  $836.46 \text{ kg/m}^3$ , en cambio el agregado fino obtenido de la roca volcánica no es mucha la diferencia con el agregado fino normal ya que esta no cumple con el peso unitario máximo seco suelto que según la norma es de  $1120 \text{ kg/m}^3$  y tiene  $1124.30 \text{ kg/m}^3$ . De la misma manera sucede con el agregado azul que se explicó en los anteriores capítulos. Entonces se tendría que el agregado grueso es liviano mas no el agregado fino aunque no es mucha la diferencia para ambas rocas (rojo y azul).
6. De los métodos de diseños de mezcla desarrollados el que más se adecuó es el Método de Módulo de Fineza ya que se obtuvo mejores resultados en resistencia a la compresión para ambos agregados (rojo y azul), para cada agregado se presentó 4 métodos de diseño de mezcla, se tomaron solo dos para la elaboración de las mezclas de pruebas de las cuales el Método de Módulo de Fineza presento mayor porcentaje de volumen de agregados fino y menor contenido de cemento. Se tomó solo 2 de los 4 métodos presentados para cada agregado (rojo y azul) por no contar con la cantidad necesaria de agregados para trabajar y lo difícil de obtener por ser un material nuevo.

7. La comparación con agregados de nuestra zona como es de la Cantera Cachi, como agregado ambos cumplen de acuerdo con las normas de especificaciones técnicas de agregados ASTM C 33 (Agregado de Cachi) y ASTM C 330 (Agregado volcánico) se pudo comparar que el agregado de Cachi tiene mayor durabilidad y resistencia a la abrasión que el de origen volcánico, como concreto se obtuvo que para un metro cúbico de concreto liviano se necesita una bolsa más de cemento que para un concreto normal (agregado Cachi). Las resistencias obtenidas del concreto normal (cantera Cachi) es mayor que el de concreto liviano a pesar de que este último tenga mayor contenido de cemento. Con el concreto liviano se obtuvo un aproximado de 20 % menos en peso que el de un concreto normal (cantera Cachi).
8. Las tablas dadas para el diseño de mezcla de concreto normal con respecto al volumen unitario de agua por metro cúbico no cumplen, tampoco la que se tiene para el diseño de mezcla de acuerdo a la norma ACI 211.2 para este agregado de la zona la cual se tuvo que relizar ajustes explicado en capítulos anteriores.
9. Las resistencias alcanzadas con estos agregados livianos fueron altas, llegando hasta los  $380 \text{ kg/cm}^2$  con el agregado volcánico del cerro Acuchimay (Rojo) y de peso liviano no llegando a pasar o cercanas al valor de  $2 \text{ tn/m}^3$ , el cual cumplimos con uno de nuestros objetivos planteados en esta investigación el cual este agregado se puede usar para concreto. Si se puede utilizar para la elaboración de concreto estructural por obtener buenos resultados al ensayo de resistencia a la compresión.
10. La variación de las resistencias obtenidas entre los ensayos se deben a que este tipo de agregado por tener mayor absorción y contenido de humedad hace que entre los diseños de pruebas que se tomaron a la hora de la elaboración de las probetas varíe con respecto a la consistencia y pueda entonces obtener variación en la relación a/c que se deseaba para ensayos futuros controlar mejor

en este sentido a la hora de las mezclas de pruebas.

## 7.2. Recomendaciones

1. La elección de la cantera de agregados para la mezcla de concreto liviano, debe ser estricto en el cumplimiento de las normas y límites para tener los resultados esperados. En el caso del estudio cumplió con todas las especificaciones dadas como agregado liviano.
2. Estos agregados volcánicos presentan un porcentaje de absorción bastante alto que está entre el 5 al 15 %, es motivo que el volumen unitario de agua por metro cúbico llegue a un 50% más de lo normal que se da a la hora del reajuste de contenido de humedad y absorción en el diseño de mezcla, al calcular la absorción de los agregados por los métodos ya conocidos resulta ser incierto el valor obtenido en estos agregados, es por eso que a la hora de la mezcla puede que resulte difícil obtener el asentamiento deseado y que te varíe la relación agua/cemento.
3. El almacenamiento en estos tipos de agregados se recomienda tener en un lugar seco o donde la humedad no pueda ser absorbida por estos agregados ya que como tienen un valor alto en porcentaje de absorción, puede variar su contenido de humedad por eso se recomienda a la hora de diseñar hacer el ensayo de contenido de humedad para no variar la relación agua/cemento que es muy importante para obtener la resistencia deseada.
4. Para determinar la combinación óptima del agregado grueso y fino, se empleo el método del módulo de finesa, la cuál según los ensayos ya realizados obtiene un mejor resultado en trabajabilidad y resistencia.
5. El tamaño máximo nominal del agregado liviano grueso debe ser igual o menor a 1/2", se realizo ensayos de pruebas con TMN de 3/4" donde diseñados para obtener una consistencia plástica se obtuvo una consistencia seca y se notó en

la mezcla de prueba que no había una adherencia de agregado con pasta y que el concreto no era trabajable por el mismo contenido de agua.

6. El proceso de curado del concreto liviano es similar que el concreto normal. Para las probetas elaboradas en el diseño de mezcla, se debe buscar mecanismos para evitar la pérdida de humedad, como cubrir con bolsas plásticas las probetas hasta que la mezcla endurezca, para luego continuar su proceso en tanques con agua. La porosidad del agregado liviano proporciona una fuente de agua para el curado interno del concreto y su durabilidad, sin dejar de lado la necesidad del curado externo.
7. Con el empleo de concreto liviano se desea que sea una alternativa nueva como agregado, permitiendo el estudio de su comportamiento y confiabilidad para su masificación.

### **7.3. Temas Afines de Investigación**

En el desarrollo de la investigación surgieron interrogantes que no se pudieron abordar y que serían materia de otras tesis, por lo que dejo a consideración:

1. Obtener un cuadro de volumen unitario de agua por metro cúbico que se adapte a este tipo de agregado.
2. Evaluar el uso del concreto liviano en elementos estructurales en obras civiles.

# Bibliografía

- [1] Jorge Ayala Fontes. *Estudio de las propiedades físicas y mecánicas de los concretos ligeros*.
- [2] F. M. Lea. *Hormigones livianos*. Instituto Técnico de la Construcción y del Cemento.
- [3] American Concrete Institute. Committee 211.2-R98 (1998). *Standard Practice for Selecting Proportions for Structural Lightweight Concrete (ACI 211.2-98)*, 1998.
- [4] American Concrete Institute. Committee 213-R03 (2003). *Guide for structural Lightweight Aggregate Concrete*, 2003.
- [5] Ing. Solano Mario. *Diseño de Mezclas de Concreto con Agregado Grueso del Tajo Chopo*, 2003.
- [6] Enrique Rivva López. *Naturaleza y Materiales del Concreto*. Capítulo Peruano ACI, Primera Edición, Perú, Diciembre, 2000.
- [7] American Society for Testing Materials (Sociedad Americana de Prueba de Materiales). *Agregados Livianos para Concreto Estructural - Especificaciones*. ASTM.
- [8] American Society for Testing Materials (Sociedad Americana de Prueba de Materiales). *Agregados para Concreto - Especificaciones*. ASTM.

- [9] MTC. *Manual de Ensayos de Materiales para Carreteras*. Ministerio de Transportes y Comunicaciones Dirección General de Caminos y Ferrocarriles, Enero, 2000.
- [10] Enrique Rivva López. *Tecnología del concreto: Diseño de mezclas*. Imprenta "Williams" E.I.R.L. Lima-Perú, 2007.
- [11] National Ready Mixed Concrete Association. Concreto estructural de peso liviano. *Hormigón El Concreto en la Práctica NRMCA*.
- [12] María Del Pilar Roberto Hernández, Carlos Fernández. *Metodología de la Investigación*. McGRAW-HILL/INERAMERICANA EDITORES S.A. DE C.V., 2010.
- [13] MTC. *Manual de Carreteras "Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos"; Sección Suelos y Pavimentos*. MTC, Febrero, 2013.
- [14] Iza Manobanda Darwin. *Hormigón Liviano con Agregado de Origen Volcánico y Aditivo Incorporador de Aire*, 2009.
- [15] Salguero Girón Raúl. *Examen de Calidad de Agregados Para Concreto de dos Bancos en la Ciudad de Quetzaltenango*, 2004.
- [16] Gastón Proaño Cadena Luis Fernando Valdez, Gabriel Suárez. *Hormigones Livianos*, 2010.
- [17] Pablo de Jesús Márquez Pichardo. *Tesis de Antegrado Proporcionamiento óptimo del concreto ligero aplicado a piezas de mampostería*, 2000.
- [18] ACI. *Ací manual of concrete practice - cement and concrete terminology. Reported by ACI Committee 116 (ACI 116R-90)*, 1990.
- [19] Martínez R. Andrés. *Elaboración de hormigones livianos con piedra pómez (chasqui negra) y su influencia en la reducción de fuerzas sísmicas. 4to Encuentro Investigación Científica desde las Aulas*, 2014.

- [20] Ibarcena Lajo C. Uso de concreto ligero con agregado de roca volcánica en la fabricación de unidades de albañilería no estructural. <https://prezi.com/hdibjng3inyo/fabricacion-de-bloques-de-concreto-ligero-resumen/>., 2013.

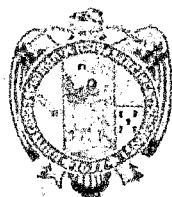
## **Apéndice A**

# **RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE LABORATORIO REALIZADOS**

### **A.1. MECÁNICA DE ROCAS - AGREGADO VOL- CÁNICO**



## A.1. MECÁNICA DE ROCAS - AGREGADO VOLCÁNICO



LABORATORIO DE  
MECÁNICA DE ROCAS  
FIMGC - UNSCH

Av. Independencia s/n  
Telf. (064)- 812510 - Anexo 151  
Ayacucho -Perú

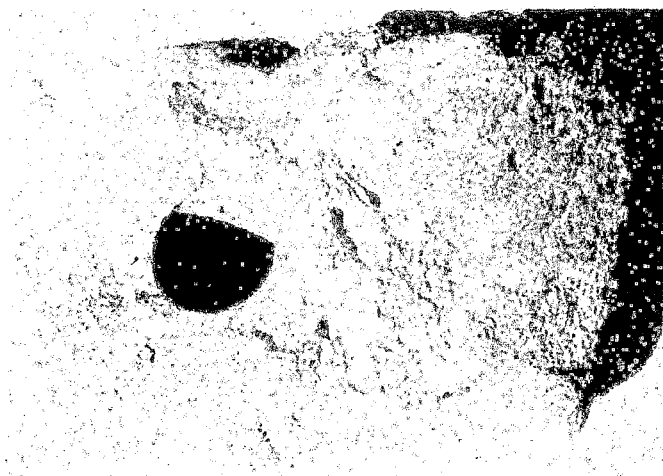
### PETROLOGIA DESCRIPCION MACROSCOPICA

SOLICITADO POR: Bach. Carlos Ventura Ayala  
PROYECTO : Tesis Ingeniería Civil

PROCEDENCIA: Lugar: Acuchimay  
Distrito: Carmen Alto

Provincia: Huamanga  
Depto: Ayacucho

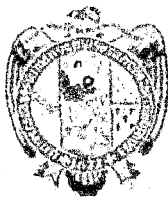
|                                |   |
|--------------------------------|---|
| MUESTRA:                       | Cantera Acuchimay                                       |
| NOMBRE ROCA:                   | Basalto Poroso  |
| CLASE SEGÚN ORIGEN:            | Roca volcánica  |
| COLOR:                         | Rojizo  |
| MINERALES VISIBLES/COMPONENTES | Olivino, minerales ferromagnesianos<br>Oxidos de fierro |
| TAMAÑO DE GRANO:               | 0.02 mm.  |
| TEXTURA:                       | Afanítico   |
| GRADO DE COHESION:             | Alto  |
| GRADO DE DUREZA:               | Duro  |
| GRADO DE ALTERACION:           | Ligero superficial                                      |
| FRACTURAS:                     | Sin fracturas.  |
| MATERIAL RELLENO FRACTURAS     | Sin relleno   |
| GRADO DE RESISTENCIA:          | Moder. resistente. ( $G_c = 388.19 \text{ Kg/cm}^2$ )   |
| REACCION AL HCL:               | Ninguna   |



Ayacucho, setiembre del 2015

LABORATORIO DE MECÁNICA  
DE ROCAS  
FIMGC-UNSCH  
*Grover Rucma Salazar*  
ING. GROVER RUCMA SALAZAR  
RESPONSABLE

## A.1. MECÁNICA DE ROCAS - AGREGADO VOLCÁNICO



LABORATORIO DE  
MECÁNICA DE ROCAS  
FIMGC - UNSCH

Av. Independencia s/n  
Telef. (064)- 812510 - Anexo 151  
Ayacucho - Perú

### PETROLOGIA DESCRIPCION MACROSCOPICA

SOLICITADO POR: Bach. Carlos Ventura Ayala  
PROYECTO : Tesis Ingeniería Civil

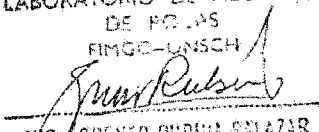
PROCEDENCIA: Lugar: Acuchimay  
Distrito: Carmen Alto

Provincia: Huamanga  
Depto: Ayacucho

|                                |   |
|--------------------------------|---|
| MUESTRA:                       | Cantera Acuchimay                                     |
| NOMBRE ROCA:                   | Basalto Poroso  |
| CLASE SEGÚN ORIGEN:            | Roca volcánica  |
| COLOR:                         | Gris  |
| MINERALES VISIBLES/COMPONENTES | Olivino, minerales ferromagnesianos                   |
| TAMAÑO DE GRANO:               | 0.02 mm.  |
| TEXTURA:                       | Afanítico   |
| GRADO DE COHESION:             | Alto  |
| GRADO DE DUREZA:               | Duro  |
| GRADO DE ALTERACION:           | Ligero superficial                                    |
| FRACTURAS:                     | Sin fracturas.  |
| MATERIAL RELLENO FRACTURAS     | Sin relleno   |
| GRADO DE RESISTENCIA:          | Moder. resistente. ( $G_c = 450.15 \text{ Kg/cm}^2$ ) |
| REACCION AL HCL:               | Ninguna   |



Ayacucho, de setiembre del 2015

LABORATORIO DE MECÁNICA  
DE ROCAS  
FIMGC-UNSCH  
  
ING. GROVER RUBINA SALAZAR  
RESPONSABLE



LABORATORIO DE  
MÉCANICA DE ROCAS  
FIMGC - UNSCH

Av. Independencia s/n  
Telef.(066) -312510 Anexo 151  
Ayacucho - Perú

### RESULTADOS DE ENSAYO DE COMPRESION SIMPLE

SOLICITADO POR: Bach. Carlos  
PROYECTO: Tesis Ingeniería Civil

MUESTRA: Cantera de Acuchimay

PROCEDENCIA: Lugar: Acuchimay Provincia: Huamanga  
Distrito: Carmen Alto Depto: Ayacucho

| MUESTRA<br>N° | PROBETA         |                 |                         | CARGA DE<br>ROTURA<br>Kg | RESISTENCIA COMPRESION<br>UNIAXIAL |     | NOMBRE DE LA ROCA |
|---------------|-----------------|-----------------|-------------------------|--------------------------|------------------------------------|-----|-------------------|
|               | Diámetro<br>cm. | Longitud<br>cm. | Area<br>cm <sup>2</sup> |                          | Kg/cm <sup>2</sup>                 | MPa |                   |
|               |                 |                 |                         |                          |                                    |     |                   |

FECHA: Setiembre del 2015

LABORATORIO DE MECANICA  
DE ROCAS  
FIMGC-UNSC  
  
ING. GREGORIO TUBINA SALAZAR  
RESPONSABLE

A.I. MECÁNICA DE ROCAS - AGREGADO VOLCÁNICO



LABORATORIO DE  
MECANICA DE ROCAS  
FIMGC - UNSCH

Av. Independencia s/n  
Telef.(066) -312510 Anexo 151  
Ayacucho - Perú

### RESULTADOS DE ENSAYO DE COMPRESION SIMPLE

SOLICITADO POR: Bach. Carlos Ventura Ayala  
PROYECTO: Tesis Ingenieria Civil

MUESTRA: Cantera de Acuchimay

PROCEDENCIA: Lugar: Acuchimay Provincia: Huamanga  
Distrito: Carmen Alto Depto: Ayacucho

| MUESTRA<br>N° | PROBETA         |                 |             | CARGA DE<br>ROTURA<br>Kg | RESISTENCIA COMPRESION<br>UNIAXIAL |       | NOMBRE DE LA ROCA           |
|---------------|-----------------|-----------------|-------------|--------------------------|------------------------------------|-------|-----------------------------|
|               | Diámetro<br>cm. | Longitud<br>cm. | Area<br>cm2 |                          | Kg/cm2                             | MPa   |                             |
|               |                 |                 |             |                          |                                    |       |                             |
| C.R.A         | 3.46            | 7.41            | 9.40        | 3,650                    | 388.19                             | 38.06 | Basalto Poroso color rojizo |

FECHA: Setiembre del 2015

LABORATORIO DE MECANICA  
DE ROCAS  
FIMGC-UNSCH  
  
ING. GROVER RUBINA SALAZAR  
RESPONSABLE

A.1. MECÁNICA DE ROCAS - AGREGADO VOLCÁNICO

**A.2. AGREGADO VOLCÁNICO ROJO CERRO  
ACUCHIMAY**

A.2. AGREGADO VOLCÁNICO ROJO CERRO ACUCHIMAY

**ENSAYOS DE CALIDAD DE AGREGADO ROCA VOLCANICA**

**PROYECTO :** TESIS: "PROPIEDADES FISICAS Y MECANICAS DE LA ROCA VOLCANICA DEL CERRO ACUCHIMAY PARA EL DISEÑO DE CONCRETO LIVIANO"

**SOLICITUD :** BACHILLER CARLOS EDUARDO VENTURA AYALA

**REGION :** AYACUCHO

**CANTERA :** CERRO ACUCHIMAY Y ALREDEDOR

**PROVINCIA :** HUAMANGA

**MATERIAL :** AGREGADO GRUESO Y AGREGADO FINO TIPO I

**DISTRITO :** SAN JUAN BAUTISTA

**FECHA :** JULIO 2015

**LUGAR :** ACUCHIMAY

**MTC E 108 - AASHTO T 265 - ASTM D 2216  
CONTENIDO DE HUMEDAD (AGREGADO GRUESO Y FINO)  
AGREGADO FINO**

|                                | Und      | Ensayo 01     |
|--------------------------------|----------|---------------|
| Peso suelo humedo + recipiente | gr       | 256.70        |
| Peso suelo seco + recipiente   | gr       | 250.40        |
| Peso recipiente                | gr       | 85.20         |
| Contenido de humedad           | %        | 3.81          |
| <b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b>    | <b>%</b> | <b>3.81 %</b> |

**AGREGADO GRUESO DE TAMAÑO MAXIMO NOMINAL 3/4"**

|                                | Und      | Ensayo 01     | Ensayo 02 |
|--------------------------------|----------|---------------|-----------|
| Peso suelo humedo + recipiente | gr       | 296.50        | 288.50    |
| Peso suelo seco + recipiente   | gr       | 282.85        | 275.90    |
| Peso recipiente                | gr       | 67.30         | 75.70     |
| Contenido de humedad           | %        | 6.33          | 6.29      |
| <b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b>    | <b>%</b> | <b>6.31 %</b> |           |

**AGREGADO GRUESO DE TAMAÑO MAXIMO NOMINAL 1/2"**

|                                | Und      | Ensayo 01     | Ensayo 02 |
|--------------------------------|----------|---------------|-----------|
| Peso suelo humedo + recipiente | gr       | 327.70        | 226.25    |
| Peso suelo seco + recipiente   | gr       | 320.20        | 221.90    |
| Peso recipiente                | gr       | 85.20         | 85.20     |
| Contenido de humedad           | %        | 3.19          | 3.18      |
| <b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b>    | <b>%</b> | <b>3.19 %</b> |           |

**MTC E 114 - ASTM D 2419 - AASHTO T 176  
EQUIVALENTE DE ARENA**

**AGREGADO FINO**

|  | Und      | Ensayo 01      | Ensayo 02 |
|--|----------|----------------|-----------|
| Nivel superior de la muestra total             | mm       | 133.50         | 129.50    |
| Nivel del disco en el dispositivo de lecturas  | mm       | 372.50         | 373.50    |
| Altura del disco en el dispositivo de lecturas | mm       | 256.20         | 256.20    |
| Nivel superior de la arena                     | mm       | 116.30         | 117.30    |
| Temperatura del ensayo                         | °C       | 22 ± 3°C       | 22 ± 3°C  |
| Equivalente de arena                           | %        | 87.12          | 90.58     |
| <b>EQUIVALENTE DE ARENA</b>                    | <b>%</b> | <b>88.85 %</b> |           |

A.2. AGREGADO VOLCÁNICO ROJO CERRO ACUCHIMAY

**ENSAYOS DE CALIDAD DE AGREGADO ROCA VOLCANICA**

**PROYECTO :** TESIS: "PROPIEDADES FISICAS Y MECANICAS DE LA ROCA VOLCANICA DEL CERRO ACUCHIMAY PARA EL DISEÑO DE CONCRETO LIVIANO"

**SOLICITUD :** BACHILLER CARLOS EDUARDO VENTURA AYALA

**REGION :** AYACUCHO

**CANTERA :** CERRO ACUCHIMAY Y ALREDEDOR

**PROVINCIA :** HUAMANGA

**MATERIAL :** AGREGADO GRUESO Y AGREGADO FINO TIPO I

**DISTRITO :** SAN JUAN BAUTISTA

**FECHA :** JULIO 2015

**LUGAR :** ACUCHIMAY

**MTC E 202 - ASTM C-117**

**MATERIAL QUE PASA POR LA MALLA N° 200 (EN AGREGADO FINO Y GRUESO)**

**AGREGADO FINO**

|   | Und | Ensayo 01 |
|---|-----|-----------|
| Peso original de la muestra seca                      | gr  | 2588.90   |
| Peso de la muestra seca, despues de lavada, en gramos | gr  | 2495.10   |
| Porcentaje del material fino que pasa el tamiz N° 200 | %   | 3.62      |

**AGREGADO GRUESO DE TAMAÑO MAXIMO NOMINAL 3/4"**

|   | Und | Ensayo 01 |
|---|-----|-----------|
| Peso original de la muestra seca                      | gr  | 2240.30   |
| Peso de la muestra seca, despues de lavada, en gramos | gr  | 2216.20   |
| Porcentaje del material fino que pasa el tamiz N° 200 | %   | 1.08      |

**AGREGADO GRUESO DE TAMAÑO MAXIMO NOMINAL 1/2"**

|   | Und | Ensayo 01 |
|---|-----|-----------|
| Peso original de la muestra seca                      | gr  | 2205.80   |
| Peso de la muestra seca, despues de lavada, en gramos | gr  | 2198.00   |
| Porcentaje del material fino que pasa el tamiz N° 200 | %   | 0.35      |

A.2. AGREGADO VOLCÁNICO ROJO CERRO ACUCHIMAY

**ENSAYOS DE CALIDAD DE AGREGADO ROCA VOLCANICA**

**PROYECTO :** TESIS: "PROPIEDADES FISICAS Y MECANICAS DE LA ROCA VOLCANICA DEL CERRO ACUCHIMAY PARA EL DISEÑO DE CONCRETO LIVIANO"

**SOLICITUD :** BACHILLER CARLOS EDUARDO VENTURA AYALA

**REGION :** AYACUCHO

**CANTERA :** CERRO ACUCHIMAY Y ALREDEDOR

**PROVINCIA :** HUAMANGA

**MATERIAL :** AGREGADO GRUESO Y AGREGADO FINO TIPO I

**DISTRITO :** SAN JUAN BAUTISTA

**FECHA :** JULIO 2015

**LUGAR :** ACUCHIMAY

**MTC E 203 - ASTM C-29**

**PESO UNITARIO**

**AGREGADO FINO**

**PESO UNITARIO SUELTO SECO (PUSS)**

|  | Und                | Ensayo 01 | Ensayo 02 | Ensayo 03 |
|--|--------------------|-----------|-----------|-----------|
| Peso molde                                 | gr                 | 2775      | 2775      | 2775      |
| Peso agregado + molde                      | gr                 | 5845      | 5833      | 5826      |
| Peso agregado suelto = (B) - (A)           | gr                 | 3070      | 3058      | 3051      |
| Volumen del molde                          | cm <sup>3</sup>    | 2721.40   | 2721.40   | 2721.40   |
| Diámetro                                   | cm                 | 15.00     | 15.00     | 15.00     |
| Altura                                     | cm                 | 15.40     | 15.40     | 15.40     |
| PESO UNITARIO SUELTO SECO (PUSS) = (C)/(D) | gr/cm <sup>3</sup> | 1.13      | 1.12      | 1.12      |

**PROMEDIO PUSS**

**1124.30 kg/m<sup>3</sup>**

**PESO UNITARIO COMPACTADO SECO (PUCS) MÉTODO DEL APISONADO**

|  | Und                | Ensayo 01 | Ensayo 02 | Ensayo 03 |
|--|--------------------|-----------|-----------|-----------|
| Peso molde                                     | gr                 | 2775      | 2775      | 2775      |
| Peso agregado + molde                          | gr                 | 6219      | 6249      | 6252      |
| Peso agregado suelto = (B) - (A)               | gr                 | 3444      | 3474      | 3477      |
| Volumen del molde                              | cm <sup>3</sup>    | 2721.40   | 2721.40   | 2721.40   |
| Diámetro                                       | cm                 | 15.00     | 15.00     | 15.00     |
| Altura   | cm                 | 15.40     | 15.40     | 15.40     |
| PESO UNITARIO COMPACTADO SECO (PUCS) = (C)/(D) | gr/cm <sup>3</sup> | 1.27      | 1.28      | 1.28      |

**PROMEDIO PUCS**

**1273.24 kg/m<sup>3</sup>**

**AGREGADO GRUESO TAMAÑO MÁXIMO NOMINAL 3/4"**

**PESO UNITARIO SUELTO SECO (PUSS)**

|  | Und                | Ensayo 01 | Ensayo 02 | Ensayo 03 |
|--|--------------------|-----------|-----------|-----------|
| Peso molde                                 | gr                 | 7324      | 7324      | 7324      |
| Peso agregado + molde                      | gr                 | 15160     | 15222     | 15211     |
| Peso agregado suelto = (B) - (A)           | gr                 | 7836      | 7898      | 7887      |
| Volumen del molde                          | cm <sup>3</sup>    | 9204.87   | 9204.87   | 9204.87   |
| Diámetro                                   | cm                 | 20.00     | 20.00     | 20.00     |
| Altura                                     | cm                 | 29.30     | 29.30     | 29.30     |
| PESO UNITARIO SUELTO SECO (PUSS) = (C)/(D) | gr/cm <sup>3</sup> | 0.85      | 0.86      | 0.86      |

**PROMEDIO PUSS**

**855.38 kg/m<sup>3</sup>**

**PESO UNITARIO COMPACTADO SECO (PUCS) MÉTODO DEL APISONADO**

|  | Und                | Ensayo 01 | Ensayo 02 | Ensayo 03 |
|--|--------------------|-----------|-----------|-----------|
| Peso molde                                     | gr                 | 7324      | 7324      | 7324      |
| Peso agregado + molde                          | gr                 | 16302     | 16295     | 16300     |
| Peso agregado suelto = (B) - (A)               | gr                 | 8978      | 8971      | 8976      |
| Volumen del molde                              | cm <sup>3</sup>    | 9204.87   | 9204.87   | 9204.87   |
| Diámetro                                       | cm                 | 20.00     | 20.00     | 20.00     |
| Altura   | cm                 | 29.30     | 29.30     | 29.30     |
| PESO UNITARIO COMPACTADO SECO (PUCS) = (C)/(D) | gr/cm <sup>3</sup> | 0.98      | 0.97      | 0.98      |

**PROMEDIO PUCS**

**975.03 kg/m<sup>3</sup>**



## A.2. AGREGADO VOLCÁNICO ROJO CERRO ACUCHIMAY

### ENSAYOS DE CALIDAD DE AGREGADO ROCA VOLCANICA

**PROYECTO :** TESIS: "PROPIEDADES FISICAS Y MECANICAS DE LA ROCA VOLCANICA DEL CERRO ACUCHIMAY PARA EL DISEÑO DE CONCRETO LIVIANO"

**SOLICITUD :** BACHILLER CARLOS EDUARDO VENTURA AYALA

**REGION :** AYACUCHO

**CANTERA :** CERRO ACUCHIMAY Y ALREDEDOR

**PROVINCIA :** HUAMANGA

**MATERIAL :** AGREGADO GRUESO Y AGREGADO FINO TIPO I

**DISTRITO :** SAN JUAN BAUTISTA

**FECHA :** JULIO 2015

**LUGAR :** ACUCHIMAY

#### AGREGADO GRUESO TAMAÑO MAXIMO NOMINAL 1/2"

##### PESO UNITARIO SUELTO SECO (PUSS)

|  | Und                | Ensayo 01 | Ensayo 02 | Ensayo 03 |
|--|--------------------|-----------|-----------|-----------|
| Peso molde                                 | gr                 | 2775      | 2775      | 2775      |
| Peso agregado + molde                      | gr                 | 5065      | 5037      | 5052      |
| Peso agregado suelto = (B) - (A)           | gr                 | 2290      | 2262      | 2277      |
| Volumen del molde                          | cm <sup>3</sup>    | 2721.40   | 2721.40   | 2721.40   |
| Diámetro                                   | cm                 | 15.00     | 15.00     | 15.00     |
| Altura                                     | cm                 | 15.40     | 15.40     | 15.40     |
| PESO UNITARIO SUELTO SECO (PUSS) = (C)/(D) | gr/cm <sup>3</sup> | 0.84      | 0.83      | 0.84      |

##### PROMEDIO PUSS

**836.46 kg/m<sup>3</sup>**

#### PESO UNITARIO COMPACTADO SECO (PUCS) METODO DEL APISONADO

|  | Und                | Ensayo 01 | Ensayo 02 | Ensayo 03 |
|--|--------------------|-----------|-----------|-----------|
| Peso molde                                     | gr                 | 2775      | 2775      | 2775      |
| Peso agregado + molde                          | gr                 | 5431      | 5471      | 5450      |
| Peso agregado suelto = (B) - (A)               | gr                 | 2656      | 2696      | 2675      |
| Volumen del molde                              | cm <sup>3</sup>    | 2721.40   | 2721.40   | 2721.40   |
| Diámetro                                       | cm                 | 15.00     | 15.00     | 15.00     |
| Altura   | cm                 | 15.40     | 15.40     | 15.40     |
| PESO UNITARIO COMPACTADO SECO (PUCS) = (C)/(D) | gr/cm <sup>3</sup> | 0.98      | 0.99      | 0.98      |

##### PROMEDIO PUCS

**983.19 kg/m<sup>3</sup>**

#### VACIOS DE LOS AGREGADOS FINO Y GRUESO DE TMN 3/4"

|   | Agregado fino  | Agregado grueso |
|---|----------------|-----------------|
| Peso específico aparente (procedimientos MTC E205) gr/cm <sup>3</sup> | 2.00           | 1.76            |
| Peso unitario suelto seco (PUSS) kg/m <sup>3</sup>                    | 1124.30        | 855.38          |
| Peso unitario compactado seco (PUCS)                                  | 1273.24        | 975.03          |
| Peso unitario del agua, 1000 kg/m <sup>3</sup>                        | 1000           | 1000            |
| Porcentaje de vacios (%) agregado suelto = (A*W-B)/A*W                | <b>43.78 %</b> | <b>51.46 %</b>  |
| Porcentaje de vacios (%) agregado varillado = (A*W-C)/A*W             | <b>36.34 %</b> | <b>44.67 %</b>  |

#### VACIOS DE LOS AGREGADOS FINO Y GRUESO TMN 1/2"

|   | Agregado fino  | Agregado grueso |
|---|----------------|-----------------|
| Peso específico aparente (procedimientos MTC E205) gr/cm <sup>3</sup> | 2.00           | 1.87            |
| Peso unitario suelto seco (PUSS) kg/m <sup>3</sup>                    | 1124.30        | 836.46          |
| Peso unitario compactado seco (PUCS)                                  | 1273.24        | 983.19          |
| Peso unitario del agua, 1000 kg/m <sup>3</sup>                        | 1000           | 1000            |
| Porcentaje de vacios (%) agregado suelto = (A*W-B)/A*W                | <b>43.78 %</b> | <b>55.28 %</b>  |
| Porcentaje de vacios (%) agregado varillado = (A*W-C)/A*W             | <b>36.34 %</b> | <b>47.44 %</b>  |

A.2. AGREGADO VOLCÁNICO ROJO CERRO ACUCHIMAY

**ENSAYOS DE CALIDAD DE AGREGADO ROCA VOLCANICA**

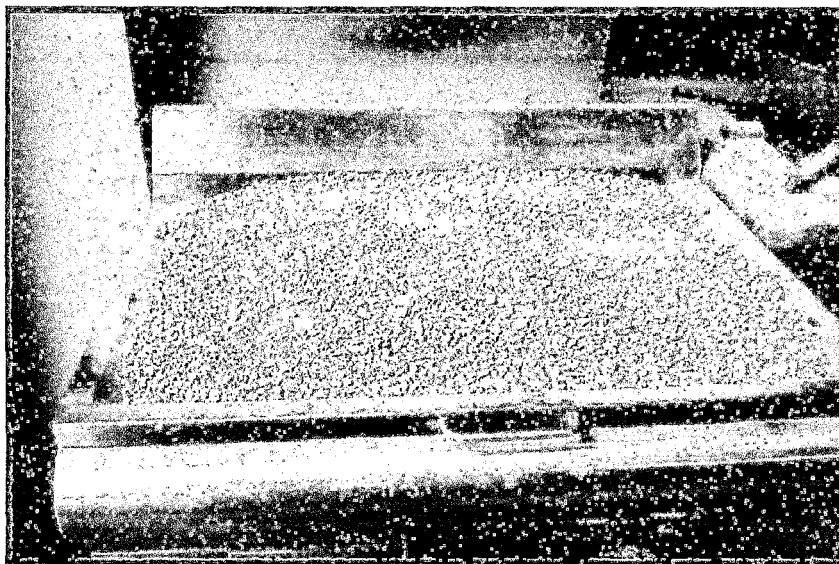
**PROYECTO :** TESIS: "PROPIEDADES FISICAS Y MECANICAS DE LA ROCA VOLCANICA DEL CERRO ACUCHIMAY PARA EL DISEÑO DE CONCRETO LIVIANO"  
**SOLICITUD :** BACHILLER CARLOS EDUARDO VENTURA AYALA      **REGION :** AYACUCHO  
**CANTERA :** CERRO ACUCHIMAY Y ALREDEDOR      **PROVINCIA :** HUAMANGA  
**MATERIAL :** AGREGADO GRUESO Y AGREGADO FINO TIPO I      **DISTRITO :** SAN JUAN BAUTISTA  
**FECHA :** JULIO 2015      **LUGAR :** ACUCHIMAY

MTC E 203 - ASTM C-29

PESO UNITARIO

PANEL FOTOGRAFICO

AGREGADO FINO



AGREGADO GRUESO



A.2. AGREGADO VOLCÁNICO ROJO CERRO ACUCHIMAY

**ENSAYOS DE CALIDAD DE AGREGADO ROCA VOLCANICA**

**PROYECTO :** TESIS: "PROPIEDADES FISICAS Y MECANICAS DE LA ROCA VOLCANICA DEL CERRO ACUCHIMAY PARA EL DISEÑO DE CONCRETO LIVIANO"  
**SOLICITUD :** BACHILLER CARLOS EDUARDO VENTURA AYALA **REGION :** AYACUCHO  
**CANTERA :** CERRO ACUCHIMAY Y ALREDEDOR **PROVINCIA :** HUAMANGA  
**MATERIAL :** AGREGADO GRUESO Y AGREGADO FINO TIPO I **DISTRITO :** SAN JUAN BAUTISTA  
**FECHA :** JULIO 2015 **LUGAR :** ACUCHIMAY.

| MTC E 204 - ASTM C-136                               |               |                    |                    |                      |            |                  |                                   |
|--|---------------|--------------------|--------------------|----------------------|------------|------------------|-----------------------------------|
| ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE AGREGADOS GRUESOS Y FINOS |               |                    |                    |                      |            |                  |                                   |
| AGREGADO FINO  |               |                    |                    |                      |            |                  |                                   |
| TAMIZ ASTM   | Abertura (mm) | PESO RETENIDO (gr) | % RETENIDO PARCIAL | % RETENIDO ACUMULADO | % QUE PASA | ARENA INTERMEDIA | DATOS DEL ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO |
| 3"   | 76.200        | -                  | -                  | -                    | 100.00     |                  | <b>PESOS (gr)</b>                 |
| 2 1/2"   | 63.500        | -                  | -                  | -                    | 100.00     |                  | Peso seco inicial 4443.40         |
| 2"   | 50.800        | -                  | -                  | -                    | 100.00     |                  | Peso seco lavado 4255.80          |
| 1 1/2"   | 38.100        | -                  | -                  | -                    | 100.00     |                  | Pérdida por lavado 187.60         |
| 1"   | 25.400        | -                  | -                  | -                    | 100.00     |                  | <b>ENSAYOS ESTANDAR</b>           |
| 3/4"   | 19.050        | -                  | -                  | -                    | 100.00     |                  | % Grava 2.88                      |
| 1/2"   | 12.700        | -                  | -                  | -                    | 100.00     |                  | % Arena 92.87                     |
| 3/8"   | 9.525         | -                  | -                  | -                    | 100.00     | 100 - 100        | % de Finos 4.25                   |
| 1/4"   | 6.350         | 8.40               | 0.19               | 0.19                 | 99.81      |                  | D10 = De(mm) = 0.1961             |
| Nº 4   | 4.760         | 118.60             | 2.69               | 2.88                 | 97.12      | 85 - 100         | D30(mm) = 0.6665                  |
| Nº 8   | 2.380         | 1,314.20           | 29.77              | 32.65                | 67.35      |                  | D60(mm) = 2.0782                  |
| Nº 10  | 2.000         | 408.40             | 9.25               | 41.90                | 58.10      |                  | Cu = 10.59                        |
| Nº 16  | 1.190         | 626.00             | 14.18              | 56.09                | 43.91      | 40 - 80          | Cc = 1.09                         |
| Nº 20  | 0.840         | 282.80             | 6.41               | 62.49                | 37.51      |                  | D15(mm) = 0.2835                  |
| Nº 30  | 0.590         | 477.40             | 10.82              | 73.31                | 26.69      |                  | D50(mm) = 1.5375                  |
| Nº 40  | 0.426         | 280.40             | 6.35               | 79.66                | 20.34      |                  | D85(mm) = 3.7909                  |
| Nº 50  | 0.297         | 195.20             | 4.42               | 84.08                | 15.92      | 10 - 35          | Clasificación SUCS SW             |
| Nº 60  | 0.250         | 141.40             | 3.20               | 87.29                | 12.71      |                  | <b>ARENA BIEN GRADUADA</b>        |
| Nº 80  | 0.177         | 162.40             | 3.68               | 90.97                | 9.03       |                  |                                   |
| Nº 100   | 0.149         | 71.40              | 1.62               | 92.58                | 7.42       | 5 - 10           |                                   |
| Nº 200   | 0.075         | 139.80             | 3.17               | 95.75                | 4.25       |                  | Gravedad específica 2.00          |
| Lavado   |               | 187.60             | 4.25               | 100.00               | 0.00       |                  | Modulo de Fineza 3.42             |
| <b>TOTAL</b>   |               | <b>4,414.00</b>    | <b>100.00</b>      |                      |            |                  | PUSS (kg/m <sup>3</sup> ) 1124.30 |

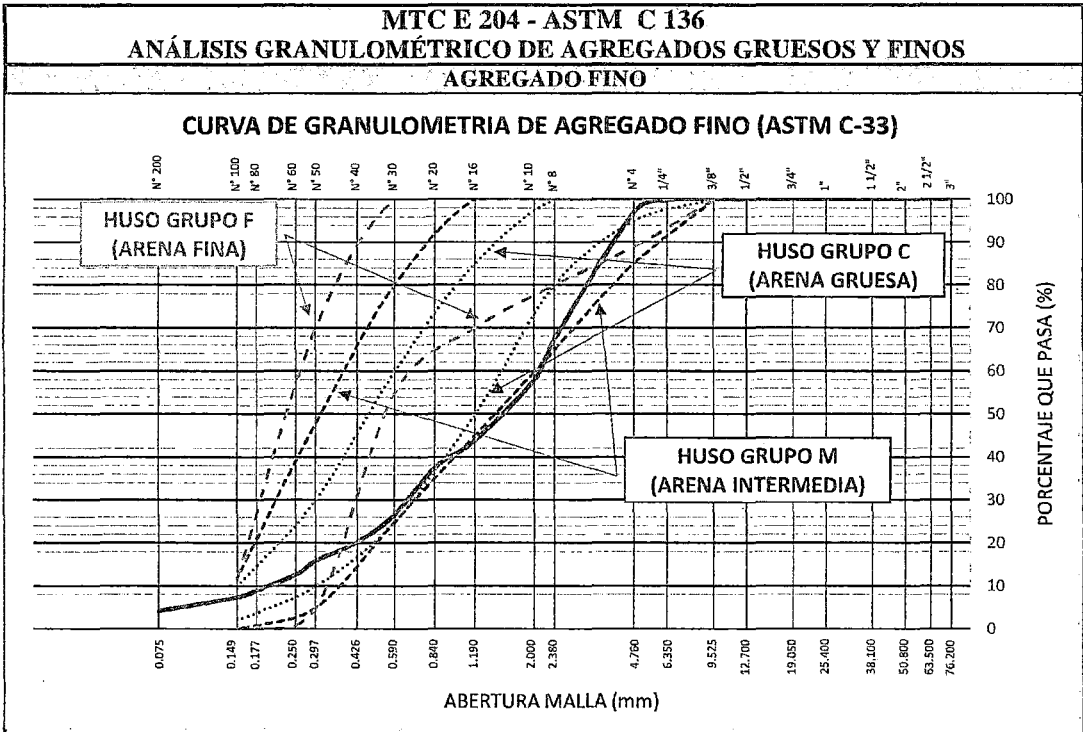
A.2. AGREGADO VOLCÁNICO ROJO CERRO ACUCHIMAY

**ENSAYOS DE CALIDAD DE AGREGADO ROCA VOLCANICA**

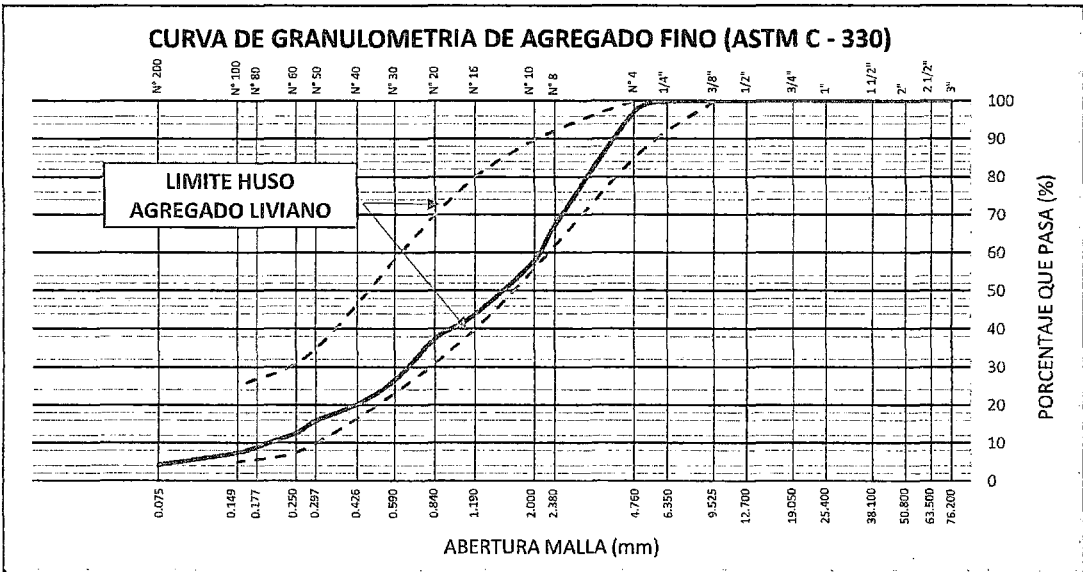
**PROYECTO :** TESIS: "PROPIEDADES FISICAS Y MECANICAS DE LA ROCA VOLCANICA DEL CERRO ACUCHIMAY PARA EL DISEÑO DE CONCRETO LIVIANO"

**SOLICITUD :** BACHILLER CARLOS EDUARDO VENTURA AYALA  
**CANTERA :** CERRO ACUCHIMAY Y ALREDEDOR  
**MATERIAL :** AGREGADO GRUESO Y AGREGADO FINO TIPO I  
**FECHA :** JULIO 2015

**REGION :** AYACUCHO  
**PROVINCIA :** HUAMANGA  
**DISTRITO :** SAN JUAN BAUTISTA  
**LUGAR :** ACUCHIMAY



|                   |       |       |        |       |        |                  |
|-------------------|-------|-------|--------|-------|--------|------------------|
| LIMO Y<br>ARCILLA | ARENA |       |        | GRAVA |        | BOLEOS<br>/BLOQU |
|                   | FINA  | MEDIA | GRUESA | FINA  | GRUESA |                  |



|                   |       |       |        |       |        |                  |
|-------------------|-------|-------|--------|-------|--------|------------------|
| LIMO Y<br>ARCILLA | ARENA |       |        | GRAVA |        | BOLEOS<br>/BLOQU |
|                   | FINA  | MEDIA | GRUESA | FINA  | GRUESA |                  |

A.2. AGREGADO VOLCÁNICO ROJO CERRO ACUCHIMAY

**ENSAYOS DE CALIDAD DE AGREGADO ROCA VOLCANICA**

**PROYECTO :** TESIS: "PROPIEDADES FISICAS Y MECANICAS DE LA ROCA VOLCANICA DEL CERRO ACUCHIMAY PARA EL DISEÑO DE CONCRETO LIVIANO"

**SOLICITUD :** BACHILLER CARLOS EDUARDO VENTURA AYALA

**REGION :** AYACUCHO

**CANTERA :** CERRO ACUCHIMAY Y ALREDEDOR

**PROVINCIA :** HUAMANGA

**MATERIAL :** AGREGADO GRUESO Y AGREGADO FINO TIPO I

**DISTRITO :** SAN JUAN BAUTISTA

**FECHA :** JULIO 2015

**LUGAR :** ACUCHIMAY

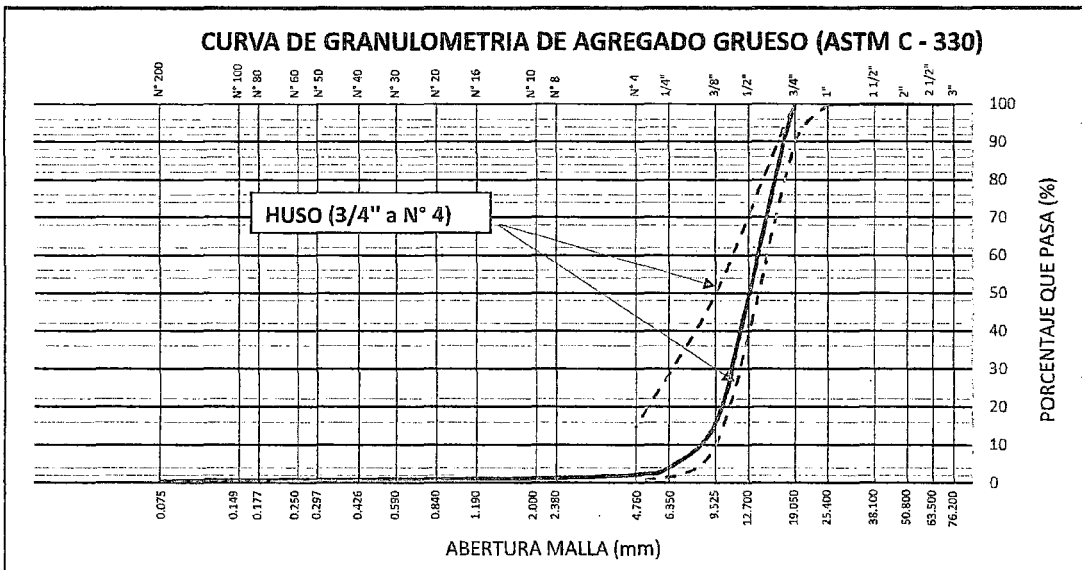
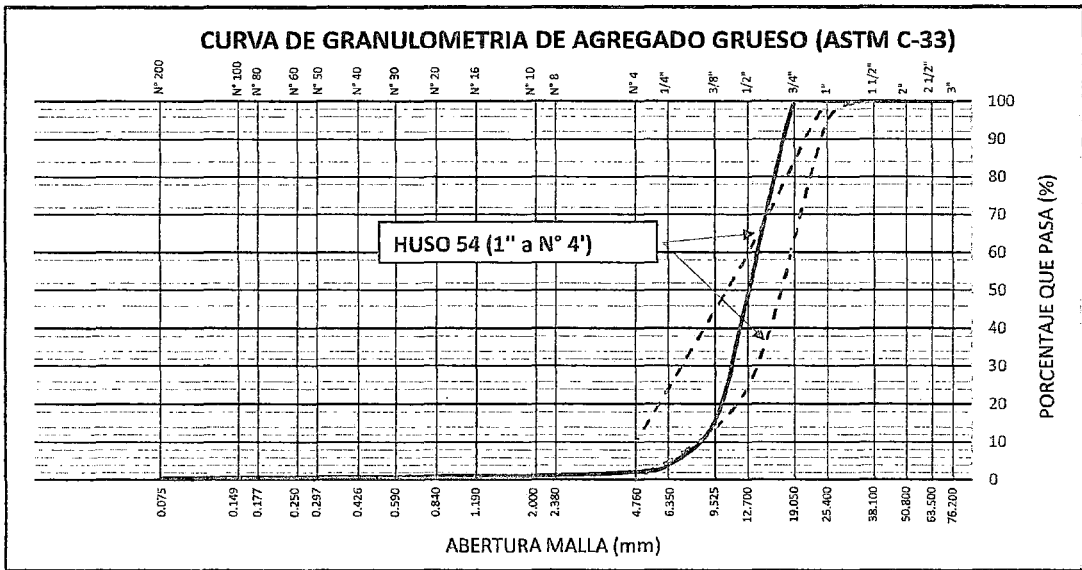
| MTC E 204 - ASTM C-136                               |               |                    |                    |                      |            |                   |   |
|--|---------------|--------------------|--------------------|----------------------|------------|-------------------|---|
| ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE AGREGADOS GRUESOS Y FINOS |               |                    |                    |                      |            |                   |   |
| AGREGADO GRUESO DE TAMAÑO MÁXIMO NOMINAL 1/2"        |               |                    |                    |                      |            |                   |   |
| TAMIZ ASTM   | Abertura (mm) | PESO RETENIDO (gr) | % RETENIDO PARCIAL | % RETENIDO ACUMULADO | % QUE PASA | HUSO (3/4" a N°4) | DATOS DEL ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO                     |
| 3"   | 76.200        | -                  | -                  | -                    | 100.00     |                   | <b>PESOS (gr)</b>                                     |
| 2 1/2"   | 63.500        | -                  | -                  | -                    | 100.00     |                   | Peso seco inicial 3677.20                             |
| 2"   | 50.800        | -                  | -                  | -                    | 100.00     |                   | Peso seco lavado 3661.60                              |
| 1 1/2"   | 38.100        | -                  | -                  | -                    | 100.00     |                   | Pérdida por lavado 15.60                              |
| 1"   | 25.400        | -                  | -                  | -                    | 100.00     | 100 - 100         | <b>ENSAYOS ESTANDAR</b>                               |
| 3/4"   | 19.050        | -                  | -                  | -                    | 100.00     | 90 - 100          | % Grava 97.79   |
| 1/2"   | 12.700        | 1,853.00           | 50.39              | 50.39                | 49.61      |                   | % Arena 1.79  |
| 3/8"   | 9.525         | 1,236.60           | 33.63              | 84.02                | 15.98      | 10 - 50           | % de Finos 0.42                                       |
| 1/4"   | 6.350         | 438.40             | 11.92              | 95.94                | 4.06       |                   | D10 = De(mm) = 7.9313                                 |
| N° 4   | 4.760         | 68.00              | 1.85               | 97.79                | 2.21       | 0 - 15            | D30(mm) = 10.8484                                     |
| N° 8   | 2.380         | 35.00              | 0.95               | 98.74                | 1.26       |                   | D60(mm) = 14.0092                                     |
| N° 10  | 2.000         | 3.40               | 0.09               | 98.83                | 1.17       |                   | Cu = 1.77   |
| N° 16  | 1.190         | 4.60               | 0.13               | 98.96                | 1.04       |                   | Cc = 1.06   |
| N° 20  | 0.840         | 2.00               | 0.05               | 99.01                | 0.99       |                   | D15(mm) = 9.2629                                      |
| N° 30  | 0.590         | 3.00               | 0.08               | 99.09                | 0.91       |                   | D50(mm) = 12.7490                                     |
| N° 40  | 0.426         | 2.20               | 0.06               | 99.15                | 0.85       |                   | D85(mm) = 17.1597                                     |
| N° 50  | 0.297         | 1.60               | 0.04               | 99.20                | 0.80       |                   | Clasificación SUCS <b>GP</b>                          |
| N° 60  | 0.250         | 2.00               | 0.05               | 99.25                | 0.75       |                   | <b>GRAVA MAL GRADUADA</b>                             |
| N° 80  | 0.177         | 3.00               | 0.08               | 99.33                | 0.67       |                   | Tamaño Máximo (Pulg)" 3/4                             |
| N° 100   | 0.149         | 1.20               | 0.03               | 99.36                | 0.64       |                   | Tamaño Máximo Nominal (Pulg)" 1/2                     |
| N° 200   | 0.075         | 7.80               | 0.21               | 99.58                | 0.42       |                   | Gravedad específica 1.87                              |
| Lavado   |               | 15.60              | 0.42               | 100.00               | 0.00       |                   | Modulo de Fineza 6.77                                 |
| <b>TOTAL</b>   |               | <b>3,677.40</b>    | <b>100.00</b>      |                      |            |                   | Peso unitario suelto seco (kg/m <sup>3</sup> ) 836.46 |

## A.2. AGREGADO VOLCÁNICO ROJO CERRO ACUCHIMAY

### ENSAYOS DE CALIDAD DE AGREGADO ROCA VOLCANICA

**PROYECTO :** TESIS: "PROPIEDADES FISICAS Y MECANICAS DE LA ROCA VOLCANICA DEL CERRO ACUCHIMAY PARA EL DISEÑO DE CONCRETO LIVIANO"  
**SOLICITUD :** BACHILLER CARLOS EDUARDO VENTURA AYALA      **REGION :** AYACUCHO  
**CANTERA :** CERRO ACUCHIMAY Y ALREDEDOR      **PROVINCIA :** HUAMANGA  
**MATERIAL :** AGREGADO GRUESO Y AGREGADO FINO TIPO I      **DISTRITO :** SAN JUAN BAUTISTA  
**FECHA :** JULIO 2015      **LUGAR :** ACUCHIMAY

### MTC E 204 - ASTM C-136 ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE AGREGADOS GRUESOS Y FINOS AGREGADO GRUESO 1/2"



A.2. AGREGADO VOLCÁNICO ROJO CERRO ACUCHIMAY

**ENSAYOS DE CALIDAD DE AGREGADO ROCA VOLCANICA**

**PROYECTO :** TESIS: "PROPIEDADES FISICAS Y MECANICAS DE LA ROCA VOLCANICA DEL CERRO ACUCHIMAY PARA EL DISEÑO DE CONCRETO LIVIANO"  
**SOLICITUD :** BACHILLER CARLOS EDUARDO VENTURA AYALA **REGION :** AYACUCHO  
**CANTERA :** CERRO ACUCHIMAY Y ALREDEDOR **PROVINCIA :** HUAMANGA  
**MATERIAL :** AGREGADO GRUESO Y AGREGADO FINO TIPO I **DISTRITO :** SAN JUAN BAUTISTA  
**FECHA :** JULIO 2015 **LUGAR :** ACUCHIMAY

| MTC E 204 - ASTM C-136                               |               |                    |                    |                      |            |                    |   |
|--|---------------|--------------------|--------------------|----------------------|------------|--------------------|---|
| ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE AGREGADOS GRUESOS Y FINOS |               |                    |                    |                      |            |                    |   |
| AGREGADO GRUESO DE TAMAÑO MÁXIMO NOMINAL 3/4"        |               |                    |                    |                      |            |                    |   |
| TAMIZ ASTM   | Abertura (mm) | PESO RETENIDO (gr) | % RETENIDO PARCIAL | % RETENIDO ACUMULADO | % QUE PASA | HUSO 5 (1" a 1/2") | DATOS DEL ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO                     |
| 3"   | 76.200        | -                  | -                  | -                    | 100.00     |                    | <b>PESOS (gr)</b>                                     |
| 2 1/2"   | 63.500        | -                  | -                  | -                    | 100.00     |                    | Peso seco inicial 3746.20                             |
| 2"   | 50.800        | -                  | -                  | -                    | 100.00     |                    | Peso seco lavado 3698.00                              |
| 1 1/2"   | 38.100        | -                  | -                  | -                    | 100.00     |                    | Pérdida por lavado 48.20                              |
| 1"   | 25.400        | -                  | -                  | -                    | 100.00     | 100 - 100          | <b>ENSAYOS ESTANDAR</b>                               |
| 3/4"   | 19.050        | 2,812.80           | 75.06              | 75.06                | 24.94      | 90 - 100           | % Grava 98.52   |
| 1/2"   | 12.700        | 808.80             | 21.58              | 96.64                | 3.36       |                    | % Arena 0.19  |
| 3/8"   | 9.525         | 64.00              | 1.71               | 98.35                | 1.65       | 10 - 50            | % de Finos 1.29                                       |
| 1/4"   | 6.350         | 3.40               | 0.09               | 98.44                | 1.56       |                    | D10 = De(mm) = 14.6545                                |
| Nº 4   | 4.760         | 3.00               | 0.08               | 98.52                | 1.48       | 0 - 15             | D30(mm) = 19.4781                                     |
| Nº 8   | 2.380         | 2.00               | 0.05               | 98.58                | 1.42       |                    | D60(mm) = 22.0160                                     |
| Nº 10  | 2.000         | -                  | -                  | 98.58                | 1.42       |                    | Cu = 1.50   |
| Nº 16  | 1.190         | -                  | -                  | 98.58                | 1.42       |                    | Cc = 1.18   |
| Nº 20  | 0.840         | -                  | -                  | 98.58                | 1.42       |                    | D15(mm) = 16.1255                                     |
| Nº 30  | 0.590         | -                  | -                  | 98.58                | 1.42       |                    | D50(mm) = 21.1701                                     |
| Nº 40  | 0.426         | -                  | -                  | 98.58                | 1.42       |                    | D85(mm) = 24.1310                                     |
| Nº 50  | 0.297         | -                  | -                  | 98.58                | 1.42       |                    | Clasificación SUCS <b>GP</b>                          |
| Nº 60  | 0.250         | 0.60               | 0.02               | 98.59                | 1.41       |                    | <b>GRAVA MAL GRADUADA</b>                             |
| Nº 80  | 0.177         | 1.20               | 0.03               | 98.62                | 1.38       |                    | Tamaño Máximo (Pulg)" 1                               |
| Nº 100   | 0.149         | -                  | -                  | 98.62                | 1.38       |                    | Tamaño Máximo Nominal (Pulg)" 3/4                     |
| Nº 200   | 0.075         | 3.40               | 0.09               | 98.71                | 1.29       |                    | Gravedad específica 0.00                              |
| Lavado   |               | 48.20              | 1.29               | 100.00               | 0.00       |                    | Modulo de Fineza 7.65                                 |
| <b>TOTAL</b>   |               | <b>3,747.40</b>    | <b>100.00</b>      |                      |            |                    | Peso unitario suelto seco (kg/m <sup>3</sup> ) 327.70 |

A.2. AGREGADO VOLCÁNICO ROJO CERRO ACUCHIMAY

**ENSAYOS DE CALIDAD DE AGREGADO ROCA VOLCANICA**

**PROYECTO :** TESIS: "PROPIEDADES FISICAS Y MECANICAS DE LA ROCA VOLCANICA DEL CERRO ACUCHIMAY PARA EL DISEÑO DE CONCRETO LIVIANO"

**SOLICITUD :** BACHILLER CARLOS EDUARDO VENTURA AYALA

**REGION :** AYACUCHO

**CANTERA :** CERRO ACUCHIMAY Y ALREDEDOR

**PROVINCIA :** HUAMANGA

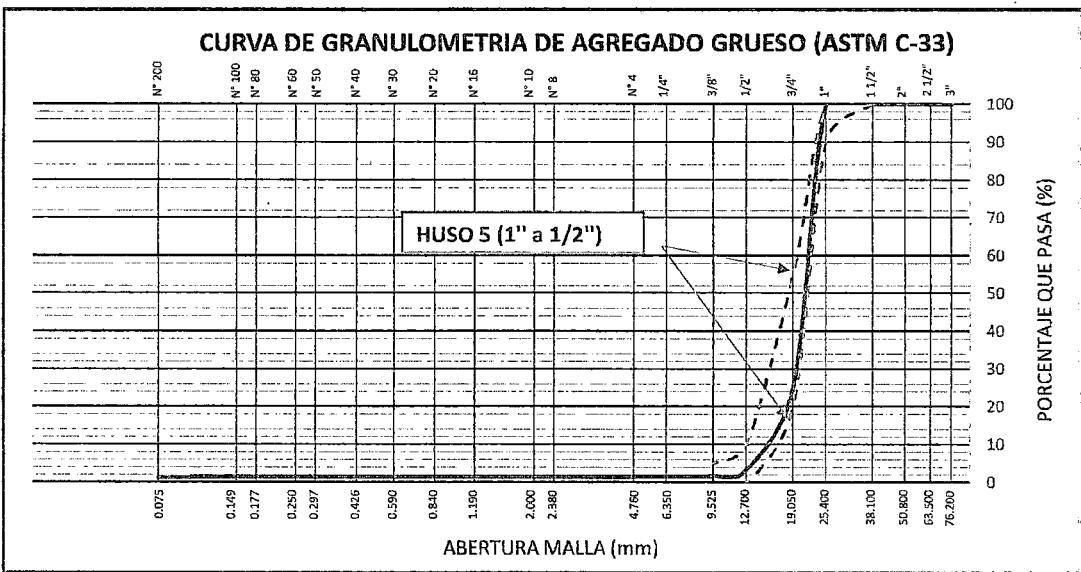
**MATERIAL :** AGREGADO GRUESO Y AGREGADO FINO TIPO I

**DISTRITO :** SAN JUAN BAUTISTA

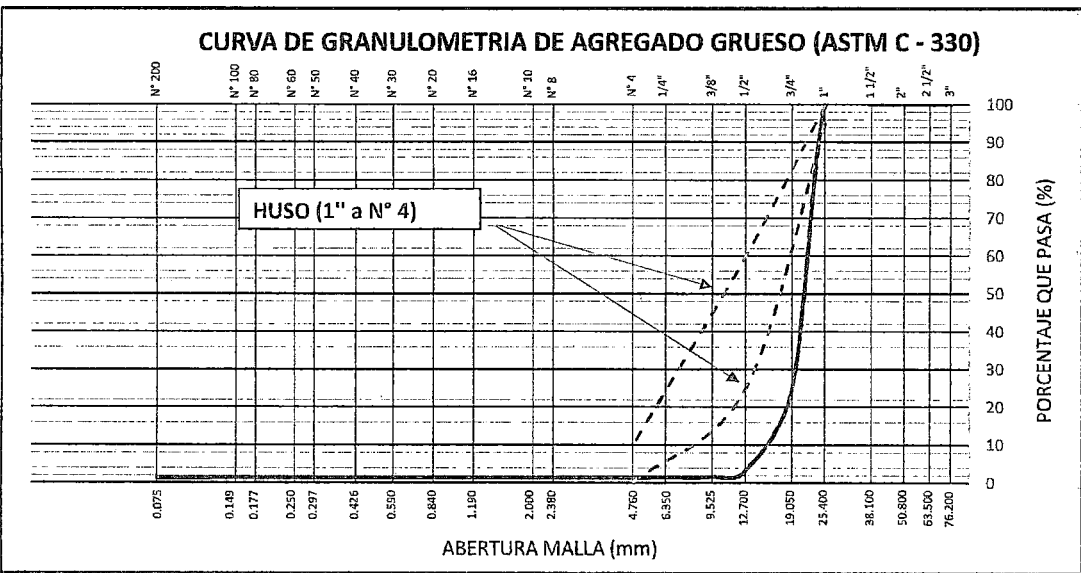
**FECHA :** JULIO 2015

**LUGAR :** ACUCHIMAY

**MTC E 204 - ASTM C-136  
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE AGREGADOS GRUESOS Y FINOS  
AGREGADO GRUESO 3/4"**



|                |       |       |        |       |        |               |
|----------------|-------|-------|--------|-------|--------|---------------|
| LIMO Y ARCILLA | ARENA |       |        | GRAVA |        | BOLEOS /BLOQU |
|                | FINA  | MEDIA | GRUESA | FINA  | GRUESA |               |



|                |       |       |        |       |        |               |
|----------------|-------|-------|--------|-------|--------|---------------|
| LIMO Y ARCILLA | ARENA |       |        | GRAVA |        | BOLEOS /BLOQU |
|                | FINA  | MEDIA | GRUESA | FINA  | GRUESA |               |



## A.2. AGREGADO VOLCÁNICO ROJO CERRO ACUCHIMAY

### ENSAYOS DE CALIDAD DE AGREGADO ROCA VOLCANICA

**PROYECTO :** TESIS: "PROPIEDADES FÍSICAS Y MECANICAS DE LA ROCA VOLCANICA DEL CERRO ACUCHIMAY PARA EL DISEÑO DE CONCRETO LIVIANO"

**SOLICITUD :** BACHILLER CARLOS EDUARDO VENTURA AYALA

**REGION :** AYACUCHO

**CANTERA :** CERRO ACUCHIMAY Y ALREDEDOR

**PROVINCIA :** HUAMANGA

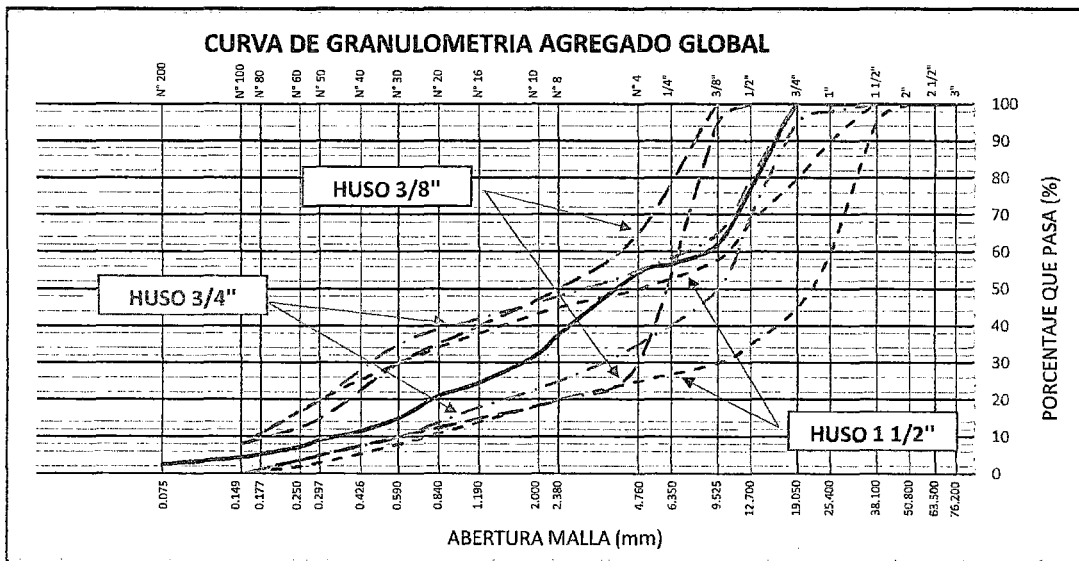
**MATERIAL :** AGREGADO GRUESO Y AGREGADO FINO TIPO I

**DISTRITO :** SAN JUAN BAUTISTA

**FECHA :** JULIO 2015

**LUGAR :** ACUCHIMAY

| <b>ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DEL AGREGADO GLOBAL</b>                   |               |                    |                  |                      |            |             |                                      |
|--|---------------|--------------------|------------------|----------------------|------------|-------------|--------------------------------------|
| <b>AGREGADO FINO Y AGREGADO GRUESO DE TAMAÑO MÁXIMO NOMINAL 1/2"</b> |               |                    |                  |                      |            |             |                                      |
| TAMIZ ASTM   | Abertura (mm) | % PASA (A. Grueso) | % PASA (A. fino) | % RETENIDO ACUMULADO | % QUE PASA | HUSO (3/4") | DATOS DEL ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO    |
| 3"   | 76.200        | 100.00             | 100.00           | -                    | 100.00     |             | % según análisis del Agregado Global |
| 2 1/2"   | 63.500        | 100.00             | 100.00           | -                    | 100.00     |             |                                      |
| 2"   | 50.800        | 100.00             | 100.00           | -                    | 100.00     |             | % del A. Grueso      45              |
| 1 1/2"   | 38.100        | 100.00             | 100.00           | -                    | 100.00     | 100 - 100   | % del A. Fino        55              |
| 1"   | 25.400        | 100.00             | 100.00           | -                    | 100.00     | 98 - 100    | <b>ENSAYOS ESTANDAR</b>              |
| 3/4"   | 19.050        | 100.00             | 100.00           | -                    | 100.00     | 95 - 100    | % Grava              45.59           |
| 1/2"   | 12.700        | 49.61              | 100.00           | 22.67                | 77.33      | 70 - 80     | % Arena              51.89           |
| 3/8"   | 9.525         | 15.98              | 100.00           | 37.81                | 62.19      | 50 - 65     | % de Finos          2.53             |
| 1/4"   | 6.350         | 4.06               | 99.81            | 43.28                | 56.72      |             | D10 = De(mm) =    0.3435             |
| Nº 4   | 4.760         | 2.21               | 97.12            | 45.59                | 54.41      | 35 - 55     | D30(mm) =        1.7444              |
| Nº 8   | 2.380         | 1.26               | 67.35            | 62.39                | 37.61      | 25 - 48     | D60(mm) =        8.2520              |
| Nº 10  | 2.000         | 1.17               | 58.10            | 67.52                | 32.48      |             | Cu =                  24.03          |
| Nº 16  | 1.190         | 1.04               | 43.91            | 75.38                | 24.62      | 18 - 42     | Cc =                  1.07           |
| Nº 20  | 0.840         | 0.99               | 37.51            | 78.93                | 21.07      |             | D15(mm) =        0.5858              |
| Nº 30  | 0.590         | 0.91               | 26.69            | 84.91                | 15.09      | 10 - 35     | D50(mm) =        4.1349              |
| Nº 40  | 0.426         | 0.85               | 20.34            | 88.43                | 11.57      |             | D85(mm) =        14.8493             |
| Nº 50  | 0.297         | 0.80               | 15.92            | 90.88                | 9.12       | 5 - 20      | Clasificación SUCS    GP             |
| Nº 60  | 0.250         | 0.75               | 12.71            | 92.67                | 7.33       |             | <b>GRAVA BIEN GRADUADA</b>           |
| Nº 80  | 0.177         | 0.67               | 9.03             | 94.73                | 5.27       |             |                                      |
| Nº 100   | 0.149         | 0.64               | 7.42             | 95.63                | 4.37       | 0 - 8       | Tamaño Máximo (Pulg)"    3/4         |
| Nº 200   | 0.075         | 0.42               | 4.25             | 97.47                | 2.53       |             | Tamaño Máximo Nominal (Pulg)"    1/2 |
| Lavado   | -             | -                  | -                | 100.00               | -          |             | Modulo de Fineza        4.93         |



|                |       |       |        |       |        |               |
|----------------|-------|-------|--------|-------|--------|---------------|
| LIMO Y ARCILLA | ARENA |       |        | GRAVA |        | BOLEOS /BLOQU |
|                | FINA  | MEDIA | GRUESA | FINA  | GRUESA |               |

A.2. AGREGADO VOLCÁNICO ROJO CERRO ACUCHIMAY

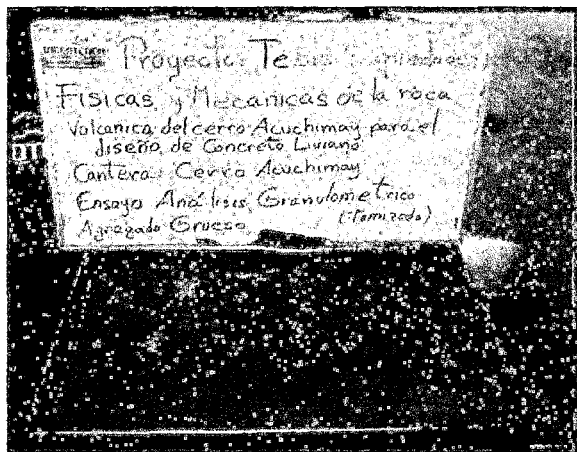
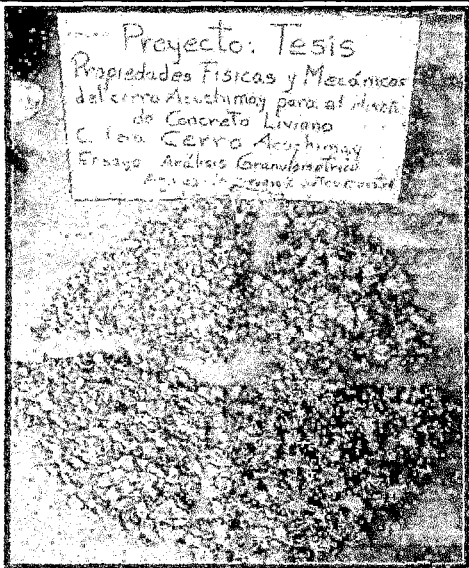
**ENSAYOS DE CALIDAD DE AGREGADO ROCA VOLCANICA**

**PROYECTO :** TESIS: "PROPIEDADES FISICAS Y MECANICAS DE LA ROCA VOLCANICA DEL CERRO ACUCHIMAY PARA EL DISEÑO DE CONCRETO LIVIANO"  
**SOLICITUD :** BACHILLER CARLOS EDUARDO VENTURA AYALA      **REGION :** AYACUCHO  
**CANTERA :** CERRO ACUCHIMAY Y ALREDEDOR      **PROVINCIA :** HUAMANGA  
**MATERIAL :** AGREGADO GRUESO Y AGREGADO FINO TIPO I      **DISTRITO :** SAN JUAN BAUTISTA  
**FECHA :** JULIO 2015      **LUGAR :** ACUCHIMAY

**MTC E 204 - ASTM C-136**  
**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE AGREGADOS GRUESOS Y FINOS**  
**PANEL FOTOGRAFICO**  
**AGREGADO FINO**



**AGREGADO GRUESO**



A.2. AGREGADO VOLCÁNICO ROJO CERRO ACUCHIMAY

**ENSAYOS DE CALIDAD DE AGREGADO ROCA VOLCANICA**

**PROYECTO :** TESIS: "PROPIEDADES FISICAS Y MECANICAS DE LA ROCA VOLCANICA DEL CERRO ACUCHIMAY PARA EL DISEÑO DE CONCRETO LIVIANO"  
**SOLICITUD :** BACHILLER CARLOS EDUARDO VENTURA AYALA **REGION :** AYACUCHO  
**CANTERA :** CERRO ACUCHIMAY Y ALREDEDOR **PROVINCIA :** HUAMANGA  
**MATERIAL :** AGREGADO GRUESO Y AGREGADO FINO TIPO I **DISTRITO :** SAN JUAN BAUTISTA  
**FECHA :** JULIO 2015 **LUGAR :** ACUCHIMAY

**MTC E 205 - ASTM C-128**  
**GRAVEDAD ESPECIFICA Y ABSORCION DE AGREGADOS FINOS**

|  | Und | Ensayo 01 | Ensayo 02 | PROMEDIO |
|--|-----|-----------|-----------|----------|
| Capacidad de picnometro                      | cm3 | 250       | 500       |          |
| Peso de la muestra seca                      | gr  | 56.80     | 109.00    |          |
| Peso de picnometro aforado lleno de agua     | gr  | 347.47    | 665.67    |          |
| Peso de picnometro con la muestra y agua     | gr  | 384.00    | 734.30    |          |
| Peso de la muestra SSS                       | gr  | 65.00     | 123.00    |          |
| Peso especifico aparente = A/(B+S-C)         |     | 2.00      | 2.00      | 2.00     |
| Peso especifico aparente (S.S.S) = S/(B+S-C) |     | 2.28      | 2.26      | 2.27     |
| Peso especifico nominal = A/(B+A-C)          |     | 2.80      | 2.70      | 2.75     |
| Absorción = 100*(S-A)/A                      | %   | 14.44     | 12.84     | 13.64    |

|   |             |
|---|-------------|
| PORCENTAJE RETENIDO EN LA MALLA N° 4 (%)  | 0.19        |
| PORCENTAJE QUE PASA LA MALLA N° 4 (%)     | 99.81       |
| <b>GRAVEDAD ESPECIFICA DE LOS SÓLIDOS</b> | <b>2.00</b> |

**MTC E 206 - ASTM C-127**  
**GRAVEDAD ESPECIFICA Y ABSORCION DE AGREGADOS GRUESOS**  
**AGREGADO GRUESO DE TAMANO MAXIMO NOMINAL 3/4"**

|  | Und | Ensayo 01 | Ensayo 02 | Ensayo 03 | PROMEDIO |
|--|-----|-----------|-----------|-----------|----------|
| Peso en el aire de la muestra seca         | gr  | 200.70    | 253.80    | 219.60    |          |
| Peso en el aire de la muestra SSS          | gr  | 222.00    | 278.40    | 244.90    |          |
| Peso sumergido de la muestra SSS           | gr  | 105.00    | 137.50    | 120.80    |          |
| Temperatura del agua                       | °C  | 23 ± 1.7  | 23 ± 1.7  | 23 ± 1.7  |          |
| Peso especifico aparente = A/(B-C)         |     | 1.72      | 1.80      | 1.77      | 1.76     |
| Peso especifico aparente (S.S.S) = B/(B-C) |     | 1.90      | 1.98      | 1.97      | 1.95     |
| Peso especifico nominal = A/(A-C)          |     | 2.10      | 2.18      | 2.22      | 2.17     |
| Absorción = 100*(B-A)/A                    | %   | 10.61     | 9.69      | 11.52     | 10.61    |

**AGREGADO GRUESO DE TAMANO MAXIMO NOMINAL 1/2"**

|  | Und | Ensayo 01 | Ensayo 02 | Ensayo 03 | PROMEDIO |
|--|-----|-----------|-----------|-----------|----------|
| Peso en el aire de la muestra seca         | gr  | 148.20    | 152.40    | 138.10    |          |
| Peso en el aire de la muestra SSS          | gr  | 161.50    | 166.70    | 151.50    |          |
| Peso sumergido de la muestra SSS           | gr  | 83.00     | 84.20     | 77.90     |          |
| Temperatura del agua                       | °C  | 23 ± 1.7  | 23 ± 1.7  | 23 ± 1.7  |          |
| Peso especifico aparente = A/(B-C)         |     | 1.89      | 1.85      | 1.88      | 1.87     |
| Peso especifico aparente (S.S.S) = B/(B-C) |     | 2.06      | 2.02      | 2.06      | 2.05     |
| Peso especifico nominal = A/(A-C)          |     | 2.27      | 2.23      | 2.29      | 2.27     |
| Absorción = 100*(B-A)/A                    | %   | 8.97      | 9.38      | 9.70      | 9.35     |

A.2. AGREGADO VOLCÁNICO ROJO CERRO ACUCHIMAY

**ENSAYOS DE CALIDAD DE AGREGADO ROCA VOLCANICA**

**PROYECTO :** TESIS: "PROPIEDADES FISICAS Y MECANICAS DE LA ROCA VOLCANICA DEL CERRO ACUCHIMAY PARA EL DISEÑO DE CONCRETO LIVIANO"

**SOLICITUD :** BACHILLER CARLOS EDUARDO VENTURA AYALA

**REGION :** AYACUCHO

**CANTERA :** CERRO ACUCHIMAY Y ALREDEDOR

**PROVINCIA :** HUAMANGA

**MATERIAL :** AGREGADO GRUESO Y AGREGADO FINO TIPO I

**DISTRITO :** SAN JUAN BAUTISTA

**FECHA :** JULIO 2015

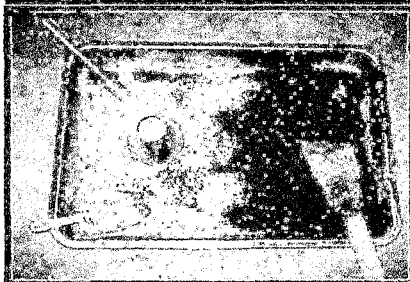
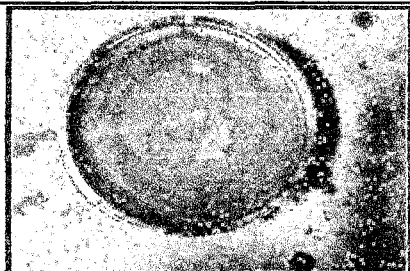
**LUGAR :** ACUCHIMAY

**MTC E 205 - MTC 206**

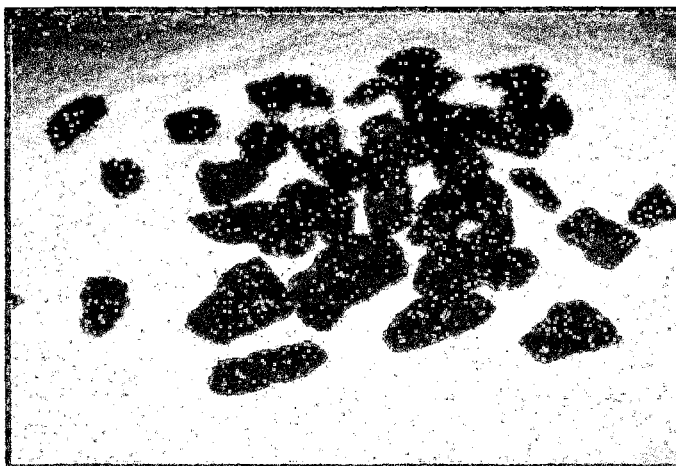
**GRAVEDAD ESPECIFICA Y ABSORCION DE AGREGADOS FINOS Y GRUESOS**

**PANEL FOTOGRAFICO**

**AGREGADO FINO**



**AGREGADO GRUESO**



## A.2. AGREGADO VOLCÁNICO ROJO CERRO ACUCHIMAY

### ENSAYOS DE CALIDAD DE AGREGADO ROCA VOLCANICA

**PROYECTO :** TESIS: "PROPIEDADES FISICAS Y MECANICAS DE LA ROCA VOLCANICA DEL CERRO ACUCHIMAY PARA EL DISEÑO DE CONCRETO LIVIANO"  
**SOLICITUD :** BACHILLER CARLOS EDUARDO VENTURA AYALA      **REGION :** AYACUCHO  
**CANTERA :** CERRO ACUCHIMAY Y ALREDEDOR      **PROVINCIA :** HUAMANGA  
**MATERIAL :** AGREGADO GRUESO Y AGREGADO FINO TIPO I      **DISTRITO :** SAN JUAN BAUTISTA  
**FECHA :** JULIO 2015      **LUGAR :** ACUCHIMAY

### MTC E 207 - ASTM C-131 ABRASION LOS ANGELES AL DESGASTE DE LOS AGREGADOS DE TAMAÑOS < 37.5

mm (1 1/2")

#### AGREGADO GRUESO

#### GRANULOMETRIA DE LA MUESTRA DEL AGREGADO PARA ENSAYO

| Pasa Tamiz     |         |      | Retenido Tamiz | A (12 esferas) Peso (gr) |
|----------------|---------|------|----------------|--------------------------|
| 1 1/2"         | 37.5 mm | 1"   | 25 mm          | 1247.80                  |
| 1"             | 25 mm   | 3/4" | 19 mm          | 1250.60                  |
| 3/4"           | 19 mm   | 1/2" | 12.5 mm        | 1252.80                  |
| 1/2"           | 12.5 mm | 3/8" | 9.5 mm         | 1250.60                  |
| TOTAL (gramos) |         |      |                | 5001.80                  |

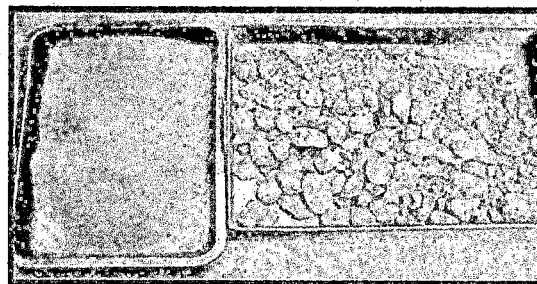
#### MUESTRA DESPUES DEL ENSAYO

PESO DE LA MUESTRA DESPUÉS DEL ENSAYO      3365.90

% DESGASTE =  $100 \cdot (P1 - P2) / P1$

32.71 %

### PANEL FOTOGRAFICO



A.2. AGREGADO VOLCÁNICO ROJO CERRO ACUCHIMAY

**ENSAYOS DE CALIDAD DE AGREGADO ROCA VOLCANICA**

**PROYECTO :** TESIS: "PROPIEDADES FISICAS Y MECANICAS DE LA ROCA VOLCANICA DEL CERRO ACUCHIMAY PARA EL DISEÑO DE CONCRETO LIVIANO"

**SOLICITUD :** BACHILLER CARLOS EDUARDO VENTURA AYALA

**REGION :** AYACUCHO

**CANTERA :** CERRO ACUCHIMAY Y ALREDEDOR

**PROVINCIA :** HUAMANGA

**MATERIAL :** AGREGADO GRUESO Y AGREGADO FINO TIPO I

**DISTRITO :** SAN JUAN BAUTISTA

**FECHA :** JULIO 2015

**LUGAR :** ACUCHIMAY

**MTC E 209 - ASTM C-88**

**DURABILIDAD CON SULFATO DE MAGNESIO EN AGREGADOS (ANÁLISIS CUALITATIVO)**

**AGREGADO GRUESO**

| Pasa             | Retiene        | Gradacion original% | Peso de la fraccion ensayada (g) | N° de particulas | Peso retenido despues del ensayo (g) | Perdida total % | Perdidad corregida % | N° de particulas |
|------------------|----------------|---------------------|----------------------------------|------------------|--------------------------------------|-----------------|----------------------|------------------|
| 37.5 mm (1 1/2") | 25 mm (1")     | -                   | -                                | -                | -                                    | -               | -                    | -                |
| 25 mm (1")       | 19 mm (3/4")   | 74.80               | 603.60                           | 66.00            | 430.56                               | 28.67           | 21.44                | 44.00            |
| 19 mm (3/4")     | 12.5 mm (1/2") | 23.42               | 189.00                           | 44.00            | 132.22                               | 30.04           | 7.04                 | 40.00            |
| 12.5 mm (1/2")   | 9.5 mm (3/8")  | 1.78                | 14.40                            | 12.00            | 5.06                                 | 64.86           | 1.16                 | 6.00             |
| 9.5 mm (3/8")    | 4.75 mm (N° 4) | -                   | -                                | -                | -                                    | -               | -                    | -                |
| <b>TOTALES</b>   |                | <b>100.00</b>       | <b>807.00</b>                    |                  | <b>567.84</b>                        |                 | <b>29.64 %</b>       |                  |

**DESGASTE DEL MATERIAL AL SULFATO DE MAGNESIO**

**29.64 %**

**MTC E 209 - ASTM C 88 - NTP 400.016**

**DURABILIDAD CON SULFATO DE MAGNESIO EN AGREGADOS (ANÁLISIS CUALITATIVO)**

**AGREGADO FINO**

| Pasa            | Retiene         | Gradacion original% | Peso de la fraccion ensayada (g) | Peso retenido despues del ensayo (g) | Perdida total % | Perdidad corregida % |
|-----------------|-----------------|---------------------|----------------------------------|--------------------------------------|-----------------|----------------------|
| 9.5 mm (3/8")   | 4.75 mm (N° 4)  | -                   | -                                | -                                    | -               | -                    |
| 4.75 mm (N° 4)  | 2.36 mm (N° 8)  | 25.00               | 100.00                           | 67.10                                | 32.90           | 8.23                 |
| 2.36 mm (N° 8)  | 1.18 mm (N° 16) | 25.00               | 100.00                           | 70.20                                | 29.80           | 7.45                 |
| 1.18 mm (N° 16) | 600 µm (N° 30)  | 25.00               | 100.00                           | 80.70                                | 19.30           | 4.83                 |
| 600 µm (N° 30)  | 300 µm (N° 50)  | 25.00               | 100.00                           | 72.20                                | 27.80           | 6.95                 |
| 300 µm (N° 50)  | 150 µm (N° 100) | -                   | -                                | -                                    | -               | -                    |
| 150 µm (N° 100) |                 | -                   | -                                | -                                    | -               | -                    |
| <b>TOTALES</b>  |                 | <b>100.00</b>       | <b>400.00</b>                    |                                      |                 | <b>27.45 %</b>       |

**DESGASTE DEL MATERIAL AL SULFATO DE MAGNESIO**

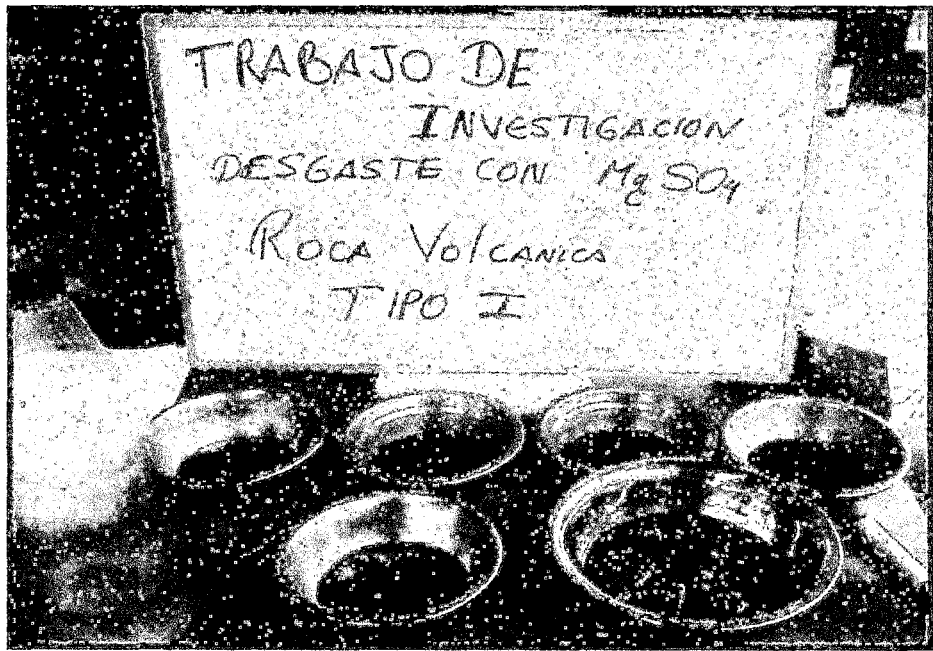
**27.45 %**

A.2. AGREGADO VOLCÁNICO ROJO CERRO ACUCHIMAY

**ENSAYOS DE CALIDAD DE AGREGADO ROCA VOLCANICA**

**PROYECTO :** TESIS: "PROPIEDADES FISICAS Y MECANICAS DE LA ROCA VOLCANICA DEL CERRO ACUCHIMAY PARA EL DISEÑO DE CONCRETO LIVIANO"  
**SOLICITUD :** BACHILLER CARLOS EDUARDO VENTURA AYALA      **REGION :** AYACUCHO  
**CANTERA :** CERRO ACUCHIMAY Y ALREDEDOR      **PROVINCIA :** HUAMANGA  
**MATERIAL :** AGREGADO GRUESO Y AGREGADO FINO TIPO I      **DISTRITO :** SAN JUAN BAUTISTA  
**FECHA :** JULIO 2015      **LUGAR :** ACUCHIMAY

**MTC E 209 - ASTM C-88**  
**DURABILIDAD CON SULFATO DE MAGNESIO EN AGREGADOS (ANÁLISIS CUALITATIVO)**  
**PANEL FOTOGRAFICO**  
**AGREGADO FINO**



A.2. AGREGADO VOLCÁNICO ROJO CERRO ACUCHIMAY

**ENSAYOS DE CALIDAD DE AGREGADO ROCA VOLCANICA**

**PROYECTO :** TESIS: "PROPIEDADES FISICAS Y MECANICAS DE LA ROCA VOLCANICA DEL CERRO ACUCHIMAY PARA EL DISEÑO DE CONCRETO LIVIANO"  
**SOLICITUD :** BACHILLER CARLOS EDUARDO VENTURA AYALA **REGION :** AYACUCHO  
**CANTERA :** CERRO ACUCHIMAY Y ALREDEDOR **PROVINCIA :** HUAMANGA  
**MATERIAL :** AGREGADO GRUESO Y AGREGADO FINO TIPO I **DISTRITO :** SAN JUAN BAUTISTA  
**FECHA :** JULIO 2015 **LUGAR :** ACUCHIMAY

**MTC E 210**

**DETERMINACIÓN DEL PORCENTAJE DE CARAS FRACTURADAS**

**AGREGADO GRUESO**

**a. Con una cara fracturada**

| Tamaño del Agregado |                | A (gramos)     | B (gramos)     | C<br>(B/A)*100 | D<br>%Parcial | E<br>CxD     |
|---------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|---------------|--------------|
| Pasa Tamiz          | Retenido Tamiz |                |                |                |               |              |
| 1 1/2"              | 1"             |                |                |                |               |              |
| 1"                  | 3/4"           | 2812.80        | 954.20         | 33.92          | 75.06         | 25.46        |
| 3/4"                | 1/2"           | 808.80         | 395.25         | 48.87          | 21.58         | 10.55        |
| 1/2"                | 3/8"           | 64.00          | 32.10          | 50.16          | 1.71          | 0.86         |
| <b>TOTAL</b>        |                | <b>3685.60</b> | <b>1381.55</b> |                | <b>98.35</b>  | <b>36.87</b> |

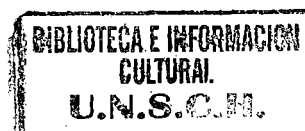
**PORCENTAJE CON UNA CARA FRACTURADA (E/D) = 37.49 %**

**a. Con dos o más caras fracturadas**

| Tamaño del Agregado |                | A (gramos)     | B (gramos)    | C<br>(B/A)*100 | D<br>%Parcial | E<br>CxD     |
|---------------------|----------------|----------------|---------------|----------------|---------------|--------------|
| Pasa Tamiz          | Retenido Tamiz |                |               |                |               |              |
| 1 1/2"              | 1"             |                |               |                |               |              |
| 1"                  | 3/4"           | 2812.80        | 512.23        | 18.21          | 75.06         | 13.67        |
| 3/4"                | 1/2"           | 808.80         | 12.50         | 1.55           | 21.58         | 0.33         |
| 1/2"                | 3/8"           | 64.00          | 11.52         | 18.00          | 1.71          | 0.31         |
| <b>TOTAL</b>        |                | <b>3685.60</b> | <b>536.25</b> |                | <b>98.35</b>  | <b>14.31</b> |

**PORCENTAJE CON DOS O MAS CARAS FRACTURADAS (E/D) = 14.55 %**

**PORCENTAJE CON UNA CARA FRACTURADA 52.03 %**





A.2. AGREGADO VOLCÁNICO ROJO CERRO ACUCHIMAY

**ENSAYOS DE CALIDAD DE AGREGADO ROCA VOLCANICA**

**PROYECTO :** TESIS: "PROPIEDADES FISICAS Y MECANICAS DE LA ROCA VOLCANICA DEL CERRO ACUCHIMAY PARA EL DISEÑO DE CONCRETO LIVIANO"  
**SOLICITUD :** BACHILLER CARLOS EDUARDO VENTURA AYALA **REGION :** AYACUCHO  
**CANTERA :** CERRO ACUCHIMAY Y ALREDEDOR **PROVINCIA :** HUAMANGA  
**MATERIAL :** AGREGADO GRUESO Y AGREGADO FINO TIPO I **DISTRITO :** SAN JUAN BAUTISTA  
**FECHA :** JULIO 2015 **LUGAR :** ACUCHIMAY

**MTC E 212 - ASTM C-142**  
**DETERMINACION DEL PORCENTAJE DE TERRONES DE ARCILLA**

**AGREGADO GRUESO**

| Tamaño del Agregado<br>TAMICES           | Peso antes del<br>ensayo (g) W | Peso después<br>del ensayo (g) | A (W-R) | E (A/W) | Acumulado     |
|--|--------------------------------|--------------------------------|---------|---------|---------------|
| 1 1/2"                                   |                                |                                |         |         |               |
| 3/4" 3/8"                                | 518.70                         | 514.90                         | 3.80    | 0.0073  | 0.0073        |
| 3/8" Nro 4                               | 441.20                         | 438.30                         | 2.90    | 0.0066  | 0.0139        |
| Total                                    |                                |                                |         |         | 0.0139        |
| <b>Porcentaje de Terrones de Arcilla</b> |                                |                                |         |         | <b>1.39 %</b> |

**AGREGADO FINO**

| Tamaño del Agregado<br>TAMICES           | Peso antes del<br>ensayo (g) W | Peso después<br>del ensayo (g) | A (W-R) | E (A/W) | Acumulado     |
|--|--------------------------------|--------------------------------|---------|---------|---------------|
| Nro 4 Nro 16                             | 220.00                         | 214.40                         | 5.60    | 0.0255  | 0.0255        |
| Total                                    | 220.00                         |                                |         |         |               |
| <b>Porcentaje de Terrones de Arcilla</b> |                                |                                |         |         | <b>2.55 %</b> |

**MTC E 221 - NLT 354**  
**INDICE DE APLANAMIENTO Y ALARGAMIENTO (PORCENTAJE DE CHATAS Y ALARGADAS)**

**AGREGADO GRUESO**

| Fracción<br>Pasa | Grada<br>Relleno<br>origina<br>I (%) | Planas  |   |   |                                      | Alargadas                                       |   |  |   |       |
|------------------|--------------------------------------|---|---|---|--------------------------------------|---|---|--|---|-------|
|                  |                                      | Peso de la<br>fraccion<br>ensayada<br>(gr)<br>B | Peso<br>retenido<br>despues del<br>ensayo (gr)<br>C | %<br>Planas<br>totales<br>F=100*<br>C/D | %<br>Planas<br>Corregi<br>dos<br>F/A | Peso de la<br>fraccion<br>ensayada<br>(gr)<br>D | Peso<br>retenido<br>despues del<br>ensayo (gr)<br>E | %<br>Alarga<br>das<br>totales<br>G=100*<br>E/D | %<br>Alargada<br>s<br>Corregid<br>os<br>G/A |       |
| 2 1/2"           | 2"                                   |   |   |   |                                      |   |   |  |   |       |
| 2"               | 1 1/2"                               |   |   |   |                                      |   |   |  |   |       |
| 1 1/2"           | 1"                                   |   |   |   |                                      |   |   |  |   |       |
| 1"               | 3/4"                                 | 75.06   | 1369.00   | 37.30                                   | 2.72                                 | 204.51  | 1369.00   | 9.30   | 0.68  | 50.99 |
| 3/4"             | 1/2"                                 | 21.58   | 319.80  | 20.20                                   | 6.32                                 | 136.33  | 319.80  | 0.00   | 0.00  | 0.00  |
| 1/2"             | 3/8"                                 | 1.71  | 18.10   | 0.00                                    | 0.00                                 | 0.00  | 18.10   | 0.00   | 0.00  | 0.00  |
| 3/8"             | 1/4"                                 | 0.09  | 3.00  | 0.00                                    | 0.00                                 | 0.00  | 3.00  | 0.00   | 0.00  | 0.00  |
| Sub Total        |                                      | 98.44   | 1709.90   | 57.50                                   | 9.04                                 | 340.84  | 1709.90   | 9.30   | 0.68  | 50.99 |

Donde Ri es el porcentajes retenidos en cada tamiz

$$\text{Indice de aplanamiento} = \frac{\sum \frac{F}{A}}{\sum R_i} \quad \text{Indice de aplanamiento} = 3.53$$

$$\text{Indice de alargamiento} = \frac{\sum \frac{G}{A}}{\sum R_i} \quad \text{Indice de alargamiento} = 0.68$$

## A.2. AGREGADO VOLCÁNICO ROJO CERRO ACUCHIMAY

### ENSAYOS DE CALIDAD DE AGREGADO ROCA VOLCANICA

**PROYECTO :** TESIS: "PROPIEDADES FISICAS Y MECANICAS DE LA ROCA VOLCANICA DEL CERRO ACUCHIMAY PARA EL DISEÑO DE CONCRETO LIVIANO"

**SOLICITUD :** BACHILLER CARLOS EDUARDO VENTURA AYALA

**CANTERA :** CERRO ACUCHIMAY Y ALREDEDOR

**MATERIAL :** AGREGADO GRUESO Y AGREGADO FINO TIPO I

**FECHA :** JULIO 2015

**REGION :** AYACUCHO

**PROVINCIA :** HUAMANGA

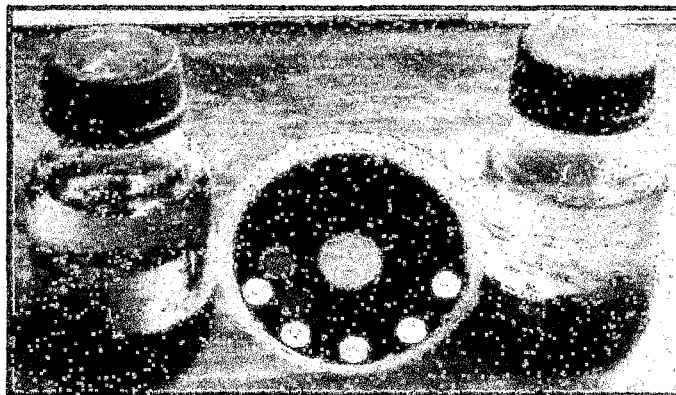
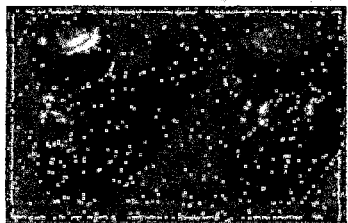
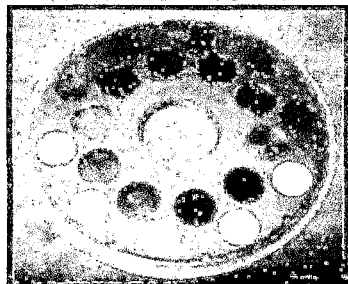
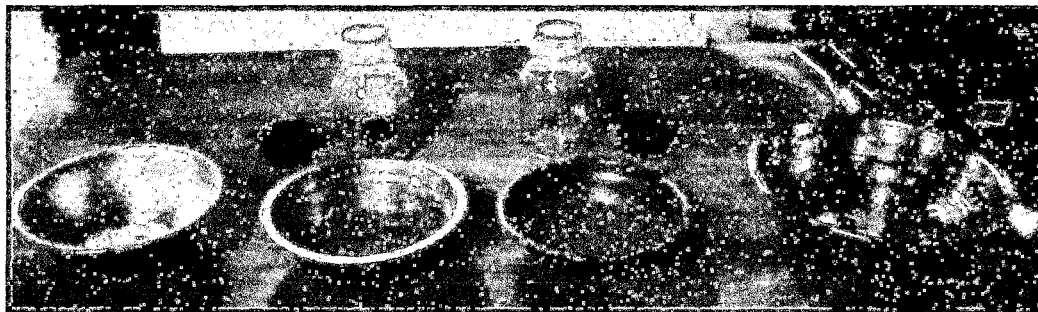
**DISTRITO :** SAN JUAN BAUTISTA

**LUGAR :** ACUCHIMAY

### MTC E 213 - ASTM C 40 IMPUREZAS ORGANICAS AGREGADO FINO

| TABLA DE COLORES                                     | CLARO                |   | COLOR ESTANDAR | OSCURO                        |   | NOTA  |
|--|----------------------|---|----------------|-------------------------------|---|---|
|  | 1                    | 2 | 3              | 4                             | 5 |   |
| COLOR DE MUESTRA                                     | X                    |   |                |                               |   | LA MUESTRA NO PRESENTA MATERIA ORGANICA DAÑINA PARA EL CONCRETO |
| INTERPRETACION DEL CONTENIDO DEL COMPONENTE ORGANICO | POCO O NINGUNO       |   | ACEPTABLE      | POSIBILIDAD DAÑINA            |   |   |
| RECOMENDACIÓN  | APROBADO PARA SU USO |   |                | OTRAS PRUEBAS DE VERIFICACION |   |   |

### PANEL FOTOGRAFICO



A.3. AGREGADO VOLCÁNICO AZUL CERRO ACUCHIMAY - QUICAPATA  
ALREDEDOR

**A.3. AGREGADO VOLCÁNICO AZUL CERRO  
ACUCHIMAY - QUICAPATA ALREDEDOR**

A.3. AGREGADO VOLCÁNICO AZUL CERRO ACUCHIMAY - QUICAPATA  
ALREDEDOR

**ENSAYOS DE CALIDAD DE AGREGADO ROCA VOLCANICA**

**PROYECTO :** TESIS: "PROPIEDADES FISICAS Y MECANICAS DE LA ROCA VOLCANICA DEL CERRO ACUCHIMAY PARA EL DISEÑO DE CONCRETO LIVIANO"  
**SOLICITUD :** BACHILLER CARLOS EDUARDO VENTURA AYALA      **REGION :** AYACUCHO  
**CANTERA :** CERRO ACUCHIMAY Y ALREDEDOR      **PROVINCIA :** HUAMANGA  
**MATERIAL :** AGREGADO GRUESO Y AGREGADO FINO TIPO II      **DISTRITO :** QUICAPATA  
**FECHA :** JULIO 2015      **LUGAR :** CARMEN ALTO

**MTC E 108 - AASHTO T 265 - ASTM D 2216**  
**CONTENIDO DE HUMEDAD (AGREGADO GRUESO Y FINO)**

**AGREGADO FINO**

|                                | Und      | Ensayo 01     | Ensayo 02 |
|--------------------------------|----------|---------------|-----------|
| Peso suelo humedo + recipiente | gr       | 2409.40       | 2409.40   |
| Peso suelo seco + recipiente   | gr       | 2367.60       | 2367.60   |
| Peso recipiente                | gr       | 367.20        | 367.20    |
| Contenido de humedad           | %        | 2.09          | 2.09      |
| <b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b>    | <b>%</b> | <b>2.09 %</b> |           |

**AGREGADO GRUESO DE TAMAÑO MAXIMO NOMINAL 3/4"**

|                                | Und      | Ensayo 01     | Ensayo 02 |
|--------------------------------|----------|---------------|-----------|
| Peso suelo humedo + recipiente | gr       | 3030.00       | 3030.00   |
| Peso suelo seco + recipiente   | gr       | 2972.20       | 2972.20   |
| Peso recipiente                | gr       | 367.20        | 367.20    |
| Contenido de humedad           | %        | 2.22          | 2.22      |
| <b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b>    | <b>%</b> | <b>2.22 %</b> |           |

**AGREGADO GRUESO DE TAMAÑO MAXIMO NOMINAL 1/2"**

|                                | Und      | Ensayo 01     | Ensayo 02 |
|--------------------------------|----------|---------------|-----------|
| Peso suelo humedo + recipiente | gr       | 2120.20       | 2120.20   |
| Peso suelo seco + recipiente   | gr       | 2090.70       | 2090.70   |
| Peso recipiente                | gr       | 367.20        | 367.20    |
| Contenido de humedad           | %        | 1.71          | 1.71      |
| <b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b>    | <b>%</b> | <b>1.71 %</b> |           |

**MTC E 114 - ASTM D 2419 - AASHTO T 176**  
**EQUIVALENTE DE ARENA**

**AGREGADO FINO**

|  | Und      | Ensayo 01      | Ensayo 02 |
|--|----------|----------------|-----------|
| Nivel superior de la muestra total             | mm       | 117.50         | 117.50    |
| Nivel del disco en el dispositivo de lecturas  | mm       | 359.00         | 356.00    |
| Altura del disco en el dispositivo de lecturas | mm       | 256.20         | 256.20    |
| Nivel superior de la arena                     | mm       | 102.80         | 99.80     |
| Temperatura del ensayo                         | °C       | 22 ± 3°C       | 22 ± 3°C  |
| Equivalente de arena                           | %        | 87.49          | 84.94     |
| <b>EQUIVALENTE DE ARENA</b>                    | <b>%</b> | <b>86.21 %</b> |           |

A.3. AGREGADO VOLCÁNICO AZUL CERRO ACUCHIMAY - QUICAPATA  
ALREDEDOR

**ENSAYOS DE CALIDAD DE AGREGADO ROCA VOLCANICA**

**PROYECTO :** TESIS: "PROPIEDADES FISICAS Y MECANICAS DE LA ROCA VOLCANICA DEL CERRO ACUCHIMAY PARA EL DISEÑO DE CONCRETO LIVIANO"  
**SOLICITUD :** BACHILLER CARLOS EDUARDO VENTURA AYALA      **REGION :** AYACUCHO  
**CANTERA :** CERRO ACUCHIMAY Y ALREDEDOR      **PROVINCIA :** HUAMANGA  
**MATERIAL :** AGREGADO GRUESO Y AGREGADO FINO TIPO II      **DISTRITO :** QUICAPATA  
**FECHA :** JULIO 2015      **LUGAR :** CARMEN ALTO

**MTC E 202 - ASTM C-117**

**MATERIAL QUE PASA POR LA MALLA N° 200 (EN AGREGADO FINO Y GRUESO)**

**AGREGADO FINO**

|   | Und | Ensayo 01 |
|---|-----|-----------|
| Peso original de la muestra seca                      | gr  | 2367.60   |
| Peso de la muestra seca, despues de lavada, en gramos | gr  | 2291.40   |
| Porcentaje del material fino que pasa el tamiz N° 200 | %   | 3.22      |

**AGREGADO GRUESO DE TAMANO MAXIMO NOMINAL 3/4"**

|   | Und | Ensayo 01 |
|---|-----|-----------|
| Peso original de la muestra seca                      | gr  | 2972.20   |
| Peso de la muestra seca, despues de lavada, en gramos | gr  | 2961.90   |
| Porcentaje del material fino que pasa el tamiz N° 200 | %   | 0.35      |

**AGREGADO GRUESO DE TAMANO MAXIMO NOMINAL 1/2"**

|   | Und | Ensayo 01 |
|---|-----|-----------|
| Peso original de la muestra seca                      | gr  | 2090.70   |
| Peso de la muestra seca, despues de lavada, en gramos | gr  | 2084.80   |
| Porcentaje del material fino que pasa el tamiz N° 200 | %   | 0.28      |

**A.3. AGREGADO VOLCÁNICO AZUL CERRO ACUCHIMAY - QUICAPATA  
ALREDEDOR**

**ENSAYOS DE CALIDAD DE AGREGADO ROCA VOLCANICA**

**PROYECTO :** TESIS: "PROPIEDADES FISICAS Y MECANICAS DE LA ROCA VOLCANICA DEL CERRO ACUCHIMAY PARA EL DISEÑO DE CONCRETO LIVIANO"  
**SOLICITUD :** BACHILLER CARLOS EDUARDO VENTURA AYALA      **REGION :** AYACUCHO  
**CANTERA :** CERRO ACUCHIMAY Y ALREDEDOR      **PROVINCIA :** HUAMANGA  
**MATERIAL :** AGREGADO GRUESO Y AGREGADO FINO TIPO II      **DISTRITO :** QUICAPATA  
**FECHA :** JULIO 2015      **LUGAR :** CARMEN ALTO

**MTC E 203 - ASTM C-29**

**PESO UNITARIO**

**AGREGADO FINO**

**PESO UNITARIO SUELTO SECO (PUSS)**

|  | Und                | Ensayo 01 | Ensayo 02 | Ensayo 03 |
|--|--------------------|-----------|-----------|-----------|
| Peso molde                                 | gr                 | 2775      | 2775      | 2775      |
| Peso agregado + molde                      | gr                 | 6117      | 6122      | 6117      |
| Peso agregado suelto = (B) - (A)           | gr                 | 3342      | 3347      | 3342      |
| Volumen del molde                          | cm <sup>3</sup>    | 2721.40   | 2721.40   | 2721.40   |
| Diámetro                                   | cm                 | 15.00     | 15.00     | 15.00     |
| Altura                                     | cm                 | 15.40     | 15.40     | 15.40     |
| PESO UNITARIO SUELTO SECO (PUSS) = (C)/(D) | gr/cm <sup>3</sup> | 1.23      | 1.23      | 1.23      |

**PROMEDIO PUSS**

**1228.65 kg/m<sup>3</sup>**

**PESO UNITARIO COMPACTADO SECO (PUCS) MÉTODO DEL APISONADO**

|  | Und                | Ensayo 01 | Ensayo 02 | Ensayo 03 |
|--|--------------------|-----------|-----------|-----------|
| Peso molde                                     | gr                 | 2775      | 2775      | 2775      |
| Peso agregado + molde                          | gr                 | 6459      | 6448      | 6500      |
| Peso agregado suelto = (B) - (A)               | gr                 | 3684      | 3673      | 3725      |
| Volumen del molde                              | cm <sup>3</sup>    | 2721.40   | 2721.40   | 2721.40   |
| Diámetro                                       | cm                 | 15.00     | 15.00     | 15.00     |
| Altura   | cm                 | 15.40     | 15.40     | 15.40     |
| PESO UNITARIO COMPACTADO SECO (PUCS) = (C)/(D) | gr/cm <sup>3</sup> | 1.35      | 1.35      | 1.37      |

**PROMEDIO PUCS**

**1357.39 kg/m<sup>3</sup>**

**AGREGADO GRUESO TAMAÑO MAXIMO NOMINAL 3/4"**

**PESO UNITARIO SUELTO SECO (PUSS)**

|  | Und                | Ensayo 01 | Ensayo 02 | Ensayo 03 |
|--|--------------------|-----------|-----------|-----------|
| Peso molde                                 | gr                 | 7324      | 7324      | 7324      |
| Peso agregado + molde                      | gr                 | 14017     | 14010     | 14013     |
| Peso agregado suelto = (B) - (A)           | gr                 | 6693      | 6686      | 6689      |
| Volumen del molde                          | cm <sup>3</sup>    | 9204.87   | 9204.87   | 9204.87   |
| Diámetro                                   | cm                 | 20.00     | 20.00     | 20.00     |
| Altura                                     | cm                 | 29.30     | 29.30     | 29.30     |
| PESO UNITARIO SUELTO SECO (PUSS) = (C)/(D) | gr/cm <sup>3</sup> | 0.73      | 0.73      | 0.73      |

**PROMEDIO PUSS**

**726.72 kg/m<sup>3</sup>**

**PESO UNITARIO COMPACTADO SECO (PUCS) METODO DEL APISONADO**

|  | Und                | Ensayo 01 | Ensayo 02 | Ensayo 03 |
|--|--------------------|-----------|-----------|-----------|
| Peso molde                                     | gr                 | 7324      | 7324      | 7324      |
| Peso agregado + molde                          | gr                 | 14964     | 15019     | 14990     |
| Peso agregado suelto = (B) - (A)               | gr                 | 7640      | 7695      | 7666      |
| Volumen del molde                              | cm <sup>3</sup>    | 9204.87   | 9204.87   | 9204.87   |
| Diámetro                                       | cm                 | 20.00     | 20.00     | 20.00     |
| Altura   | cm                 | 29.30     | 29.30     | 29.30     |
| PESO UNITARIO COMPACTADO SECO (PUCS) = (C)/(D) | gr/cm <sup>3</sup> | 0.83      | 0.84      | 0.83      |

**PROMEDIO PUCS**

**832.93 kg/m<sup>3</sup>**

A.3. AGREGADO VOLCÁNICO AZUL CERRO ACUCHIMAY - QUICAPATA  
ALREDEDOR

**ENSAYOS DE CALIDAD DE AGREGADO ROCA VOLCANICA**

**PROYECTO :** TESIS: "PROPIEDADES FISICAS Y MECANICAS DE LA ROCA VOLCANICA DEL CERRO ACUCHIMAY PARA EL DISEÑO DE CONCRETO LIVIANO"  
**SOLICITUD :** BACHILLER CARLOS EDUARDO VENTURA AYALA      **REGION :** AYACUCHO  
**CANTERA :** CERRO ACUCHIMAY Y ALREDEDOR      **PROVINCIA :** HUAMANGA  
**MATERIAL :** AGREGADO GRUESO Y AGREGADO FINO TIPO II      **DISTRITO :** QUICAPATA  
**FECHA :** JULIO 2015      **LUGAR :** CARMEN ALTO

**AGREGADO GRUESO TAMAÑO MAXIMO NOMINAL 1/2"**

**PESO UNITARIO SUELTO SECO (PUSS)**

|  | Und                | Ensayo 01 | Ensayo 02 | Ensayo 03 |
|--|--------------------|-----------|-----------|-----------|
| Peso molde                                 | gr                 | 2775      | 2775      | 2775      |
| Peso agregado + molde                      | gr                 | 5007      | 4985      | 4995      |
| Peso agregado suelto = (B) - (A)           | gr                 | 2226      | 2210      | 2220      |
| Volumen del molde                          | cm <sup>3</sup>    | 2721.40   | 2721.40   | 2721.40   |
| Diámetro                                   | cm                 | 15.00     | 15.00     | 15.00     |
| Altura                                     | cm                 | 15.40     | 15.40     | 15.40     |
| PESO UNITARIO SUELTO SECO (PUSS) = (C)/(D) | gr/cm <sup>3</sup> | 0.82      | 0.81      | 0.82      |

**PROMEDIO PUSS**

**815.27 kg/m<sup>3</sup>**

**PESO UNITARIO COMPACTADO SECO (PUCS) METODO DEL APISONADO**

|  | Und                | Ensayo 01 | Ensayo 02 | Ensayo 03 |
|--|--------------------|-----------|-----------|-----------|
| Peso molde                                     | gr                 | 2775      | 2775      | 2775      |
| Peso agregado + molde                          | gr                 | 5333      | 5355      | 5378      |
| Peso agregado suelto = (B) - (A)               | gr                 | 2558      | 2580      | 2603      |
| Volumen del molde                              | cm <sup>3</sup>    | 2721.40   | 2721.40   | 2721.40   |
| Diámetro                                       | cm                 | 15.00     | 15.00     | 15.00     |
| Altura   | cm                 | 15.40     | 15.40     | 15.40     |
| PESO UNITARIO COMPACTADO SECO (PUCS) = (C)/(D) | gr/cm <sup>3</sup> | 0.94      | 0.95      | 0.96      |

**PROMEDIO PUCS**

**948.16 kg/m<sup>3</sup>**

**VACIOS DE LOS AGREGADOS FINO Y GRUESO DE TMN 3/4"**

|   | Agregado fino | Agregado grueso |
|---|---------------|-----------------|
| Peso específico aparente (procedimientos MTC E205) gr/cm <sup>3</sup> | 2.18          | 1.67            |
| Peso unitario suelto seco (PUSS) kg/m <sup>3</sup>                    | 1228.65       | 726.72          |
| Peso unitario compactado seco (PUCS)                                  | 1357.39       | 832.93          |
| Peso unitario del agua, 1000 kg/m <sup>3</sup>                        | 1000          | 1000            |
| Porcentaje de vacios (%) agregado suelto = (A*W-B)/A*W                | 43.60 %       | 56.42 %         |
| Porcentaje de vacios (%) agregado varillado = (A*W-C)/A*W             | 37.69 %       | 50.05 %         |

**VACIOS DE LOS AGREGADOS FINO Y GRUESO TMN 1/2"**

|   | Agregado fino | Agregado grueso |
|---|---------------|-----------------|
| Peso específico aparente (procedimientos MTC E205) gr/cm <sup>3</sup> | 2.18          | 1.78            |
| Peso unitario suelto seco (PUSS) kg/m <sup>3</sup>                    | 1228.65       | 815.27          |
| Peso unitario compactado seco (PUCS)                                  | 1357.39       | 948.16          |
| Peso unitario del agua, 1000 kg/m <sup>3</sup>                        | 1000          | 1000            |
| Porcentaje de vacios (%) agregado suelto = (A*W-B)/A*W                | 43.60 %       | 54.09 %         |
| Porcentaje de vacios (%) agregado varillado = (A*W-C)/A*W             | 37.69 %       | 46.61 %         |

A.3. AGREGADO VOLCÁNICO AZUL CERRO ACUCHIMAY - QUICAPATA  
ALREDEDOR

**ENSAYOS DE CALIDAD DE AGREGADO ROCA VOLCANICA**

**PROYECTO :** TESIS: "PROPIEDADES FISICAS Y MECANICAS DE LA ROCA VOLCANICA DEL CERRO ACUCHIMAY PARA EL DISEÑO DE CONCRETO LIVIANO"  
**SOLICITUD :** BACHILLER CARLOS EDUARDO VENTURA AYALA  
**CANTERA :** CERRO ACUCHIMAY Y ALREDEDOR  
**MATERIAL :** AGREGADO GRUESO Y AGREGADO FINO TIPO II  
**FECHA :** JULIO 2015

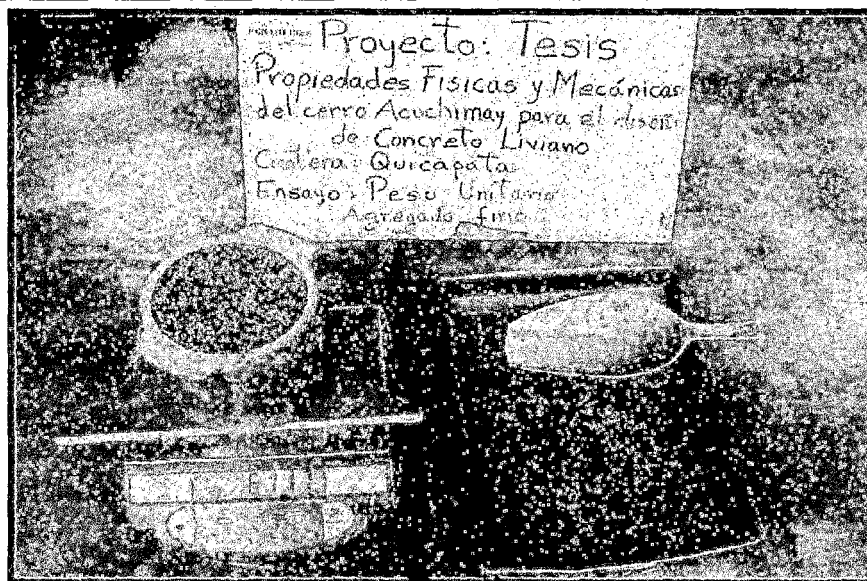
**REGION :** AYACUCHO  
**PROVINCIA :** HUAMANGA  
**DISTRITO :** QUICAPATA  
**LUGAR :** CARMEN ALTO

**MTC E 203 - ASTM C-29**

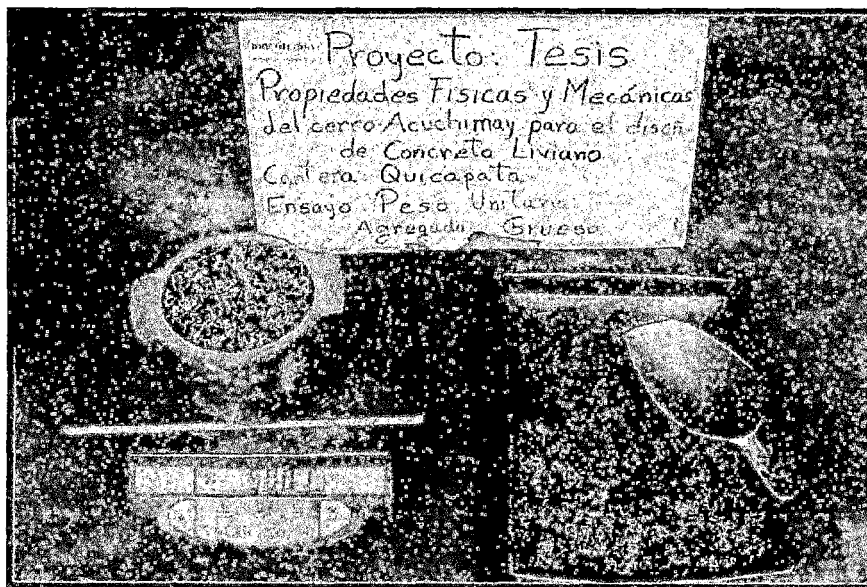
**PESO UNITARIO**

**PANEL FOTOGRAFICO**

**AGREGADO FINO**



**AGREGADO GRUESO**





A.3. AGREGADO VOLCÁNICO AZUL CERRO ACUCHIMAY - QUICAPATA  
ALREDEDOR

**ENSAYOS DE CALIDAD DE AGREGADO ROCA VOLCANICA**

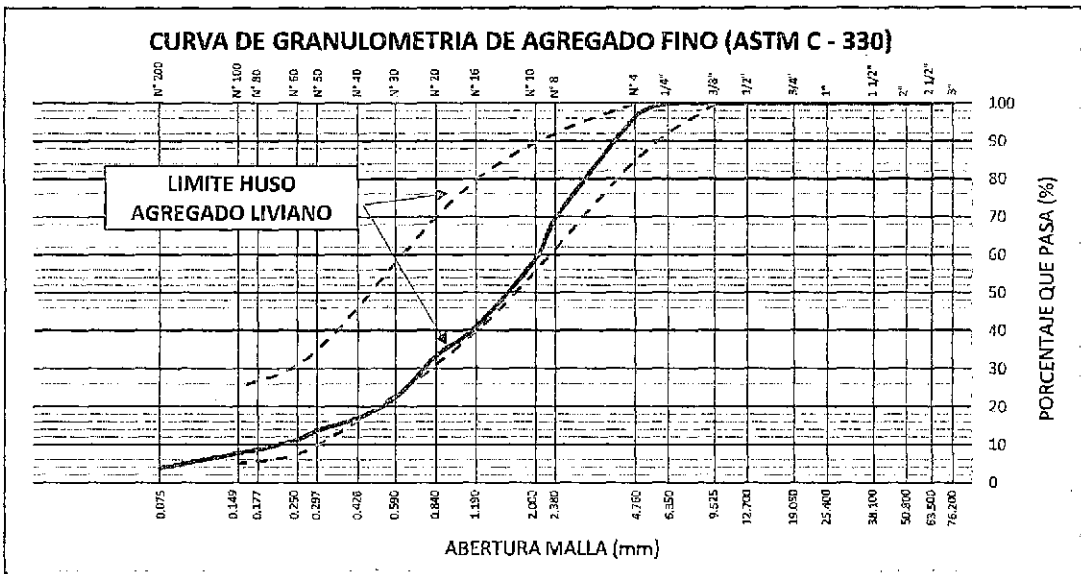
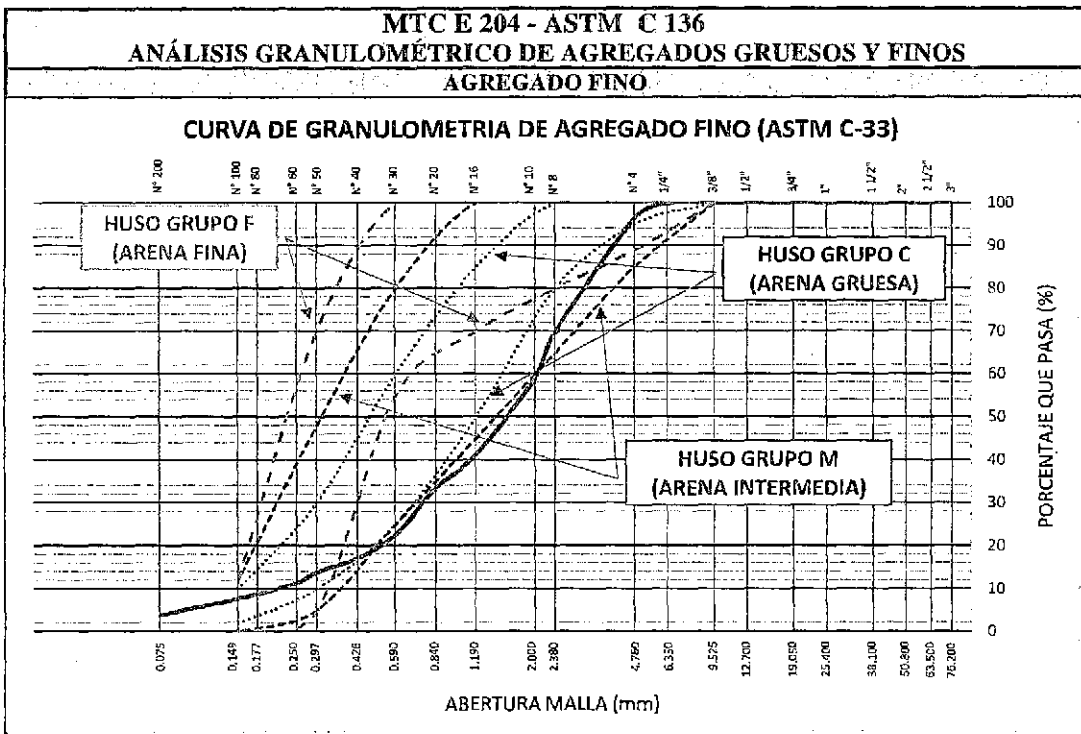
**PROYECTO :** TESIS: "PROPIEDADES FISICAS Y MECANICAS DE LA ROCA VOLCANICA DEL CERRO ACUCHIMAY PARA EL DISEÑO DE CONCRETO LIVIANO"  
**SOLICITUD :** BACHILLER CARLOS EDUARDO VENTURA AYALA      **REGION :** AYACUCHO  
**CANTERA :** CERRO ACUCHIMAY Y ALREDEDOR      **PROVINCIA :** HUAMANGA  
**MATERIAL :** AGREGADO GRUESO Y AGREGADO FINO TIPO II      **DISTRITO :** QUICAPATA  
**FECHA :** JULIO 2015      **LUGAR :** CARMEN ALTO

| <b>MTC E 204 - ASTM C-136</b>                               |                  |                    |                       |                         |            |                     |                                       |
|---|------------------|--------------------|-----------------------|-------------------------|------------|---------------------|---------------------------------------|
| <b>ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE AGREGADOS GRUESOS Y FINOS</b> |                  |                    |                       |                         |            |                     |                                       |
| <b>AGREGADO FINO</b>  |                  |                    |                       |                         |            |                     |                                       |
| TAMIZ<br>ASTM   | Abertura<br>(mm) | PESO RETENIDO (gr) | % RETENIDO<br>PARCIAL | % RETENIDO<br>ACUMULADO | % QUE PASA | ARENA<br>INTERMEDIA | DATOS DEL ANÁLISIS<br>GRANULOMÉTRICO  |
| 3"  | 76.200           | -                  | -                     | -                       | 100.00     |                     | <b>PESOS (gr)</b>                     |
| 2 1/2"  | 63.500           | -                  | -                     | -                       | 100.00     |                     | Peso seco inicial      4000.80        |
| 2"  | 50.800           | -                  | -                     | -                       | 100.00     |                     | Peso seco lavado      3848.40         |
| 1 1/2"  | 38.100           | -                  | -                     | -                       | 100.00     |                     | Pérdida por lavado      152.40        |
| 1"  | 25.400           | -                  | -                     | -                       | 100.00     |                     | <b>ENSAYOS ESTANDAR</b>               |
| 3/4"  | 19.050           | -                  | -                     | -                       | 100.00     |                     | % Grava      3.60                     |
| 1/2"  | 12.700           | -                  | -                     | -                       | 100.00     |                     | % Arena      92.55                    |
| 3/8"  | 9.525            | -                  | -                     | -                       | 100.00     | 100 - 100           | % de Finos      3.84                  |
| 1/4"  | 6.350            | 4.40               | 0.11                  | 0.11                    | 99.89      |                     | D10 = De(mm) =      0.2113            |
| Nº 4  | 4.760            | 138.60             | 3.49                  | 3.60                    | 96.40      | 85 - 100            | D30(mm) =      0.7613                 |
| Nº 8  | 2.380            | 1,056.80           | 26.64                 | 30.25                   | 69.75      |                     | D60(mm) =      2.0337                 |
| Nº 10   | 2.000            | 424.60             | 10.70                 | 40.95                   | 59.05      |                     | Cu =      9.62                        |
| Nº 16   | 1.190            | 710.00             | 17.90                 | 58.85                   | 41.15      | 40 - 80             | Cc =      1.35                        |
| Nº 20   | 0.840            | 306.20             | 7.72                  | 66.57                   | 33.43      |                     | D15(mm) =      0.3413                 |
| Nº 30   | 0.590            | 432.40             | 10.90                 | 77.47                   | 22.53      |                     | D50(mm) =      1.5904                 |
| Nº 40   | 0.426            | 212.20             | 5.35                  | 82.82                   | 17.18      |                     | D85(mm) =      3.7420                 |
| Nº 50   | 0.297            | 131.80             | 3.32                  | 86.14                   | 13.86      | 10 - 35             | Clasificación SUCS      SW            |
| Nº 60   | 0.250            | 97.60              | 2.46                  | 88.60                   | 11.40      |                     | <b>ARENA BIEN GRADUADA</b>            |
| Nº 80   | 0.177            | 104.80             | 2.64                  | 91.24                   | 8.76       |                     |                                       |
| Nº 100  | 0.149            | 40.00              | 1.01                  | 92.25                   | 7.75       | 5 - 10              |                                       |
| Nº 200  | 0.075            | 155.00             | 3.91                  | 96.16                   | 3.84       |                     | Gravedad específica      2.18         |
| Lavado  |                  | 152.40             | 3.84                  | 100.00                  | 0.00       |                     | Modulo de Fineza      3.49            |
| <b>TOTAL</b>  |                  | <b>3,966.80</b>    | <b>100.00</b>         |                         |            |                     | PUS (kg/m <sup>3</sup> )      1228.65 |

### A.3. AGREGADO VOLCÁNICO AZUL CERRO ACUCHIMAY - QUICAPATA ALREDEDOR

## ENSAYOS DE CALIDAD DE AGREGADO ROCA VOLCANICA

**PROYECTO :** TESIS: "PROPIEDADES FISICAS Y MECANICAS DE LA ROCA VOLCANICA DEL CERRO ACUCHIMAY PARA EL DISEÑO DE CONCRETO LIVIANO"  
**SOLICITUD :** BACHILLER CARLOS EDUARDO VENTURA AYALA      **REGION :** AYACUCHO  
**CANTERA :** CERRO ACUCHIMAY Y ALREDEDOR      **PROVINCIA :** HUAMANGA  
**MATERIAL :** AGREGADO GRUESO Y AGREGADO FINO TIPO II      **DISTRITO :** QUICAPATA  
**FECHA :** JULIO 2015      **LUGAR :** CARMEN ALTO



A.3. AGREGADO VOLCÁNICO AZUL CERRO ACUCHIMAY - QUICAPATA  
ALREDEDOR

**ENSAYOS DE CALIDAD DE AGREGADO ROCA VOLCANICA**

**PROYECTO :** TESIS: "PROPIEDADES FISICAS Y MECANICAS DE LA ROCA VOLCANICA DEL CERRO ACUCHIMAY PARA EL DISEÑO DE CONCRETO LIVIANO"

**SOLICITUD :** BACHILLER CARLOS EDUARDO VENTURA AYALA

**REGION :** AYACUCHO

**CANTERA :** CERRO ACUCHIMAY Y ALREDEDOR

**PROVINCIA :** HUAMANGA

**MATERIAL :** AGREGADO GRUESO Y AGREGADO FINO TIPO II

**DISTRITO :** QUICAPATA

**FECHA :** JULIO 2015

**LUGAR :** CARMEN ALTO

| <b>MTC E 204 - ASTM C-136</b>                               |                  |                       |                       |                         |            |                      |   |
|---|------------------|-----------------------|-----------------------|-------------------------|------------|----------------------|---|
| <b>ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE AGREGADOS GRUESOS Y FINOS</b> |                  |                       |                       |                         |            |                      |   |
| <b>AGREGADO GRUESO DE TAMAÑO MÁXIMO NOMINAL 1/2"</b>        |                  |                       |                       |                         |            |                      |   |
| TAMIZ<br>ASTM   | Abertura<br>(mm) | PESO<br>RETENIDO (gr) | % RETENIDO<br>PARCIAL | % RETENIDO<br>ACUMULADO | % QUE PASA | HUSO (3/4"<br>a N°4) | DATOS DEL ANÁLISIS<br>GRANULOMÉTRICO                  |
| 3"  | 76.200           | -                     | -                     | -                       | 100.00     |                      | <b>PESOS (gr)</b>                                     |
| 2 1/2"  | 63.500           | -                     | -                     | -                       | 100.00     |                      | Peso seco inicial 3447.00                             |
| 2"  | 50.800           | -                     | -                     | -                       | 100.00     |                      | Peso seco lavado 3435.20                              |
| 1 1/2"  | 38.100           | -                     | -                     | -                       | 100.00     |                      | Pérdida por lavado 11.80                              |
| 1"  | 25.400           | -                     | -                     | -                       | 100.00     | 100 - 100            | <b>ENSAYOS ESTANDAR</b>                               |
| 3/4"  | 19.050           | -                     | -                     | -                       | 100.00     | 90 - 100             | % Grava 97.21   |
| 1/2"  | 12.700           | 1,399.80              | 40.63                 | 40.63                   | 59.37      |                      | % Arena 2.44  |
| 3/8"  | 9.525            | 988.60                | 28.69                 | 69.32                   | 30.68      | 10 - 50              | % de Finos 0.34                                       |
| 1/4"  | 6.350            | 772.20                | 22.41                 | 91.73                   | 8.27       |                      | D10 = De(mm) = 6.5949                                 |
| N° 4  | 4.760            | 189.00                | 5.49                  | 97.21                   | 2.79       | 0 - 15               | D30(mm) = 9.4283                                      |
| N° 8  | 2.380            | 49.80                 | 1.45                  | 98.66                   | 1.34       |                      | D60(mm) = 12.7978                                     |
| N° 10   | 2.000            | 4.20                  | 0.12                  | 98.78                   | 1.22       |                      | Cu = 1.94   |
| N° 16   | 1.190            | 5.40                  | 0.16                  | 98.94                   | 1.06       |                      | Cc = 1.05   |
| N° 20   | 0.840            | 2.00                  | 0.06                  | 99.00                   | 1.00       |                      | D15(mm) = 7.3032                                      |
| N° 30   | 0.590            | 4.20                  | 0.12                  | 99.12                   | 0.88       |                      | D50(mm) = 11.6626                                     |
| N° 40   | 0.426            | 2.80                  | 0.08                  | 99.20                   | 0.80       |                      | D85(mm) = 16.7054                                     |
| N° 50   | 0.297            | 2.20                  | 0.06                  | 99.26                   | 0.74       |                      | Clasificación SUCS <b>GP</b>                          |
| N° 60   | 0.250            | 2.40                  | 0.07                  | 99.33                   | 0.67       |                      | <b>GRAVA MAL GRADUADA</b>                             |
| N° 80   | 0.177            | 3.20                  | 0.09                  | 99.43                   | 0.57       |                      | Tamaño Máximo (Pulg)" 3/4                             |
| N° 100  | 0.149            | 1.20                  | 0.03                  | 99.46                   | 0.54       |                      | Tamaño Máximo Nominal (Pulg)" 1/2                     |
| N° 200  | 0.075            | 6.80                  | 0.20                  | 99.66                   | 0.34       |                      | Gravedad específica 1.78                              |
| Lavado  |                  | 11.80                 | 0.34                  | 100.00                  | 0.00       |                      | Modulo de Fineza 6.62                                 |
| <b>TOTAL</b>  |                  | <b>3,445.60</b>       | <b>100.00</b>         |                         |            |                      | Peso unitario suelto seco (kg/m <sup>3</sup> ) 815.27 |

A.3. AGREGADO VOLCÁNICO AZUL CERRO ACUCHIMAY - QUICAPATA  
ALREDEDOR

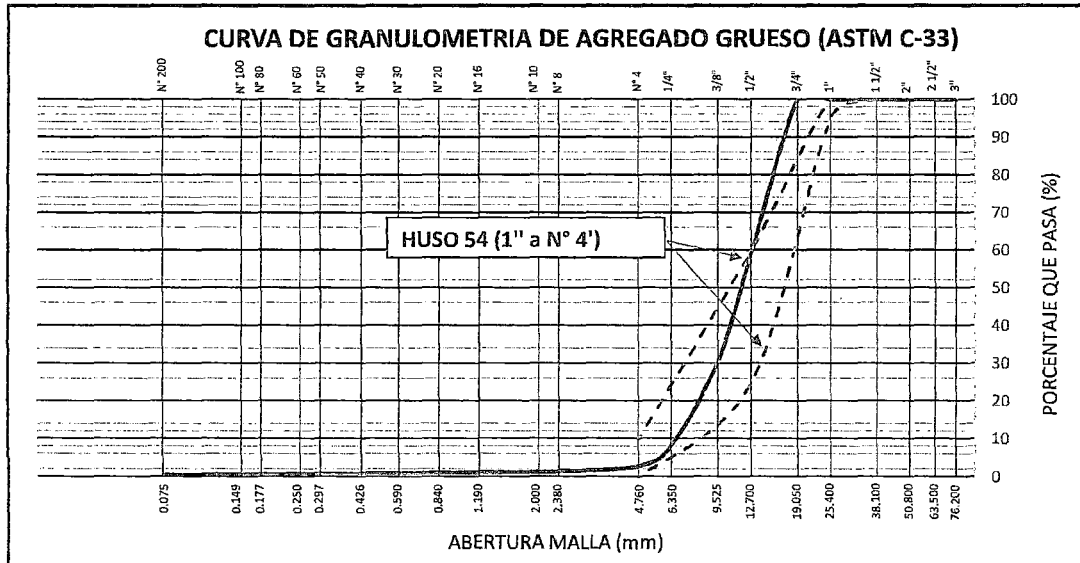
**ENSAYOS DE CALIDAD DE AGREGADO ROCA VOLCANICA**

**PROYECTO :** TESIS: "PROPIEDADES FISICAS Y MECANICAS DE LA ROCA VOLCANICA DEL CERRO ACUCHIMAY PARA EL DISEÑO DE CONCRETO LIVIANO"

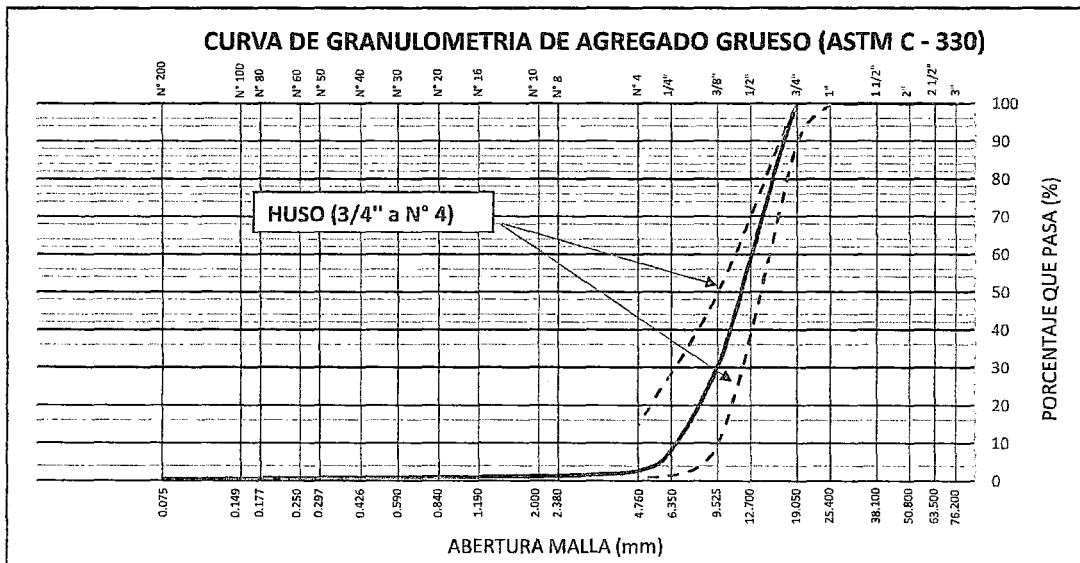
**SOLICITUD :** BACHILLER CARLOS EDUARDO VENTURA AYALA  
**CANTERA :** CERRO ACUCHIMAY Y ALREDEDOR  
**MATERIAL :** AGREGADO GRUESO Y AGREGADO FINO TIPO II  
**FECHA :** JULIO 2015

**REGION :** AYACUCHO  
**PROVINCIA :** HUAMANGA  
**DISTRITO :** QUICAPATA  
**LUGAR :** CARMEN ALTO

**MTC E 204 - ASTM C-136**  
**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE AGREGADOS GRUESOS Y FINOS**  
**AGREGADO GRUESO 1/2"**



|                   |       |       |        |       |        |                  |
|-------------------|-------|-------|--------|-------|--------|------------------|
| LIMO Y<br>ARCILLA | ARENA |       |        | GRAVA |        | BOLEOS<br>/BLOQU |
|                   | FINA  | MEDIA | GRUESA | FINA  | GRUESA |                  |



|                   |       |       |        |       |        |                  |
|-------------------|-------|-------|--------|-------|--------|------------------|
| LIMO Y<br>ARCILLA | ARENA |       |        | GRAVA |        | BOLEOS<br>/BLOQU |
|                   | FINA  | MEDIA | GRUESA | FINA  | GRUESA |                  |

**A.3. AGREGADO VOLCÁNICO AZUL CERRO ACUCHIMAY - QUICAPATA  
ALREDEDOR**

**ENSAYOS DE CALIDAD DE AGREGADO ROCA VOLCANICA**

**PROYECTO :** TESIS: "PROPIEDADES FISICAS Y MECANICAS DE LA ROCA VOLCANICA DEL CERRO ACUCHIMAY PARA EL DISEÑO DE CONCRETO LIVIANO"  
**SOLICITUD :** BACHILLER CARLOS EDUARDO VENTURA AYALA      **REGION :** AYACUCHO  
**CANTERA :** CERRO ACUCHIMAY Y ALREDEDOR      **PROVINCIA :** HUAMANGA  
**MATERIAL :** AGREGADO GRUESO Y AGREGADO FINO TIPO II      **DISTRITO :** QUICAPATA  
**FECHA :** JULIO 2015      **LUGAR :** CARMEN ALTO

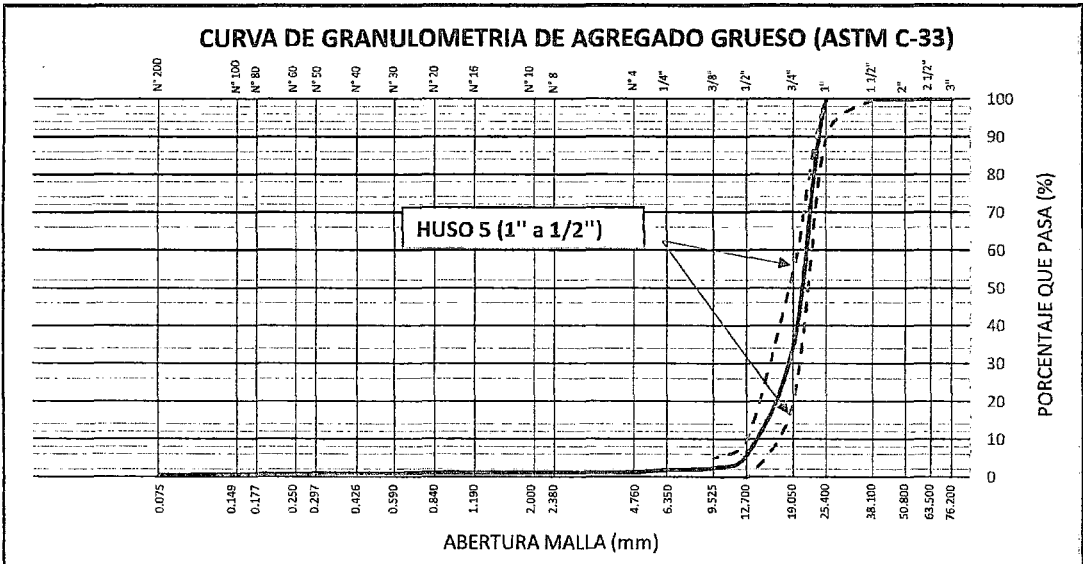
| MTC E 204 - ASTM C-136                               |               |                    |                    |                      |            |                    |  |               |
|--|---------------|--------------------|--------------------|----------------------|------------|--------------------|--|---------------|
| ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE AGREGADOS GRUESOS Y FINOS |               |                    |                    |                      |            |                    |  |               |
| AGREGADO GRUESO DE TAMAÑO MÁXIMO NOMINAL 3/4"        |               |                    |                    |                      |            |                    |  |               |
| TAMIZ ASTM   | Abertura (mm) | PESO RETENIDO (gr) | % RETENIDO PARCIAL | % RETENIDO ACUMULADO | % QUE PASA | HUSO 5 (1" a 1/2") | DATOS DEL ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO              |               |
| 3"   | 76.200        | -                  | -                  | -                    | 100.00     |                    | PESOS (gr)                                     |               |
| 2 1/2"   | 63.500        | -                  | -                  | -                    | 100.00     | Peso seco inicial  |  | 5210.00       |
| 2"   | 50.800        | -                  | -                  | -                    | 100.00     |                    | Peso seco lavado                               | 5189.40       |
| 1 1/2"   | 38.100        | -                  | -                  | -                    | 100.00     |                    | Pérdida por lavado                             | 20.60         |
| 1"   | 25.400        | -                  | -                  | -                    | 100.00     | 100 - 100          | ENSAYOS ESTANDAR                               |               |
| 3/4"   | 19.050        | 3,406.00           | 65.45              | 65.45                | 34.55      | 90 - 100           | % Grava  | 98.75         |
| 1/2"   | 12.700        | 1,491.20           | 28.66              | 94.11                | 5.89       |                    | % Arena  | 0.85          |
| 3/8"   | 9.525         | 183.00             | 3.52               | 97.63                | 2.37       | 10 - 50            | % de Finos                                     | 0.40          |
| 1/4"   | 6.350         | 26.80              | 0.52               | 98.14                | 1.86       |                    | D10 = De(mm) =                                 | 13.6111       |
| Nº 4   | 4.760         | 31.80              | 0.61               | 98.75                | 1.25       | 0 - 15             | D30(mm) =                                      | 18.0428       |
| Nº 8   | 2.380         | 4.80               | 0.09               | 98.85                | 1.15       |                    | D60(mm) =                                      | 21.5195       |
| Nº 10  | 2.000         | 1.20               | 0.02               | 98.87                | 1.13       |                    | Cu =   | 1.58          |
| Nº 16  | 1.190         | 3.40               | 0.07               | 98.94                | 1.06       |                    | Cc =   | 1.11          |
| Nº 20  | 0.840         | 2.00               | 0.04               | 98.97                | 1.03       |                    | D15(mm) =                                      | 14.7190       |
| Nº 30  | 0.590         | 4.60               | 0.09               | 99.06                | 0.94       |                    | D50(mm) =                                      | 20.5493       |
| Nº 40  | 0.426         | 4.20               | 0.08               | 99.14                | 0.86       |                    | D85(mm) =                                      | 23.9448       |
| Nº 50  | 0.297         | 2.80               | 0.05               | 99.20                | 0.80       |                    | Clasificación SUCS                             | GP            |
| Nº 60  | 0.250         | 3.80               | 0.07               | 99.27                | 0.73       |                    | GRAVA MAL GRADUADA                             |               |
| Nº 80  | 0.177         | 4.80               | 0.09               | 99.36                | 0.64       |                    | Tamaño Máximo (Pulg)"                          | 1             |
| Nº 100   | 0.149         | 1.60               | 0.03               | 99.39                | 0.61       |                    | Tamaño Máximo Nominal (Pulg)"                  | 3/4           |
| Nº 200   | 0.075         | 11.00              | 0.21               | 99.60                | 0.40       |                    | Gravedad específica                            | 1.67          |
| Lavado   |               | 20.60              | 0.40               | 100.00               | 0.00       |                    | Modulo de Fineza                               | 7.57          |
| <b>TOTAL</b>   |               | <b>5,203.60</b>    | <b>100.00</b>      |                      |            |                    | Peso unitario suelto seco (kg/m <sup>3</sup> ) | <b>726.72</b> |

**A.3. AGREGADO VOLCÁNICO AZUL CERRO ACUCHIMAY - QUICAPATA  
ALREDEDOR**

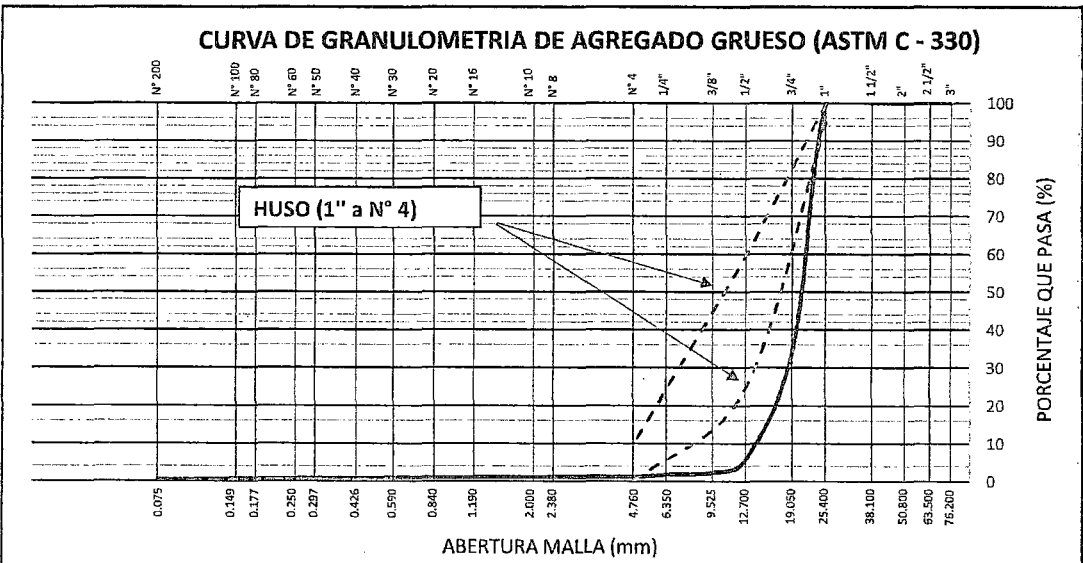
**ENSAYOS DE CALIDAD DE AGREGADO ROCA VOLCANICA**

**PROYECTO :** TESIS: "PROPIEDADES FISICAS Y MECANICAS DE LA ROCA VOLCANICA DEL CERRO ACUCHIMAY PARA EL DISEÑO DE CONCRETO LIVIANO"  
**SOLICITUD :** BACHILLER CARLOS EDUARDO VENTURA AYALA      **REGION :** AYACUCHO  
**CANTERA :** CERRO ACUCHIMAY Y ALREDEDOR      **PROVINCIA :** HUAMANGA  
**MATERIAL :** AGREGADO GRUESO Y AGREGADO FINO TIPO II      **DISTRITO :** QUICAPATA  
**FECHA :** JULIO 2015      **LUGAR :** CARMEN ALTO

**MTC E 204 - ASTM C-136  
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE AGREGADOS GRUESOS Y FINOS  
AGREGADO GRUESO 3/4"**



|                   |       |       |        |       |        |                  |
|-------------------|-------|-------|--------|-------|--------|------------------|
| LIMO Y<br>ARCILLA | ARENA |       |        | GRAVA |        | BOLEOS<br>/BLOQU |
|                   | FINA  | MEDIA | GRUESA | FINA  | GRUESA |                  |



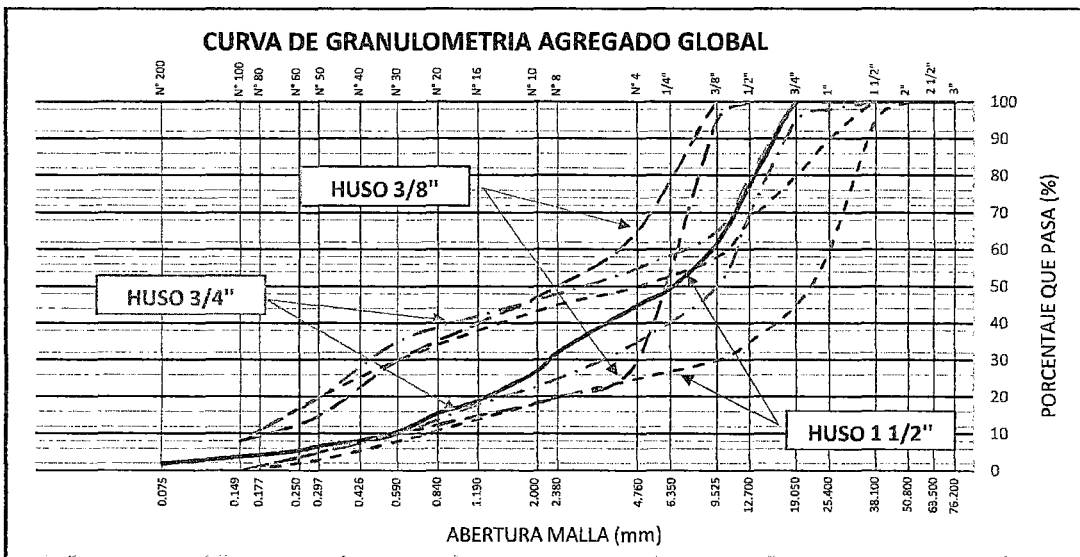
|                   |       |       |        |       |        |                  |
|-------------------|-------|-------|--------|-------|--------|------------------|
| LIMO Y<br>ARCILLA | ARENA |       |        | GRAVA |        | BOLEOS<br>/BLOQU |
|                   | FINA  | MEDIA | GRUESA | FINA  | GRUESA |                  |

**A.3. AGREGADO VOLCÁNICO AZUL CERRO ACUCHIMAY - QUICAPATA  
ALREDEDOR**

**ENSAYOS DE CALIDAD DE AGREGADO ROCA VOLCANICA**

**PROYECTO :** TESIS: "PROPIEDADES FISICAS Y MECANICAS DE LA ROCA VOLCANICA DEL CERRO ACUCHIMAY PARA EL DISEÑO DE CONCRETO LIVIANO"  
**SOLICITUD :** BACHILLER CARLOS EDUARDO VENTURA AYALA      **REGION :** AYACUCHO  
**CANTERA :** CERRO ACUCHIMAY Y ALREDEDOR      **PROVINCIA :** HUAMANGA  
**MATERIAL :** AGREGADO GRUESO Y AGREGADO FINO TIPO II      **DISTRITO :** QUICAPATA  
**FECHA :** JULIO 2015      **LUGAR :** CARMEN ALTO

| ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DEL AGREGADO GLOBAL                   |               |                    |                  |                      |            |             |                                      |
|---|---------------|--------------------|------------------|----------------------|------------|-------------|--------------------------------------|
| AGREGADO FINO Y AGREGADO GRUESO DE TAMAÑO MÁXIMO NOMINAL 1/2" |               |                    |                  |                      |            |             |                                      |
| TAMIZ ASTM  | Abertura (mm) | % PASA (A. Grueso) | % PASA (A. fino) | % RETENIDO ACUMULADO | % QUE PASA | HUSO (3/4") | DATOS DEL ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO    |
| 3"  | 76.200        | 100.00             | 100.00           | -                    | 100.00     |             | % según análisis del Agregado Global |
| 2 1/2"  | 63.500        | 100.00             | 100.00           | -                    | 100.00     |             | % del A. Grueso 55                   |
| 2"  | 50.800        | 100.00             | 100.00           | -                    | 100.00     |             | % del A. Fino 45                     |
| 1 1/2"  | 38.100        | 100.00             | 100.00           | -                    | 100.00     | 100 - 100   | <b>ENSAYOS ESTANDAR</b>              |
| 1"  | 25.400        | 100.00             | 100.00           | -                    | 100.00     | 98 - 100    | % Grava 55.09                        |
| 3/4"  | 19.050        | 100.00             | 100.00           | -                    | 100.00     | 95 - 100    | % Arena 42.99                        |
| 1/2"  | 12.700        | 59.37              | 100.00           | 22.34                | 77.66      | 70 - 80     | % de Finos 1.92                      |
| 3/8"  | 9.525         | 30.68              | 100.00           | 38.12                | 61.88      | 50 - 65     | D10 = De(mm) = 0.5482                |
| 1/4"  | 6.350         | 8.27               | 99.89            | 50.50                | 49.50      |             | D30(mm) = 2.2145                     |
| Nº 4  | 4.760         | 2.79               | 96.40            | 55.09                | 44.91      | 35 - 55     | D60(mm) = 9.0439                     |
| Nº 8  | 2.380         | 1.34               | 69.75            | 67.87                | 32.13      | 25 - 48     | Cu = 16.50                           |
| Nº 10   | 2.000         | 1.22               | 59.05            | 72.76                | 27.24      |             | Cc = 0.99                            |
| Nº 16   | 1.190         | 1.06               | 41.15            | 80.90                | 19.10      | 18 - 42     | D15(mm) = 0.8100                     |
| Nº 20   | 0.840         | 1.00               | 33.43            | 84.40                | 15.60      |             | D50(mm) = 6.4784                     |
| Nº 30   | 0.590         | 0.88               | 22.53            | 89.38                | 10.62      | 10 - 35     | D85(mm) = 14.7871                    |
| Nº 40   | 0.426         | 0.80               | 17.18            | 91.83                | 8.17       |             | <b>Clasificación SUCS GP</b>         |
| Nº 50   | 0.297         | 0.74               | 13.86            | 93.36                | 6.64       | 5 - 20      | <b>GRAVA MAL GRADUADA</b>            |
| Nº 60   | 0.250         | 0.67               | 11.40            | 94.50                | 5.50       |             | Tamaño Máximo (Pulg)" 3/4            |
| Nº 80   | 0.177         | 0.57               | 8.76             | 95.74                | 4.26       |             | Tamaño Máximo Nominal (Pulg)" 1/2    |
| Nº 100  | 0.149         | 0.54               | 7.75             | 96.22                | 3.78       | 0 - 8       | Modulo de Fineza 5.21                |
| Nº 200  | 0.075         | 0.34               | 3.84             | 98.08                | 1.92       |             |                                      |
| Lavado  | -             | -                  | -                | 100.00               | -          |             |                                      |



|                |       |       |        |       |        |               |
|----------------|-------|-------|--------|-------|--------|---------------|
| LIMO Y ARCILLA | ARENA |       |        | GRAVA |        | BOLEOS /BLOQU |
|                | FINA  | MEDIA | GRUESA | FINA  | GRUESA |               |

A.3. AGREGADO VOLCÁNICO AZUL CERRO ACUCHIMAY - QUICAPATA  
ALREDEDOR

**ENSAYOS DE CALIDAD DE AGREGADO ROCA VOLCANICA**

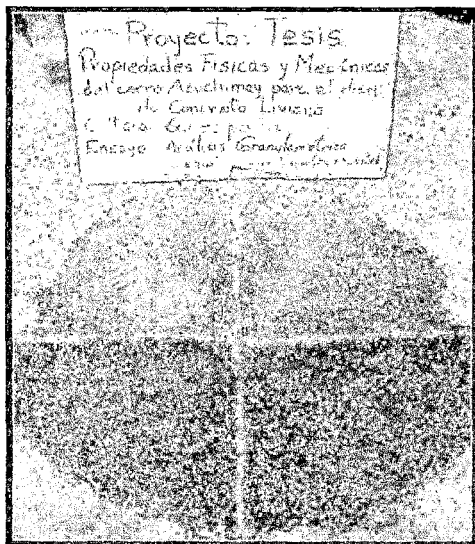
**PROYECTO :** TESIS: "PROPIEDADES FISICAS Y MECANICAS DE LA ROCA VOLCANICA DEL CERRO ACUCHIMAY PARA EL DISEÑO DE CONCRETO LIVIANO"  
**SOLICITUD :** BACHILLER CARLOS EDUARDO VENTURA AYALA      **REGION :** AYACUCHO  
**CANTERA :** CERRO ACUCHIMAY Y ALREDEDOR      **PROVINCIA :** HUAMANGA  
**MATERIAL :** AGREGADO GRUESO Y AGREGADO FINO TIPO II      **DISTRITO :** QUICAPATA  
**FECHA :** JULIO 2015      **LUGAR :** CARMEN ALTO

MTC E 204 - ASTM C-136

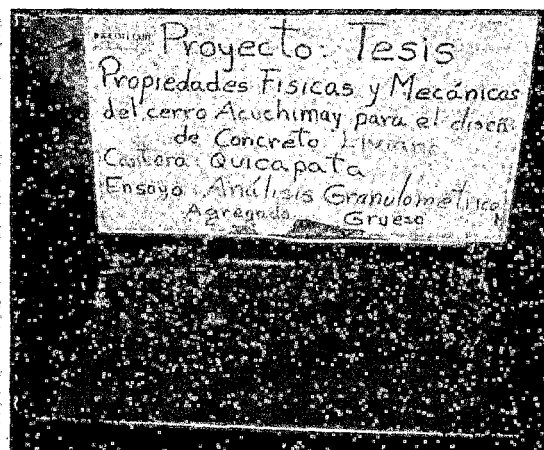
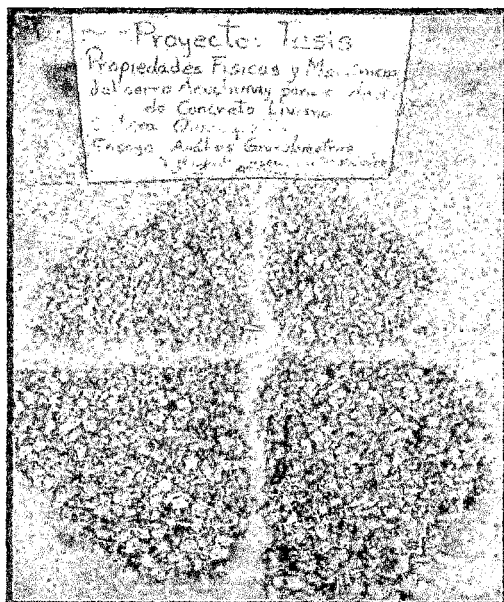
**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE AGREGADOS GRUESOS Y FINOS**

**PANEL FOTOGRAFICO**

**AGREGADO FINO**



**AGREGADO GRUESO**





**A.3. AGREGADO VOLCÁNICO AZUL CERRO ACUCHIMAY - QUICAPATA  
ALREDEDOR**

**ENSAYOS DE CALIDAD DE AGREGADO ROCA VOLCANICA**

**PROYECTO :** TESIS: "PROPIEDADES FISICAS Y MECANICAS DE LA ROCA VOLCANICA DEL CERRO ACUCHIMAY PARA EL DISEÑO DE CONCRETO LIVIANO"

**SOLICITUD :** BACHILLER CARLOS EDUARDO VENTURA AYALA

**REGION :** AYACUCHO

**CANTERA :** CERRO ACUCHIMAY Y ALREDEDOR

**PROVINCIA :** HUAMANGA

**MATERIAL :** AGREGADO GRUESO Y AGREGADO FINO TIPO II

**DISTRITO :** QUICAPATA

**FECHA :** JULIO 2015

**LUGAR :** CARMEN ALTO

**MTC E 205 - ASTM C-128**

**GRAVEDAD ESPECIFICA Y ABSORCION DE AGREGADOS FINOS**

|   | Und | Ensayo 01     | Ensayo 02     | PROMEDIO    |
|---|-----|---------------|---------------|-------------|
| Capacidad de picnometro                             | cm3 | 250           | 500           |             |
| Peso de la muestra seca                             | gr  | 57.90         | 118.30        |             |
| Peso de picnometro aforado lleno de agua            | gr  | <b>347.47</b> | <b>665.67</b> |             |
| Peso de picnometro con la muestra y agua            | gr  | 384.50        | 738.90        |             |
| Peso de la muestra SSS                              | gr  | 63.20         | 128.40        |             |
| <b>Peso específico aparente = A/(B+S-C)</b>         |     | 2.21          | 2.14          | <b>2.18</b> |
| <b>Peso específico aparente (S.S.S) = S/(B+S-C)</b> |     | 2.41          | 2.33          | <b>2.37</b> |
| <b>Peso específico nominal = A/(B+A-C)</b>          |     | 2.77          | 2.62          | <b>2.70</b> |
| <b>Absorción = 100*(S-A)/A</b>                      | %   | 9.15          | 8.54          | <b>8.85</b> |

|   |              |
|---|--------------|
| <b>PORCENTAJE RETENIDO EN LA MALLA N° 4 (%)</b> | <b>0.11</b>  |
| <b>PORCENTAJE QUE PASA LA MALLA N° 4 (%)</b>    | <b>99.89</b> |
| <b>GRAVEDAD ESPECIFICA DE LOS SÓLIDOS</b>       | <b>2.18</b>  |

**MTC E 206 - ASTM C-127**

**GRAVEDAD ESPECIFICA Y ABSORCION DE AGREGADOS GRUESOS**

**AGREGADO GRUESO DE TAMAÑO MAXIMO NOMINAL 3/4"**

|   | Und | Ensayo 01 | Ensayo 02 | Ensayo 03 | PROMEDIO     |
|---|-----|-----------|-----------|-----------|--------------|
| Peso en el aire de la muestra seca                | gr  | 373.70    | 335.80    | 258.60    |              |
| Peso en el aire de la muestra SSS                 | gr  | 417.60    | 378.40    | 292.70    |              |
| Peso sumergido de la muestra SSS                  | gr  | 198.60    | 172.60    | 137.30    |              |
| Temperatura del agua                              | °C  | 23 ± 1.7  | 23 ± 1.7  | 23 ± 1.7  |              |
| <b>Peso específico aparente = A/(B-C)</b>         |     | 1.71      | 1.63      | 1.66      | <b>1.67</b>  |
| <b>Peso específico aparente (S.S.S) = B/(B-C)</b> |     | 1.91      | 1.84      | 1.88      | <b>1.88</b>  |
| <b>Peso específico nominal = A/(A-C)</b>          |     | 2.13      | 2.06      | 2.13      | <b>2.11</b>  |
| <b>Absorción = 100*(B-A)/A</b>                    | %   | 11.75     | 12.69     | 13.19     | <b>12.54</b> |

**AGREGADO GRUESO DE TAMAÑO MAXIMO NOMINAL 1/2"**

|   | Und | Ensayo 01 | Ensayo 02 | Ensayo 03 | PROMEDIO    |
|---|-----|-----------|-----------|-----------|-------------|
| Peso en el aire de la muestra seca                | gr  | 136.30    | 172.80    | 152.10    |             |
| Peso en el aire de la muestra SSS                 | gr  | 146.70    | 185.30    | 163.40    |             |
| Peso sumergido de la muestra SSS                  | gr  | 68.40     | 90.90     | 76.80     |             |
| Temperatura del agua                              | °C  | 23 ± 1.7  | 23 ± 1.7  | 23 ± 1.7  |             |
| <b>Peso específico aparente = A/(B-C)</b>         |     | 1.74      | 1.83      | 1.76      | <b>1.78</b> |
| <b>Peso específico aparente (S.S.S) = B/(B-C)</b> |     | 1.87      | 1.96      | 1.89      | <b>1.91</b> |
| <b>Peso específico nominal = A/(A-C)</b>          |     | 2.01      | 2.11      | 2.02      | <b>2.05</b> |
| <b>Absorción = 100*(B-A)/A</b>                    | %   | 7.63      | 7.23      | 7.43      | <b>7.43</b> |

A.3. AGREGADO VOLCÁNICO AZUL CERRO ACUCHIMAY - QUICAPATA  
ALREDEDOR

**ENSAYOS DE CALIDAD DE AGREGADO ROCA VOLCANICA**

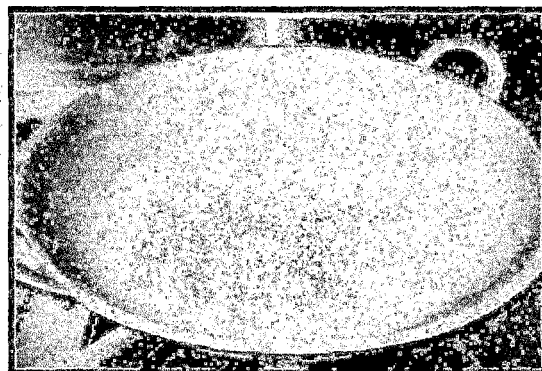
**PROYECTO :** TESIS: "PROPIEDADES FISICAS Y MECANICAS DE LA ROCA VOLCANICA DEL CERRO ACUCHIMAY PARA EL DISEÑO DE CONCRETO LIVIANO"  
**SOLICITUD :** BACHILLER CARLOS EDUARDO VENTURA AYALA      **REGION :** AYACUCHO  
**CANTERA :** CERRO ACUCHIMAY Y ALREDEDOR      **PROVINCIA :** HUAMANGA  
**MATERIAL :** AGREGADO GRUESO Y AGREGADO FINO TIPO II      **DISTRITO :** QUICAPATA  
**FECHA :** JULIO 2015      **LUGAR :** CARMEN ALTO

**MTC E 205 - MTC 206**

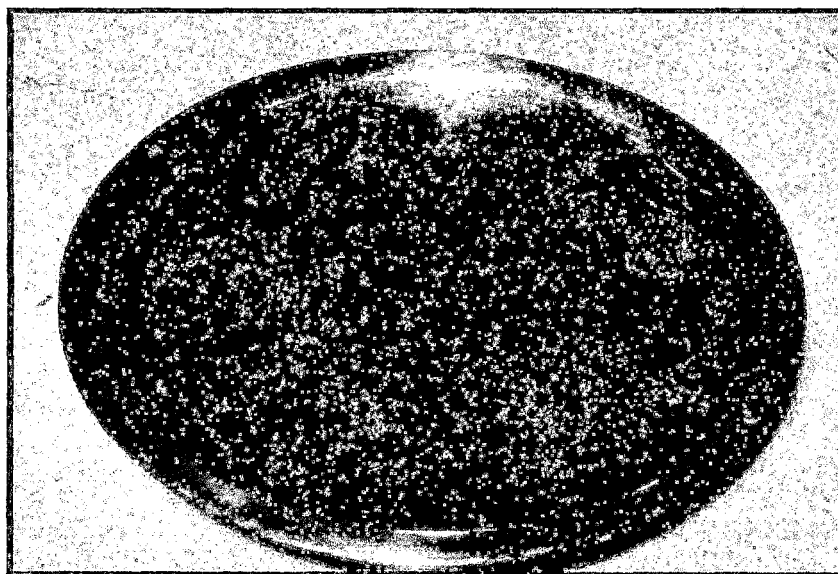
**GRAVEDAD ESPECIFICA Y ABSORCION DE AGREGADOS FINOS Y GRUESOS**

**PANEL FOTOGRAFICO**

**AGREGADO FINO**



**AGREGADO GRUESO**



A.3. AGREGADO VOLCÁNICO AZUL CERRO ACUCHIMAY - QUICAPATA ALREDEDOR

**ENSAYOS DE CALIDAD DE AGREGADO ROCA VOLCANICA**

**PROYECTO :** TESIS: "PROPIEDADES FISICAS Y MECANICAS DE LA ROCA VOLCANICA DEL CERRO ACUCHIMAY PARA EL DISEÑO DE CONCRETO LIVIANO"  
**SOLICITUD :** BACHILLER CARLOS EDUARDO VENTURA AYALA **REGION :** AYACUCHO  
**CANTERA :** CERRO ACUCHIMAY Y ALREDEDOR **PROVINCIA :** HUAMANGA  
**MATERIAL :** AGREGADO GRUESO Y AGREGADO FINO TIPO II **DISTRITO :** QUICAPATA  
**FECHA :** JULIO 2015 **LUGAR :** CARMEN ALTO

**MTC E 207 - ASTM C-131**  
**ABRASION LOS ANGELES AL DESGASTE DE LOS AGREGADOS DE TAMAÑOS < 37.5**

**mm (1 1/2")**

**AGREGADO GRUESO**

**GRANULOMETRIA DE LA MUESTRA DEL AGREGADO PARA ENSAYO**

|        | Pasa Tamiz |      | Retenido Tamiz |  | A (12 esferas) Peso (gr) |
|--------|------------|------|----------------|--|--------------------------|
| 1 1/2" | 37.5 mm    | 1"   | 25 mm          |  | 1247.00                  |
| 1"     | 25 mm      | 3/4" | 19 mm          |  | 1253.00                  |
| 3/4"   | 19 mm      | 1/2" | 12.5 mm        |  | 1251.00                  |
| 1/2"   | 12.5 mm    | 3/8" | 9.5 mm         |  | 1250.00                  |
|        |            |      | TOTAL (gramos) |  | 5001.00                  |

**MUESTRA DESPUES DEL ENSAYO**

PESO DE LA MUESTRA DESPUÉS DEL ENSAYO 3249.20

**% DESGASTE = 100\*(P1-P2)/P1**

**35.03 %**

**PANEL FOTOGRAFICO**



A.3. AGREGADO VOLCÁNICO AZUL CERRO ACUCHIMAY - QUICAPATA  
ALREDEDOR

**ENSAYOS DE CALIDAD DE AGREGADO ROCA VOLCANICA**

**PROYECTO :** TESIS: "PROPIEDADES FISICAS Y MECANICAS DE LA ROCA VOLCANICA DEL CERRO ACUCHIMAY PARA EL DISEÑO DE CONCRETO LIVIANO"

**SOLICITUD :** BACHILLER CARLOS EDUARDO VENTURA AYALA

**REGION :** AYACUCHO

**CANTERA :** CERRO ACUCHIMAY Y ALREDEDOR

**PROVINCIA :** HUAMANGA

**MATERIAL :** AGREGADO GRUESO Y AGREGADO FINO TIPO II

**DISTRITO :** QUICAPATA

**FECHA :** JULIO 2015

**LUGAR :** CARMEN ALTO

**MTC E 209 - ASTM C-88**

**DURABILIDAD CON SULFATO DE MAGNESIO EN AGREGADOS (ANÁLISIS CUALITATIVO)**

**AGREGADO GRUESO**

| Pasa             | Retiene        | Gradacion original% | Peso de la fraccion ensayada (g) | Nº de particulas | Peso retenido despues del ensayo (g) | Perdida total % | Perdidad corregida % | Nº de particulas |
|------------------|----------------|---------------------|----------------------------------|------------------|--------------------------------------|-----------------|----------------------|------------------|
| 37.5 mm (1 1/2") | 25 mm (1")     | -                   | -                                | -                | -                                    | -               | -                    | -                |
| 25 mm (1")       | 19 mm (3/4")   | 76.00               | 597.04                           | 64.00            | 447.04                               | 25.12           | 19.09                | 44.00            |
| 19 mm (3/4")     | 12.5 mm (1/2") | 22.69               | 178.24                           | 40.00            | 140.40                               | 21.23           | 4.82                 | 40.00            |
| 12.5 mm (1/2")   | 9.5 mm (3/8")  | 1.31                | 10.28                            | 10.00            | 7.04                                 | 31.52           | 0.41                 | 6.00             |
| 9.5 mm (3/8")    | 4.75 mm (Nº 4) | -                   | -                                | -                | -                                    | -               | -                    | -                |
| <b>TOTALES</b>   |                | <b>100.00</b>       | <b>785.56</b>                    |                  | <b>594.48</b>                        |                 | <b>24.32 %</b>       |                  |

**DESGASTE DEL MATERIAL AL SULFATO DE MAGNESIO**

**24.32 %**

**MTC E 209 - ASTM C 88 - NTP 400.016**

**DURABILIDAD CON SULFATO DE MAGNESIO EN AGREGADOS (ANÁLISIS CUALITATIVO)**

**AGREGADO FINO**

| Pasa            | Retiene         | Gradacion original% | Peso de la fraccion ensayada (g) | Peso retenido despues del ensayo (g) | Perdida total % | Perdidad corregida % |
|-----------------|-----------------|---------------------|----------------------------------|--------------------------------------|-----------------|----------------------|
| 9.5 mm (3/8")   | 4.75 mm (Nº 4)  | -                   | -                                | -                                    | -               | -                    |
| 4.75 mm (Nº 4)  | 2.36 mm (Nº 8)  | 25.00               | 100.00                           | 73.21                                | 26.79           | 6.70                 |
| 2.36 mm (Nº 8)  | 1.18 mm (Nº 16) | 25.00               | 100.00                           | 72.14                                | 27.86           | 6.97                 |
| 1.18 mm (Nº 16) | 600 µm (Nº 30)  | 25.00               | 100.00                           | 85.20                                | 14.80           | 3.70                 |
| 600 µm (Nº 30)  | 300 µm (Nº 50)  | 25.00               | 100.00                           | 77.24                                | 22.76           | 5.69                 |
| 300 µm (Nº 50)  | 150 µm (Nº 100) | -                   | -                                | -                                    | -               | -                    |
| 150 µm (Nº 100) |                 | -                   | -                                | -                                    | -               | -                    |
| <b>TOTALES</b>  |                 | <b>100.00</b>       | <b>400.00</b>                    |                                      |                 | <b>23.05 %</b>       |

**DESGASTE DEL MATERIAL AL SULFATO DE MAGNESIO**

**23.05 %**

A.3. AGREGADO VOLCÁNICO AZUL CERRO ACUCHIMAY - QUICAPATA  
ALREDEDOR

**ENSAYOS DE CALIDAD DE AGREGADO ROCA VOLCANICA**

**PROYECTO :** TESIS: "PROPIEDADES FISICAS Y MECANICAS DE LA ROCA VOLCANICA DEL CERRO ACUCHIMAY PARA EL DISEÑO DE CONCRETO LIVIANO"  
**SOLICITUD :** BACHILLER CARLOS EDUARDO VENTURA AYALA      **REGION :** AYACUCHO  
**CANTERA :** CERRO ACUCHIMAY Y ALREDEDOR      **PROVINCIA :** HUAMANGA  
**MATERIAL :** AGREGADO GRUESO Y AGREGADO FINO TIPO II      **DISTRITO :** QUICAPATA  
**FECHA :** JULIO 2015      **LUGAR :** CARMEN ALTO

**MTC E 209 - ASTM C-88**

**DURABILIDAD CON SULFATO DE MAGNESIO EN AGREGADOS (ANÁLISIS CUALITATIVO)**

**PANEL FOTOGRAFICO**

**AGREGADO FINO**



A.3. AGREGADO VOLCÁNICO AZUL CERRO ACUCHIMAY - QUICAPATA  
ALREDEDOR

**ENSAYOS DE CALIDAD DE AGREGADO ROCA VOLCANICA**

**PROYECTO :** TESIS: "PROPIEDADES FISICAS Y MECANICAS DE LA ROCA VOLCANICA DEL CERRO ACUCHIMAY PARA EL DISEÑO DE CONCRETO LIVIANO"

**SOLICITUD :** BACHILLER CARLOS EDUARDO VENTURA AYALA

**REGION :** AYACUCHO

**CANTERA :** CERRO ACUCHIMAY Y ALREDEDOR

**PROVINCIA :** HUAMANGA

**MATERIAL :** AGREGADO GRUESO Y AGREGADO FINO TIPO II

**DISTRITO :** QUICAPATA

**FECHA :** JULIO 2015

**LUGAR :** CARMEN ALTO

**MTC E 210**

**DETERMINACIÓN DEL PORCENTAJE DE CARAS FRACTURADAS**

**AGREGADO GRUESO**

**a. Con una cara fracturada**

| Tamaño del Agregado |                | A (gramos)     | B (gramos)    | C<br>(B/A)*100 | D<br>%Parcial | E<br>CxD     |
|---------------------|----------------|----------------|---------------|----------------|---------------|--------------|
| Pasa Tamiz          | Retenido Tamiz |                |               |                |               |              |
| 1 1/2"              | 1"             |                |               |                |               |              |
| 1"                  | 3/4"           | 3406.00        | 425.23        | 12.48          | 65.45         | 8.17         |
| 3/4"                | 1/2"           | 1491.20        | 212.20        | 14.23          | 28.66         | 4.08         |
| 1/2"                | 3/8"           | 183.00         | 32.20         | 17.60          | 3.52          | 0.62         |
| <b>TOTAL</b>        |                | <b>5080.20</b> | <b>669.63</b> |                | <b>97.63</b>  | <b>12.87</b> |

|   |                |
|---|----------------|
| <b>PORCENTAJE CON UNA CARA FRACTURADA (E/D) =</b> | <b>13.18 %</b> |
|---|----------------|

**a. Con dos o más caras fracturadas**

| Tamaño del Agregado |                | A (gramos)     | B (gramos)     | C<br>(B/A)*100 | D<br>%Parcial | E<br>CxD     |
|---------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|---------------|--------------|
| Pasa Tamiz          | Retenido Tamiz |                |                |                |               |              |
| 1 1/2"              | 1"             |                |                |                |               |              |
| 1"                  | 3/4"           | 3406.00        | 2123.25        | 62.34          | 65.45         | 40.80        |
| 3/4"                | 1/2"           | 1491.20        | 875.23         | 58.69          | 28.66         | 16.82        |
| 1/2"                | 3/8"           | 183.00         | 112.50         | 61.48          | 3.52          | 2.16         |
| <b>TOTAL</b>        |                | <b>5080.20</b> | <b>3110.98</b> |                | <b>97.63</b>  | <b>59.79</b> |

|   |                |
|---|----------------|
| <b>PORCENTAJE CON DOS O MAS CARAS FRACTURADAS (E/D) =</b> | <b>61.24 %</b> |
|---|----------------|

|   |                |
|---|----------------|
| <b>PORCENTAJE CON UNA CARA FRACTURADA</b> | <b>74.42 %</b> |
|---|----------------|

A.3. AGREGADO VOLCÁNICO AZUL CERRO ACUCHIMAY - QUICAPATA ALREDEDOR

**ENSAYOS DE CALIDAD DE AGREGADO ROCA VOLCANICA**

**PROYECTO :** TESIS: "PROPIEDADES FISICAS Y MECANICAS DE LA ROCA VOLCANICA DEL CERRO ACUCHIMAY PARA EL DISEÑO DE CONCRETO LIVIANO"  
**SOLICITUD :** BACHILLER CARLOS EDUARDO VENTURA AYALA **REGION :** AYACUCHO  
**CANTERA :** CERRO ACUCHIMAY Y ALREDEDOR **PROVINCIA :** HUAMANGA  
**MATERIAL :** AGREGADO GRUESO Y AGREGADO FINO TIPO II **DISTRITO :** QUICAPATA  
**FECHA :** JULIO 2015 **LUGAR :** CARMEN ALTO

**MTC E 212 - ASTM C-142**

**DETERMINACION DEL PORCENTAJE DE TERRONES DE ARCILLA**

**AGREGADO GRUESO**

| Tamaño del Agregado<br>TAMICES           | Peso antes del<br>ensayo (g) W | Peso después<br>del ensayo (g) | A (W-R) | E (A/W) | Acumulado     |
|--|--------------------------------|--------------------------------|---------|---------|---------------|
| 1 1/2"                                   |                                |                                |         |         |               |
| 3/4" 3/8"                                | 416.50                         | 414.10                         | 2.40    | 0.0058  | 0.0058        |
| 3/8" Nro 4                               | 381.90                         | 379.10                         | 2.80    | 0.0073  | 0.0131        |
| Total                                    |                                |                                |         |         | 0.0131        |
| <b>Porcentaje de Terrones de Arcilla</b> |                                |                                |         |         | <b>1.31 %</b> |

**AGREGADO FINO**

| Tamaño del Agregado<br>TAMICES           | Peso antes del<br>ensayo (g) W | Peso después<br>del ensayo (g) | A (W-R) | E (A/W) | Acumulado     |
|--|--------------------------------|--------------------------------|---------|---------|---------------|
| Nro 4 Nro 16                             | 448.50                         | 436.80                         | 11.70   | 0.0261  | 0.0261        |
| Total                                    | 448.50                         |                                |         |         |               |
| <b>Porcentaje de Terrones de Arcilla</b> |                                |                                |         |         | <b>2.61 %</b> |

**MTC E 221 - NLT 354**

**INDICE DE APLANAMIENTO Y ALARGAMIENTO (PORCENTAJE DE CHATAS Y ALARGADAS)**

**AGREGADO GRUESO**

| Pasa             | Fracción<br>Relleno original (%) | Grada<br>cion original (%) | Planas                                     |  |   |                                      | Alargadas                                  |  |  |  |
|------------------|----------------------------------|----------------------------|--|--|---|--------------------------------------|--|--|--|--|
|                  |                                  |                            | Peso de la<br>fraccion<br>ensayada<br>(gr) | Peso<br>retenido<br>despues del<br>ensayo (gr) | %<br>Planas<br>totales<br>F=100*<br>C/D | %<br>Planas<br>Corregi<br>dos<br>F/A | Peso de la<br>fraccion<br>ensayada<br>(gr) | Peso<br>retenido<br>despues del<br>ensayo (gr) | %<br>Alarga<br>das<br>totales<br>G=100*<br>E/D | %<br>Alargada<br>Corregid<br>os<br>G/A |
| A                | B                                | C                          | D  | E  | F                                       | G                                    | H  | I  | J  |  |
| 2 1/2"           | 2"                               |                            |  |  |   |                                      |  |  |  |  |
| 2"               | 1 1/2"                           |                            |  |  |   |                                      |  |  |  |  |
| 1 1/2"           | 1"                               |                            |  |  |   |                                      |  |  |  |  |
| 1"               | 3/4"                             | 65.45                      | 1110.30                                    | 29.10  | 2.62                                    | 171.55                               | 1110.30                                    | 47.90  | 4.31   | 282.38                                 |
| 3/4"             | 1/2"                             | 28.66                      | 159.50                                     | 1.80   | 1.13                                    | 32.34                                | 159.50                                     | 0.00   | 0.00   | 0.00                                   |
| 1/2"             | 3/8"                             | 3.52                       | 14.70                                      | 1.20   | 8.16                                    | 28.71                                | 14.70                                      | 0.00   | 0.00   | 0.00                                   |
| 3/8"             | 1/4"                             | 0.52                       | 2.70                                       | 0.00   | 0.00                                    | 0.00                                 | 2.70                                       | 0.00   | 0.00   | 0.00                                   |
| <b>Sub Total</b> |                                  | <b>98.14</b>               | <b>1287.20</b>                             | <b>32.10</b>                                   | <b>11.91</b>                            | <b>232.60</b>                        | <b>1287.20</b>                             | <b>47.90</b>                                   | <b>4.31</b>                                    | <b>282.38</b>                          |

Donde Ri es el porcentajes retenidos en cada tamiz

$$\text{Indice de aplanamiento} = \frac{\sum \frac{F}{A}}{\sum R_i} \quad \text{Indice de aplanamiento} = 2.38$$

$$\text{Indice de alargamiento} = \frac{\sum \frac{G}{A}}{\sum R_i} \quad \text{Indice de alargamiento} = 4.31$$

A.3. AGREGADO VOLCÁNICO AZUL CERRO ACUCHIMAY - QUICAPATA  
ALREDEDOR

**ENSAYOS DE CALIDAD DE AGREGADO ROCA VOLCANICA**

**PROYECTO :** TESIS: "PROPIEDADES FISICAS Y MECANICAS DE LA ROCA VOLCANICA DEL CERRO ACUCHIMAY PARA EL DISEÑO DE CONCRETO LIVIANO"

**SOLICITUD :** BACHILLER CARLOS EDUARDO VENTURA AYALA

**CANTERA :** CERRO ACUCHIMAY Y ALREDEDOR

**MATERIAL :** AGREGADO GRUESO Y AGREGADO FINO TIPO II

**FECHA :** JULIO 2015

**REGION :** AYACUCHO

**PROVINCIA :** HUAMANGA

**DISTRITO :** QUICAPATA

**LUGAR :** CARMEN ALTO

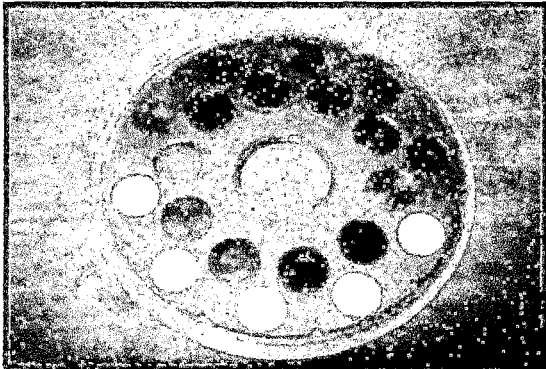
**MTC E 213 - ASTM C 40**

**IMPUREZAS ORGANICAS**

**AGREGADO FINO**

| TABLA DE COLORES                                     | CLARO                |   | COLOR ESTANDAR | OSCURO                        |   | NOTA  |
|--|----------------------|---|----------------|-------------------------------|---|---|
|  | 1                    | 2 | 3              | 4                             | 5 |   |
| COLOR DE MUESTRA                                     | X                    |   |                |                               |   | LA MUESTRA NO PRESENTA MATERIA ORGANICA DAÑINA PARA EL CONCRETO |
| INTERPRETACION DEL CONTENIDO DEL COMPONENTE ORGANICO | POCO O NINGUNO       |   | ACEPTABLE      | POSIBILIDAD DAÑINA            |   |   |
| RECOMENDACIÓN  | APROBADO PARA SU USO |   |                | OTRAS PRUEBAS DE VERIFICACION |   |   |

**PANEL FOTOGRAFICO**





**A.4. ANÁLISIS QUÍMICO - AGREGADO VOL-  
CÁNICO ROJO CERRO ACUCHIMAY**

A.4. ANÁLISIS QUÍMICO - AGREGADO VOLCÁNICO ROJO CERRO  
ACUCHIMAY



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTOBAL DE HUAMANGA  
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

LABORATORIO DE SUELOS Y ANALISIS FOLIAR

Jr. Abraham Valdelomar N° 249 – Telf. 315936 RPM # 151505

Ayacucho – Perú

“Año de la Diversificación Productiva y del Fortalecimiento de la Educación”

Región : Ayacucho  
Provincia : Huamanga  
Distrito : Carmen Alto  
Localidad : Acuchimay  
Proyecto : “Tesis”  
Solicitante : Bach. Carlos Ventura Ayala  
Muestra : Agregado de Piedra pomez

### ANALISIS QUIMICO

| Muestra   | ELEMENTOS |                   |                   |                   |
|-----------|-----------|-------------------|-------------------|-------------------|
|           | pH        | Cloruros<br>(ppm) | Sulfatos<br>(ppm) | S. S. T.<br>(ppm) |
| A. Grueso | 7.64      | 159.8             | 18.6              | 255.2             |
| A. Fino   | 7.66      | 160.8             | 48.7              | 312.6             |
|           |           |                   |                   |                   |

Ayacucho. 17 de Julio del 2015.

LABORATORIO DE ANÁLISIS DE SUELOS  
PLANTA, AGUAS Y FERTILIZANTES

*Juan B. Grón Molin*  
C.I.P. 77120

## **Apéndice B**

# **DISEÑO DE MEZCLA DEL CONCRETO LIVIANO**

### **B.1. AGREGADO VOLCÁNICO ROJO CERRO ACUCHIMAY**

## B.1. AGREGADO VOLCÁNICO ROJO CERRO ACUCHIMAY

### DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO LIVIANO CON AGREGADO LIVIANO

**PROYECTO :** TESIS: "PROPIEDADES FÍSICAS Y MECANICAS DE LA ROCA VOLCANICA DEL CERRO ACUCHIMAY PARA EL DISEÑO DE CONCRETO LIVIANO"  
**SOLICITUD :** BACH. CARLOS EDUARDO VENTURA AYALA      **REGION :** AYACUCHO  
**CANTERA :** CERRO ACUCHIMAY      **PROVINCIA :** HUAMANGA  
**MATERIAL :** AGREGADO GRUESO Y AGREGADO FINO TIPO I      **DISTRITO :** SAN JUAN BAUTISTA  
**FECHA :** AGOSTO 2015      **LUGAR :** CERRO ACUCHIMAY

#### 1. Materiales.

##### A. Cementos

| CEMENTO    | PESO | SUPERFICIE ESPECÍFICA    |
|------------|------|--------------------------|
| SOL TIPO I | 3.11 | 3500 cm <sup>3</sup> /gr |

##### B. Agregados

| CARACTERÍSTICA            | AGREGADO GRUESO | AGREGADO FINO |
|---------------------------|-----------------|---------------|
| Material                  | PIEDRA CHANCADA | ARENA         |
| Perfil                    | ANGULAR         | ZARANDEADO    |
| PUSS (kg/m <sup>3</sup> ) | 836.46          | 1124.30       |
| PUSC (kg/m <sup>3</sup> ) | 983.19          | 1273.24       |
| Peso específico nominal   | 2.27            | 2.75          |
| Peso específico aparente  | 1.87            | 2.00          |
| Absorción (%)             | 9.35            | 13.64         |
| Humedad (%)               | 3.19            | 3.81          |
| Modulo de fineza          | 6.77            | 3.42          |

#### 2. Especificaciones.

- a) No existe limitaciones en el diseño por presencia de procesos de congelación; presencia de ión cloruro, o ataques por  
 b) Las condiciones de colocación requieren que la mezcla tenga una consistencia plástica

#### 3. Selección de la resistencia promedio a partir de la resistencia en compresión especificada y la desviación

Resistencia en compresión especificada

$f'_c = 210 \text{ kg/cm}^2$

Datos de registro

Carece de dato alguno

| Resistencia de diseño (kg/cm <sup>2</sup> ) | Resistencia requerida (kg/cm <sup>2</sup> ) |
|---|---|
| $f'_c = 210 \text{ kg/cm}^2$                | $f'_{cr} = 294 \text{ kg/cm}^2$             |

#### 4. Selección de tamaño máximo nominal del agregado.

TAMAÑO MÁXIMO NOMINAL

Agregado grueso

1/2" ▼

#### 5. Selección del asentamiento o slump.

Tabla 9.2.2 (Diseño de Mezcla - Rivva López Enrique)

| Tipo de estructura                                       | Slump  |        |
|--|--------|--------|
|  | Máximo | Mínimo |
| Cimentaciones simples, cajones y subestructuras de muros | 3"     | 1"     |

| CONSISTENCIA | TRABAJABILIDAD | COMPACTAMIENTO     | ASENTAMIENTO O SLUMP |
|--------------|----------------|--------------------|----------------------|
| PLÁSTICA ▼   | TRABAJABLE ▼   | VIBRACIÓN LIGERA ▼ | 3" a 4"              |

#### 6. Selección de volumen unitario de agua de diseño.

**AGUA DE MEZCLA**      Tabla 10.2.1 (Volumen unitario por slump y tamaño máximo nominal)

216 lt/m<sup>3</sup>

Diseño de Mezcla - Rivva López Enrique

#### 7. Selección de contenido de aire.

Tabla 11.2.2 (sin aire), 11.3.1 (con aire) (Diseño de Mezcla - Rivva López Enrique)

| CONTENIDO DE AIRE      | T.M.N. | EXPOSICIÓN DE OBRA | CONCRETO SIN AIRE INCORPORADO |
|------------------------|--------|--------------------|-------------------------------|
| SIN AIRE INCORPORADO ▼ | 1/2" ▼ | NORMAL ▼           | 2.50%                         |

## B.1. AGREGADO VOLCÁNICO ROJO CERRO ACUCHIMAY

### DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO LIVIANO CON AGREGADO LIVIANO

**PROYECTO :** TESIS: "PROPIEDADES FÍSICAS Y MECANICAS DE LA ROCA VOLCANICA DEL CERRO ACUCHIMAY PARA EL DISEÑO DE CONCRETO LIVIANO"  
**SOLICITUD :** BACH. CARLOS EDUARDO VENTURA AYALA      **REGION :** AYACUCHO  
**CANTERA :** CERRO ACUCHIMAY      **PROVINCIA :** HUAMANGA  
**MATERIAL :** AGREGADO GRUESO Y AGREGADO FINO TIPO I      **DISTRITO :** SAN JUAN BAUTISTA  
**FECHA :** AGOSTO 2015      **LUGAR :** CERRO ACUCHIMAY

#### 8. Selección de la relación agua-cemento por resistencia y por durabilidad.

\* Este dato a seleccionar sera tomado para los dos metodos restantes

MEJORAR LA TRABAJABILIDAD Y COHESIVIDAD      Tabla 13.2.5 (Diseño de Mezcla - Rivva López Enrique)

CONDICIONES DE EXPOSICION:

| Volumen unitario de agua | a/c por resistencia | a/c por durabilidad | Maxima a/c |
|--------------------------|---------------------|---------------------|------------|
| 216 lt/m <sup>3</sup>    | 0.56                | Solo casos severos  | 0.56       |

#### 9. Determinación del Factor Cemento.

Factor cemento =  $\frac{\text{Volumen unitario de de agua}}{\text{Relacion agua cemento}}$  = 387 kg/m<sup>3</sup> = 9.1 bolsas/m<sup>3</sup>

### I. METODO DEL COMITÉ A.C.I. 211.1

#### 10. Contenido de agregado grueso.

Para determinar el contenido de agregado grueso, empleando el Método del Comité 211 del ACI, se debe entrar a la Tabla 16.2.2 (Diseño de Mezcla - Rivva López Enrique)

$$b/b_o = 0.49$$

$$\text{Peso del agregado grueso} = b/b_o \times \text{PUISC} = 479.80 \text{ kg/m}^3$$

#### 11. Calculo de volúmenes absolutos.

Volumen absoluto de:

|                                    |                            |
|------------------------------------|----------------------------|
| - Cemento .....                    | = 0.124 m <sup>3</sup>     |
| - Agua .....                       | = 0.216 m <sup>3</sup>     |
| - Aire .....                       | = 0.025 m <sup>3</sup>     |
| - Agregado grueso .....            | = 0.257 m <sup>3</sup>     |
| <b>Suma de volúmenes conocidos</b> | <b>0.622 m<sup>3</sup></b> |

#### 12. Contenido de agregado fino

$$\text{Volumen absoluto de agregado fino} = 1 - 0.622 = 0.378 \text{ m}^3$$

$$\text{Peso del agregado fino seco} = 756 \text{ kg/m}^3$$

#### 13. Valores de diseño

Las cantidades de materiales a ser empleadas como valores de diseño seran:

|                              |                            |
|------------------------------|----------------------------|
| - Cemento .....              | = 386.82 kg/m <sup>3</sup> |
| - Agua .....                 | = 216.00 lt/m <sup>3</sup> |
| - Agregado fino seco .....   | = 756.09 kg/m <sup>3</sup> |
| - Agregado grueso seco ..... | = 479.80 kg/m <sup>3</sup> |

#### 14. Correccion por humedad del agregado

Las proporciones de los materiales que integran la unidad cubica de concreto debe ser corregida en funcion de las condiciones de humedad de los agregados fino y grueso, afin de obtener los valores a ser utilizados en obra.

Peso húmedo del:

|                         |                         |
|-------------------------|-------------------------|
| - Agregado fino .....   | = 785 kg/m <sup>3</sup> |
| - Agregado grueso ..... | = 495 kg/m <sup>3</sup> |

A continuación determinamos la humedad superficial del agregado:

Humedad superficial del:

|                         |         |
|-------------------------|---------|
| - Agregado fino .....   | -9.83 % |
| - Agregado grueso ..... | -6.16 % |

## B.1. AGREGADO VOLCÁNICO ROJO CERRO ACUCHIMAY

### DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO LIVIANO CON AGREGADO LIVIANO

**PROYECTO :** TESIS: "PROPIEDADES FÍSICAS Y MECANICAS DE LA ROCA VOLCANICA DEL CERRO ACUCHIMAY PARA EL DISEÑO DE CONCRETO LIVIANO"  
**SOLICITUD :** BACH. CARLOS EDUARDO VENTURA AYALA      **REGION :** AYACUCHO  
**CANTERA :** CERRO ACUCHIMAY      **PROVINCIA :** HUAMANGA  
**MATERIAL :** AGREGADO GRUESO Y AGREGADO FINO TIPO I      **DISTRITO :** SAN JUAN BAUTISTA  
**FECHA :** AGOSTO 2015      **LUGAR :** CERRO ACUCHIMAY

Y los aportes de los agregados seran:

|                                    |                  |
|------------------------------------|------------------|
| Aporte de humedad del:             |                  |
| - Agregado fino .....              | -74 lt/m3        |
| - Agregado grueso .....            | -30 lt/m3        |
| Aporte de humedad de los agregados | -104 lt/m3       |
| <b>Agua efectiva</b>               | <b>320 lt/m3</b> |

Y los pesos de los materiales, ya corregidos por humedad del agregado a ser empleados en las mezclas de prueba, seran:

|                                |                |
|--------------------------------|----------------|
| - Cemento .....                | = 386.82 kg/m3 |
| - Agua .....                   | = 319.88 lt/m3 |
| - Agregado fino humedo .....   | = 784.90 kg/m3 |
| - Agregado grueso humedo ..... | = 495.10 kg/m3 |

#### 15. Proporción en peso

La proporción en peso de los materiales sin corregir, y ya corregida por humedad del agregado seran:

**Peso seco**

| Cemento | A. Fino | A. Grueso | Agua         |
|---------|---------|-----------|--------------|
| 1.00    | 1.95    | 1.24      | 23.7 lt/saco |

**Peso húmedo**

| Cemento | A. Fino | A. Grueso | Agua         |
|---------|---------|-----------|--------------|
| 1.00    | 2.03    | 1.28      | 35.1 lt/saco |

Relacion agua-cemento de diseño = 0.56

Relacion agua-cemento efectiva = 0.83

#### 16. Pesos por tanda de un saco

Para conocer la cantidad de materiales que se necesitan en una tanda de un saco, es necesario multiplicar de un saco de cemento la proporción en peso, ya corregida por humedad del agregado, por el de un saco de cemento.

|                                |               |
|--------------------------------|---------------|
| - Cemento .....                | = 42.50 kg/m3 |
| - Agua .....                   | = 35.15 lt/m3 |
| - Agregado fino humedo .....   | = 86.24 kg/m3 |
| - Agregado grueso humedo ..... | = 54.40 kg/m3 |

### 2. METODO DEL COMITÉ A.C.I. 211.2

#### 6. Selección de volumen unitario de agua de diseño.

**AGUA DE MEZCLA**

**217 lt/m3**

Tabla 3.2.2.2 Requisitos aproximados de agua para diferentes asentamientos y tamaños máximos nominales de agregados (ACI 211.2-98).

#### 7. Selección de contenido de aire.

**2.50%**

Tabla 3.2.2.2 Contenido de aire de mezcla para diferentes asentamientos y tamaños máximos nominales de agregados (ACI 211.2-98).

#### 8. Selección de la relación agua-cemento por resistencia y por durabilidad.

Tabla 3.2.2.4 Volumen de agregado grueso por unidad de volumen de concreto (ACI 211.2-98).

| Volumen unitario de agua | a/c por resistencia | a/c por durabilidad | Maxima a/c |
|--------------------------|---------------------|---------------------|------------|
| 217 lt/m3                | 0.55                | Solo casos severos  | 0.55       |

## B.1. AGREGADO VOLCÁNICO ROJO CERRO ACUCHIMAY

### DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO LIVIANO CON AGREGADO LIVIANO

**PROYECTO :** TESIS: "PROPIEDADES FÍSICAS Y MECANICAS DE LA ROCA VOLCANICA DEL CERRO ACUCHIMAY PARA EL DISEÑO DE CONCRETO LIVIANO"

|  |                                     |
|--|-------------------------------------|
| <b>SOLICITUD :</b> BACH. CARLOS EDUARDO VENTURA AYALA    | <b>REGION :</b> AYACUCHO            |
| <b>CANTERA :</b> CERRO ACUCHIMAY                         | <b>PROVINCIA :</b> HUAMANGA         |
| <b>MATERIAL :</b> AGREGADO GRUESO Y AGREGADO FINO TIPO I | <b>DISTRITO :</b> SAN JUAN BAUTISTA |
| <b>FECHA :</b> AGOSTO 2015                               | <b>LUGAR :</b> CERRO ACUCHIMAY      |

**9. Determinación del Factor Cemento.**

$$\text{Factor cemento} = \frac{\text{Volumen unitario de de agua}}{\text{Relacion agua cemento}} = 394 \text{ kg/m}^3 = 9.3 \text{ bolsas/m}^3$$

**10. Contenido de agregado grueso.**

Para determinar el contenido de agregado grueso, empleando el Método del Comité 211 del ACI, se debe entrar a la Tabla 16.2.2 (Diseño de Mezcla - Rivva López Enrique)

$$b/bo = 0.57$$

$$\text{Peso del agregado grueso} = b/bo \times \text{PUSC} = 558.45 \text{ kg/m}^3$$

**11. Calculo de volúmenes absolutos.**

Volumen absoluto de:

|                                    |                            |
|------------------------------------|----------------------------|
| - Cemento .....                    | = 0.127 m <sup>3</sup>     |
| - Agua .....                       | = 0.217 m <sup>3</sup>     |
| - Aire .....                       | = 0.025 m <sup>3</sup>     |
| - Agregado grueso .....            | = 0.299 m <sup>3</sup>     |
| <b>Suma de volúmenes conocidos</b> | <b>0.667 m<sup>3</sup></b> |

**12. Contenido de agregado fino**

$$\text{Volumen absoluto de agregado fino} = 1 - 0.667 = 0.333 \text{ m}^3$$

$$\text{Peso del agregado fino seco} = 665 \text{ kg/m}^3$$

**13. Valores de diseño**

Las cantidades de materiales a ser empleadas como valores de diseño seran:

|                              |                            |
|------------------------------|----------------------------|
| - Cemento .....              | = 394.19 kg/m <sup>3</sup> |
| - Agua .....                 | = 217.00 lt/m <sup>3</sup> |
| - Agregado fino seco .....   | = 665.23 kg/m <sup>3</sup> |
| - Agregado grueso seco ..... | = 558.45 kg/m <sup>3</sup> |

**14. Correccion por humedad del agregado**

Las proporciones de los materiales que integran la unidad cubica de concreto debe ser corregida en funcion de las condiciones de humedad de los agregados fino y grueso, afin de obtener los valores a ser utilizados en obra.

Peso húmedo del:

|                         |                         |
|-------------------------|-------------------------|
| - Agregado fino .....   | = 691 kg/m <sup>3</sup> |
| - Agregado grueso ..... | = 576 kg/m <sup>3</sup> |

A continuación determinamos la humedad superficial del agregado:

Humedad superficial del:

|                         |         |
|-------------------------|---------|
| - Agregado fino .....   | -9.83 % |
| - Agregado grueso ..... | -6.16 % |

Y los aportes de los agregados seran:

Aporte de humedad del:

|   |                              |
|---|------------------------------|
| - Agregado fino .....                     | -65.39 lt/m <sup>3</sup>     |
| - Agregado grueso .....                   | -34 lt/m <sup>3</sup>        |
| <b>Aporte de humedad de los agregados</b> | <b>-100 lt/m<sup>3</sup></b> |
| <b>Agua efectiva</b>                      | <b>317 lt/m<sup>3</sup></b>  |

Y los pesos de los materiales, ya corregidos por humedad del agregado a ser empleados en las mezclas de prueba, seran:

|                                |                            |
|--------------------------------|----------------------------|
| - Cemento .....                | = 394.19 kg/m <sup>3</sup> |
| - Agua .....                   | = 316.79 lt/m <sup>3</sup> |
| - Agregado fino humedo .....   | = 690.57 kg/m <sup>3</sup> |
| - Agregado grueso humedo ..... | = 576.27 kg/m <sup>3</sup> |

## B.1. AGREGADO VOLCÁNICO ROJO CERRO ACUCHIMAY

### DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO LIVIANO CON AGREGADO LIVIANO

**PROYECTO** : TESIS: "PROPIEDADES FÍSICAS Y MECANICAS DE LA ROCA VOLCANICA DEL CERRO ACUCHIMAY PARA EL DISEÑO DE CONCRETO LIVIANO"

**SOLICITUD** : BACH. CARLOS EDUARDO VENTURA AYALA

**REGION** : AYACUCHO

**CANTERA** : CERRO ACUCHIMAY

**PROVINCIA** : HUAMANGA

**MATERIAL** : AGREGADO GRUESO Y AGREGADO FINO TIPO I

**DISTRITO** : SAN JUAN BAUTISTA

**FECHA** : AGOSTO 2015

**LUGAR** : CERRO ACUCHIMAY

#### 15. Proporción en peso

La proporción en peso de los materiales sin corregir, y ya corregida por humedad del agregado serán:

**Peso seco**

| Cemento | A. Fino | A. Grueso | Agua         |
|---------|---------|-----------|--------------|
| 1.00    | 1.69    | 1.42      | 23,4 lt/saco |

**Peso húmedo**

| Cemento | A. Fino | A. Grueso | Agua         |
|---------|---------|-----------|--------------|
| 1.00    | 1.75    | 1.46      | 34.2 lt/saco |

Relacion agua-cemento de diseño = 0.55

Relacion agua-cemento efectiva = 0.80

#### 16. Pesos por tanda de un saco

Para conocer la cantidad de materiales que se necesitan en una tanda de un saco, es necesario multiplicar de un saco de cemento la proporción en peso, ya corregida por humedad del agregado, por el de un saco de cemento.

- Cemento ..... = 42.50 kg/m<sup>3</sup>
- Agua ..... = 34.16 lt/m<sup>3</sup>
- Agregado fino humedo ..... = 74.46 kg/m<sup>3</sup>
- Agregado grueso humedo ..... = 62.13 kg/m<sup>3</sup>

### 3. METODO DE MODULO DE FINEZA

#### 10. Cálculo de volúmenes absolutos de la pasta

Volumen absoluto de:

- Cemento ..... = 0.124 m<sup>3</sup>
  - Agua ..... = 0.216 m<sup>3</sup>
  - Aire ..... = 0.025 m<sup>3</sup>
- Volumen absoluto de la pasta      **0.365 m<sup>3</sup>**

#### 11. Volumen absoluto del agregado

Volumen absoluto del agregado = 1 - 0.365 = 0.635 m<sup>3</sup>

#### 12. Cálculo del módulo de fineza de la combinación de agregados

Tabla 16.3.10 (Diseño de Mezcla - Rivva López Enrique)

Módulo de fineza de la combinación de agregado      m = 4.70

#### 13. Cálculo del valor de

$$r_r = \frac{m_g - m}{m_g - m_r} \times 100 \quad r_r = 61.88 \%$$

$r_r$  = Porcentaje de agregado fino en relación al volumen absoluto total del agregado

$m_g$  = Módulo de fineza del agregado grueso

$m_r$  = Módulo de fineza del agregado fino

$m$  = Módulo de fineza de la combinación del agregado

#### 14. Cálculo de volúmenes absolutos del agregado

- Volumen absoluto del agregado fino ..... = 0.393 m<sup>3</sup>
- Volumen absoluto del agregado grueso ..... = 0.242 m<sup>3</sup>

#### 15. Pesos secos de los agregados

- Agregado fino ..... = 785 kg/m<sup>3</sup>
- Agregado grueso ..... = 452 kg/m<sup>3</sup>



## B.1. AGREGADO VOLCÁNICO ROJO CERRO ACUCHIMAY

### DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO LIVIANO CON AGREGADO LIVIANO

**PROYECTO :** TESIS: "PROPIEDADES FÍSICAS Y MECANICAS DE LA ROCA VOLCANICA DEL CERRO ACUCHIMAY PARA EL DISEÑO DE CONCRETO LIVIANO"  
**SOLICITUD :** BACH. CARLOS EDUARDO VENTURA AYALA      **REGION :** AYACUCHO  
**CANTERA :** CERRO ACUCHIMAY      **PROVINCIA :** HUAMANGA  
**MATERIAL :** AGREGADO GRUESO Y AGREGADO FINO TIPO I      **DISTRITO :** SAN JUAN BAUTISTA  
**FECHA :** AGOSTO 2015      **LUGAR :** CERRO ACUCHIMAY

#### PESO HUMEDO POR TANDA DE UN BOLSA DE CEMENTO (C : AF : AG : AGUA lt/bolsa)

|             | f'c (kg/cm <sup>2</sup> ) | a/c  | CEMENTO (kg/saco) | AGREGADO FINO (kg/saco) | AGREGADO GRUESO (kg/m <sup>3</sup> ) | AGUA EFECTIVA (lt/bolsa) |
|-------------|---------------------------|------|-------------------|-------------------------|--------------------------------------|--------------------------|
| Durabilidad |                           | 0.45 | 42.50             | 63.99                   | 43.84                                | 27.80                    |
|             |                           | 0.50 | 42.50             | 74.25                   | 48.71                                | 31.19                    |
|             | 280                       | 0.47 | 42.50             | 67.27                   | 45.40                                | 28.89                    |
| Resistencia | 245                       | 0.51 | 42.50             | 76.18                   | 49.62                                | 31.83                    |
|             | 210                       | 0.56 | 42.50             | 86.24                   | 54.40                                | 35.15                    |
|             | 175                       | 0.63 | 42.50             | 100.52                  | 61.18                                | 39.86                    |
|             | 140                       | 0.68 | 42.50             | 112.02                  | 66.63                                | 43.65                    |

#### RESUMEN DE DOSIFICACIÓN METODO ACI 211.2

|             | f'c (kg/cm <sup>2</sup> ) | f'cr (kg/cm <sup>2</sup> ) | a/c  | VOLUMEN UNITARIO DE AGUA (lt/m <sup>3</sup> ) | CEMENTO (lt/m <sup>3</sup> ) | FACTOR CEMENTO (kg/m <sup>3</sup> ) | VOLUMEN ABSOLUTO CEMENTO (m <sup>3</sup> ) |
|-------------|---------------------------|----------------------------|------|---|------------------------------|-------------------------------------|--|
| Durabilidad |                           |                            | 0.45 | 217.00  | 11.35                        | 482.22                              | 0.1551                                     |
|             |                           |                            | 0.50 | 217.00  | 10.21                        | 434.00                              | 0.1395                                     |
|             | 280                       | 364                        | 0.46 | 217.00  | 11.15                        | 473.80                              | 0.1523                                     |
| Resistencia | 245                       | 329                        | 0.50 | 217.00  | 10.21                        | 434.00                              | 0.1395                                     |
|             | 210                       | 294                        | 0.55 | 217.00  | 9.27                         | 394.19                              | 0.1267                                     |
|             | 175                       | 245                        | 0.63 | 217.00  | 8.16                         | 346.98                              | 0.1116                                     |
|             | 140                       | 210                        | 0.68 | 217.00  | 7.47                         | 317.53                              | 0.1021                                     |

| f'c (kg/cm <sup>2</sup> ) | "h/bo" ACI 211.2 | PORCENTAJE AGREGADO FINO (%) | PORCENTAJE AGREGADO GRUESO (%) | VOLUMEN AGREGADO FINO (m <sup>3</sup> ) | VOLUMEN AGREGADO GRUESO (m <sup>3</sup> ) | AGREGADO FINO (kg/m <sup>3</sup> ) | AGREGADO GRUESO (kg/m <sup>3</sup> ) |
|---------------------------|------------------|------------------------------|--------------------------------|---|---|------------------------------------|--------------------------------------|
| a/c = 0.45                | 0.57             | 50.47                        | 49.53                          | 0.304                                   | 0.299                                     | 608.61                             | 558.45                               |
| a/c = 0.50                | 0.57             | 51.71                        | 48.29                          | 0.320                                   | 0.299                                     | 639.63                             | 558.45                               |
| 280                       | 0.57             | 50.69                        | 49.31                          | 0.307                                   | 0.299                                     | 614.03                             | 558.45                               |
| 245                       | 0.57             | 51.71                        | 48.29                          | 0.320                                   | 0.299                                     | 639.63                             | 558.45                               |
| 210                       | 0.57             | 52.69                        | 47.31                          | 0.333                                   | 0.299                                     | 665.23                             | 558.45                               |
| 175                       | 0.57             | 53.80                        | 46.20                          | 0.348                                   | 0.299                                     | 695.59                             | 558.45                               |
| 140                       | 0.57             | 54.47                        | 45.53                          | 0.357                                   | 0.299                                     | 714.53                             | 558.45                               |

#### PESO kg DE MATERIALES SECO POR m<sup>3</sup> DE CONCRETO

|             | f'c (kg/cm <sup>2</sup> ) | a/c  | CEMENTO (kg/m <sup>3</sup> ) | AGREGADO FINO (kg/m <sup>3</sup> ) | AGREGADO GRUESO (kg/m <sup>3</sup> ) | AGUA (lt/m <sup>3</sup> ) | PESO TOTAL (kg/m <sup>3</sup> ) |
|-------------|---------------------------|------|------------------------------|------------------------------------|--------------------------------------|---------------------------|---------------------------------|
| Durabilidad |                           | 0.45 | 482.22                       | 608.61                             | 558.45                               | 217.00                    | 1866.29                         |
|             |                           | 0.50 | 434.00                       | 639.63                             | 558.45                               | 217.00                    | 1849.08                         |
|             | 280                       | 0.46 | 473.80                       | 614.03                             | 558.45                               | 217.00                    | 1863.28                         |
| Resistencia | 245                       | 0.50 | 434.00                       | 639.63                             | 558.45                               | 217.00                    | 1849.08                         |
|             | 210                       | 0.55 | 394.19                       | 665.23                             | 558.45                               | 217.00                    | 1834.87                         |
|             | 175                       | 0.63 | 346.98                       | 695.59                             | 558.45                               | 217.00                    | 1818.02                         |
|             | 140                       | 0.68 | 317.53                       | 714.53                             | 558.45                               | 217.00                    | 1807.51                         |

## B.1. AGREGADO VOLCÁNICO ROJO CERRO ACUCHIMAY

### DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO LIVIANO CON AGREGADO LIVIANO

**PROYECTO :** TESIS: "PROPIEDADES FÍSICAS Y MECANICAS DE LA ROCA VOLCANICA DEL CERRO ACUCHIMAY PARA EL DISEÑO DE CONCRETO LIVIANO"

**SOLICITUD :** BACH. CARLOS EDUARDO VENTURA AYALA

**REGION :** AYACUCHO

**CANTERA :** CERRO ACUCHIMAY

**PROVINCIA :** HUAMANGA

**MATERIAL :** AGREGADO GRUESO Y AGREGADO FINO TIPO I

**DISTRITO :** SAN JUAN BAUTISTA

**FECHA :** AGOSTO 2015

**LUGAR :** CERRO ACUCHIMAY

#### 16. Valores de diseño

Las cantidades de materiales, calculadas por el Método del Módulo de Fineza de la combinación de agregados, a ser empleadas como valores de diseño serán:

- Cemento ..... = 386.82 kg/m<sup>3</sup>
- Agua ..... = 216.00 lt/m<sup>3</sup>
- Agregado fino seco ..... = 785.37 kg/m<sup>3</sup>
- Agregado grueso seco ..... = 452.42 kg/m<sup>3</sup>

#### 17. Corrección por humedad del agregado

Peso húmedo del:

- Agregado fino ..... = 815 kg/m<sup>3</sup>
- Agregado grueso ..... = 467 kg/m<sup>3</sup>

A continuación determinamos la humedad superficial del agregado:

Humedad superficial del:

- Agregado fino ..... -9.83 %
- Agregado grueso ..... -6.16 %

Y los aportes de los agregados serán:

Aporte de humedad del:

- Agregado fino ..... -77 lt/m<sup>3</sup>
- Agregado grueso ..... -28 lt/m<sup>3</sup>

Aporte de humedad de los agregados ..... -105 lt/m<sup>3</sup>  
 Agua efectiva ..... 321 lt/m<sup>3</sup>

Y los pesos de los materiales, ya corregidos por humedad del agregado a ser empleados en las mezclas de prueba, serán:

- Cemento ..... = 386.82 kg/m<sup>3</sup>
- Agua ..... = 321.07 lt/m<sup>3</sup>
- Agregado fino húmedo ..... = 815.29 kg/m<sup>3</sup>
- Agregado grueso húmedo ..... = 466.85 kg/m<sup>3</sup>

#### 18. Proporción en peso

La proporción en peso de los materiales sin corregir, y ya corregida por humedad del agregado serán:

**Peso seco**

| Cemento | A. Fino | A. Grueso | Agua         |
|---------|---------|-----------|--------------|
| 1.00    | 2.03    | 1.17      | 23.7 lt/saco |

**Peso húmedo**

| Cemento | A. Fino | A. Grueso | Agua         |
|---------|---------|-----------|--------------|
| 1.00    | 2.11    | 1.21      | 35.3 lt/saco |

Relacion agua-cemento de diseño = 0.56

Relacion agua-cemento efectiva = 0.83

#### 19. Pesos por tanda de un saco

- Cemento ..... = 42.50 kg/m<sup>3</sup>
- Agua ..... = 35.28 lt/m<sup>3</sup>
- Agregado fino húmedo ..... = 89.58 kg/m<sup>3</sup>
- Agregado grueso húmedo ..... = 51.29 kg/m<sup>3</sup>

## B.1. AGREGADO VOLCÁNICO ROJO CERRO ACUCHIMAY

### DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO LIVIANO CON AGREGADO LIVIANO

PROYECTO : TESIS: "PROPIEDADES FISICAS Y MECANICAS DE LA ROCA VOLCANICA DEL CERRO ACUCHIMAY PARA EL DISEÑO DE CONCRETO LIVIANO"

SOLICITUD : BACH. CARLOS EDUARDO VENTURA AYALA      REGION : AYACUCHO  
CANTERA : CERRO ACUCHIMAY      PROVINCIA : HUAMANGA  
MATERIAL : AGREGADO GRUESO Y AGREGADO FINO TIPO I      DISTRITO : SAN JUAN BAUTISTA  
FECHA : AGOSTO 2015      LUGAR : CERRO ACUCHIMAY

#### 4. METODO DEL AGREGADO GLOBAL

##### 10. Contenido de agregado grueso.

Para determinar el contenido de agregado fino y grueso, empleando el Método del Agregado Global, se obtiene del ensayo de % según análisis del Agregado Global y obtener el porcentaje que más se adecue de acuerdo a los límites granulométricos.

% Agregado grueso = 45%  
% Agregado fino = 55%

##### 11. Cálculo de volúmenes absolutos de la pasta

Volumen absoluto de:

- Cemento ..... = 0.124 m<sup>3</sup>  
- Agua ..... = 0.216 m<sup>3</sup>  
- Aire ..... = 0.025 m<sup>3</sup>  
Volumen absoluto de la pasta      **0.365 m<sup>3</sup>**

##### 12. Volumen absoluto del agregado

Volumen absoluto del agregado = 1 - 0.365 = 0.635 m<sup>3</sup>

##### 13. Cálculo de volúmenes absolutos del agregado

- Volumen absoluto del agregado fino ..... = 0.349 m<sup>3</sup>  
- Volumen absoluto del agregado grueso ..... = 0.286 m<sup>3</sup>

##### 14. Pesos secos de los agregados

- Agregado fino ..... = 698 kg/m<sup>3</sup>  
- Agregado grueso ..... = 534 kg/m<sup>3</sup>

##### 15. Valores de diseño

Las cantidades de materiales, calculadas por el Método del Módulo de Fineza de la combinación de agregados, a ser empleadas como valores de diseño serán:

- Cemento ..... = 386.82 kg/m<sup>3</sup>  
- Agua ..... = 216.00 lt/m<sup>3</sup>  
- Agregado fino seco ..... = 698.08 kg/m<sup>3</sup>  
- Agregado grueso seco ..... = 534.03 kg/m<sup>3</sup>

##### 16. Corrección por humedad del agregado

Peso húmedo del:

- Agregado fino ..... = 725 kg/m<sup>3</sup>  
- Agregado grueso ..... = 551 kg/m<sup>3</sup>

A continuación determinamos la humedad superficial del agregado:

Humedad superficial del:

- Agregado fino ..... -9.83 %  
- Agregado grueso ..... -6.16 %

Y los aportes de los agregados serán:

Aporte de humedad del:

- Agregado fino ..... -68.6215  
- Agregado grueso ..... -32.8965  
Aporte de humedad de los agregados      -102 lt/m<sup>3</sup>  
Agua efectiva      318 lt/m<sup>3</sup>

## B.1. AGREGADO VOLCÁNICO ROJO CERRO ACUCHIMAY

### DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO LIVIANO CON AGREGADO LIVIANO

**PROYECTO** : TESIS: "PROPIEDADES FISICAS Y MECANICAS DE LA ROCA VOLCANICA DEL CERRO ACUCHIMAY PARA EL DISEÑO DE CONCRETO LIVIANO"  
**SOLICITUD** : BACH. CARLOS EDUARDO VENTURA AYALA      **REGION** : AYACUCHO  
**CANTERA** : CERRO ACUCHIMAY      **PROVINCIA** : HUAMANGA  
**MATERIAL** : AGREGADO GRUESO Y AGREGADO FINO TIPO I      **DISTRITO** : SAN JUAN BAUTISTA  
**FECHA** : AGOSTO 2015      **LUGAR** : CERRO ACUCHIMAY

Y los pesos de los materiales, ya corregidos por humedad del agregado a ser empleados en las mezclas de prueba, serán:

- Cemento ..... = 386.82 kg/m<sup>3</sup>
- Agua ..... = 317.52 lt/m<sup>3</sup>
- Agregado fino húmedo ..... = 724.68 kg/m<sup>3</sup>
- Agregado grueso húmedo ..... = 551.07 kg/m<sup>3</sup>

#### 17. Proporción en peso

La proporción en peso de los materiales sin corregir, y ya corregida por humedad del agregado serán:

##### Peso seco

| Cemento | A. Fino | A. Grueso | Agua         |
|---------|---------|-----------|--------------|
| 1.00    | 1.80    | 1.38      | 23.7 lt/saco |

##### Peso húmedo

| Cemento | A. Fino | A. Grueso | Agua         |
|---------|---------|-----------|--------------|
| 1.00    | 1.87    | 1.42      | 34.9 lt/saco |

Relacion agua-cemento de diseño = 0.56  
Relacion agua-cemento efectiva = 0.82

#### 18. Pesos por tanda de un saco

- Cemento ..... = 42.50 kg/m<sup>3</sup>
- Agua ..... = 34.89 lt/m<sup>3</sup>
- Agregado fino húmedo ..... = 79.62 kg/m<sup>3</sup>
- Agregado grueso húmedo ..... = 60.55 kg/m<sup>3</sup>

## B.1. AGREGADO VOLCÁNICO ROJO CERRO ACUCHIMAY

### DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO LIVIANO CON AGREGADO LIVIANO

**PROYECTO :** TESIS: "PROPIEDADES FÍSICAS Y MECANICAS DE LA ROCA VOLCANICA DEL CERRO ACUCHIMAY PARA EL DISEÑO DE CONCRETO LIVIANO"

**SOLICITUD :** BACH. CARLOS EDUARDO VENTURA AYALA      **REGION :** AYACUCHO

**CANTERA :** CERRO ACUCHIMAY      **PROVINCIA :** HUAMANGA

**MATERIAL :** AGREGADO GRUESO Y AGREGADO FINO TIPO I      **DISTRITO :** SAN JUAN BAUTISTA

**FECHA :** AGOSTO 2015      **LUGAR :** CERRO ACUCHIMAY

### RESUMEN DE DOSIFICACIÓN METODO ACI 211.1

|             | f'c (kg/cm <sup>2</sup> ) | f'cr (kg/cm <sup>2</sup> ) | a/c  | VOLUMEN UNITARIO DE AGUA (lt/m <sup>3</sup> ) | CEMENTO (lt/m <sup>3</sup> ) | FACTOR CEMENTO (kg/m <sup>3</sup> ) | VOLUMEN ABSOLUTO CEMENTO (m <sup>3</sup> ) |
|-------------|---------------------------|----------------------------|------|---|------------------------------|-------------------------------------|--|
| Durabilidad |                           |                            | 0.45 | 216.00  | 11.29                        | 480.00                              | 0.1543                                     |
|             |                           |                            | 0.50 | 216.00  | 10.16                        | 432.00                              | 0.1389                                     |
|             | 280                       | 364                        | 0.47 | 216.00  | 10.91                        | 463.52                              | 0.1490                                     |
|             | 245                       | 329                        | 0.51 | 216.00  | 9.98                         | 424.03                              | 0.1363                                     |
| Resistencia | 210                       | 294                        | 0.56 | 216.00  | 9.10                         | 386.82                              | 0.1244                                     |
|             | 175                       | 245                        | 0.63 | 216.00  | 8.09                         | 343.95                              | 0.1106                                     |
|             | 140                       | 210                        | 0.68 | 216.00  | 7.43                         | 315.79                              | 0.1015                                     |

| f'c (kg/cm <sup>2</sup> ) | "b/bo" | PORCENTAJE AGREGADO FINO (%) | PORCENTAJE AGREGADO GRUESO (%) | VOLUMEN AGREGADO FINO (m <sup>3</sup> ) | VOLUMEN AGREGADO GRUESO (m <sup>3</sup> ) | AGREGADO FINO (kg/m <sup>3</sup> ) | AGREGADO GRUESO (kg/m <sup>3</sup> ) |
|---------------------------|--------|------------------------------|--------------------------------|---|---|------------------------------------|--------------------------------------|
| a/c = 0.45                | 0.49   | 57.57                        | 42.43                          | 0.348                                   | 0.257                                     | 696.17                             | 479.80                               |
| a/c = 0.50                | 0.49   | 58.62                        | 41.38                          | 0.364                                   | 0.257                                     | 727.03                             | 479.80                               |
| 280                       | 0.49   | 57.94                        | 42.06                          | 0.353                                   | 0.257                                     | 706.77                             | 479.80                               |
| 245                       | 0.49   | 58.79                        | 41.21                          | 0.366                                   | 0.257                                     | 732.16                             | 479.80                               |
| 210                       | 0.49   | 59.57                        | 40.43                          | 0.378                                   | 0.257                                     | 756.09                             | 479.80                               |
| 175                       | 0.49   | 60.43                        | 39.57                          | 0.392                                   | 0.257                                     | 783.66                             | 479.80                               |
| 140                       | 0.49   | 60.97                        | 39.03                          | 0.401                                   | 0.257                                     | 801.77                             | 479.80                               |

#### PESO kg DE MATERIALES SECO POR m<sup>3</sup> DE CONCRETO

|             | f'c (kg/cm <sup>2</sup> ) | a/c  | CEMENTO (kg/m <sup>3</sup> ) | AGREGADO FINO (kg/m <sup>3</sup> ) | AGREGADO GRUESO (kg/m <sup>3</sup> ) | AGUA (lt/m <sup>3</sup> ) | PESO TOTAL (kg/m <sup>3</sup> ) |
|-------------|---------------------------|------|------------------------------|------------------------------------|--------------------------------------|---------------------------|---------------------------------|
| Durabilidad |                           | 0.45 | 480.00                       | 696.17                             | 479.80                               | 216.00                    | 1871.96                         |
|             |                           | 0.50 | 432.00                       | 727.03                             | 479.80                               | 216.00                    | 1854.83                         |
|             | 280                       | 0.47 | 463.52                       | 706.77                             | 479.80                               | 216.00                    | 1866.08                         |
|             | 245                       | 0.51 | 424.03                       | 732.16                             | 479.80                               | 216.00                    | 1851.99                         |
| Resistencia | 210                       | 0.56 | 386.82                       | 756.09                             | 479.80                               | 216.00                    | 1838.71                         |
|             | 175                       | 0.63 | 343.95                       | 783.66                             | 479.80                               | 216.00                    | 1823.41                         |
|             | 140                       | 0.68 | 315.79                       | 801.77                             | 479.80                               | 216.00                    | 1813.35                         |

#### PESO kg DE MATERIALES HUMEDOS POR m<sup>3</sup> DE CONCRETO

|             | f'c (kg/cm <sup>2</sup> ) | a/c  | CEMENTO (kg/m <sup>3</sup> ) | AGREGADO FINO (kg/m <sup>3</sup> ) | AGREGADO GRUESO (kg/m <sup>3</sup> ) | AGUA EFECTIVA (lt/m <sup>3</sup> ) | PESO TOTAL (kg/m <sup>3</sup> ) |
|-------------|---------------------------|------|------------------------------|------------------------------------|--------------------------------------|------------------------------------|---------------------------------|
| Durabilidad |                           | 0.45 | 480.00                       | 722.69                             | 495.10                               | 313.99                             | 2011.78                         |
|             |                           | 0.50 | 432.00                       | 754.73                             | 495.10                               | 317.02                             | 1998.86                         |
|             | 280                       | 0.47 | 463.52                       | 733.69                             | 495.10                               | 315.03                             | 2007.35                         |
|             | 245                       | 0.51 | 424.03                       | 760.06                             | 495.10                               | 317.53                             | 1996.71                         |
| Resistencia | 210                       | 0.56 | 386.82                       | 784.90                             | 495.10                               | 319.88                             | 1986.70                         |
|             | 175                       | 0.63 | 343.95                       | 813.52                             | 495.10                               | 322.59                             | 1975.16                         |
|             | 140                       | 0.68 | 315.79                       | 832.32                             | 495.10                               | 324.37                             | 1967.58                         |

## B.1. AGREGADO VOLCÁNICO ROJO CERRO ACUCHIMAY

### DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO LIVIANO CON AGREGADO LIVIANO

**PROYECTO :** TESIS: "PROPIEDADES FÍSICAS Y MECANICAS DE LA ROCA VOLCANICA DEL CERRO ACUCHIMAY PARA EL DISEÑO DE CONCRETO LIVIANO"  
**SOLICITUD :** BACH. CARLOS EDUARDO VENTURA AYALA      **REGION :** AYACUCHO  
**CANTERA :** CERRO ACUCHIMAY      **PROVINCIA :** HUAMANGA  
**MATERIAL :** AGREGADO GRUESO Y AGREGADO FINO TIPO I      **DISTRITO :** SAN JUAN BAUTISTA  
**FECHA :** AGOSTO 2015      **LUGAR :** CERRO ACUCHIMAY

#### APORTE DE HUMEDAD DE LOS AGREGADOS

| f'c (kg/cm <sup>2</sup> ) | HUMEDAD SUPERFICIAL |                     | APORTE DE HUMEDAD                  |                                      | APORTE DE HUMEDAD DE LOS AGREGADOS (lt/m <sup>3</sup> ) | AGUA (lt/m <sup>3</sup> ) | AGUA EFECTIVA (lt/m <sup>3</sup> ) |
|---------------------------|---------------------|---------------------|------------------------------------|--------------------------------------|---|---------------------------|------------------------------------|
|                           | AGREGADO FINO (%)   | AGREGADO GRUESO (%) | AGREGADO FINO (lt/m <sup>3</sup> ) | AGREGADO GRUESO (lt/m <sup>3</sup> ) |   |                           |                                    |
| a/c = 0.45                | -9.83               | -6.16               | -68.43                             | -29.56                               | -97.99  | 216.00                    | 313.99                             |
| a/c = 0.50                | -9.83               | -6.16               | -71.47                             | -29.56                               | -101.02   | 216.00                    | 317.02                             |
| 280                       | -9.83               | -6.16               | -69.48                             | -29.56                               | -99.03  | 216.00                    | 315.03                             |
| 245                       | -9.83               | -6.16               | -71.97                             | -29.56                               | -101.53   | 216.00                    | 317.53                             |
| 210                       | -9.83               | -6.16               | -74.32                             | -29.56                               | -103.88   | 216.00                    | 319.88                             |
| 175                       | -9.83               | -6.16               | -77.03                             | -29.56                               | -106.59   | 216.00                    | 322.59                             |
| 140                       | -9.83               | -6.16               | -78.81                             | -29.56                               | -108.37   | 216.00                    | 324.37                             |

#### DOSIFICACION EN PESO SECO (C : AF : AG : AGUA lt/bolsa)

|             | f'c (kg/cm <sup>2</sup> ) | a/c  | CEMENTO | AGREGADO FINO | AGREGADO GRUESO | AGUA (lt/bolsa) |
|-------------|---------------------------|------|---------|---------------|-----------------|-----------------|
| Durabilidad |                           | 0.45 | 1.00    | 1.45          | 1.00            | 19.13           |
|             |                           | 0.50 | 1.00    | 1.68          | 1.11            | 21.25           |
|             | 280                       | 0.47 | 1.00    | 1.52          | 1.04            | 19.81           |
| Resistencia | 245                       | 0.51 | 1.00    | 1.73          | 1.13            | 21.65           |
|             | 210                       | 0.56 | 1.00    | 1.95          | 1.24            | 23.73           |
|             | 175                       | 0.63 | 1.00    | 2.28          | 1.39            | 26.69           |
|             | 140                       | 0.68 | 1.00    | 2.54          | 1.52            | 29.07           |

#### PESO SECO POR TANDA DE UN BOLSA DE CEMENTO (C : AF : AG : AGUA lt/bolsa)

|             | f'c (kg/cm <sup>2</sup> ) | a/c  | CEMENTO (kg/saco) | AGREGADO FINO (kg/saco) | AGREGADO GRUESO (kg/m <sup>3</sup> ) | AGUA (lt/bolsa) |
|-------------|---------------------------|------|-------------------|-------------------------|--------------------------------------|-----------------|
| Durabilidad |                           | 0.45 | 42.50             | 61.64                   | 42.48                                | 19.13           |
|             |                           | 0.50 | 42.50             | 71.53                   | 47.20                                | 21.25           |
|             | 280                       | 0.47 | 42.50             | 64.80                   | 43.99                                | 19.81           |
| Resistencia | 245                       | 0.51 | 42.50             | 73.38                   | 48.09                                | 21.65           |
|             | 210                       | 0.56 | 42.50             | 83.07                   | 52.72                                | 23.73           |
|             | 175                       | 0.63 | 42.50             | 96.83                   | 59.29                                | 26.69           |
|             | 140                       | 0.68 | 42.50             | 107.90                  | 64.57                                | 29.07           |

#### DOSIFICACION EN PESO HUMEDO (C : AF : AG : AGUA lt/bolsa)

|             | f'c (kg/cm <sup>2</sup> ) | a/c  | CEMENTO | AGREGADO FINO | AGREGADO GRUESO | AGUA EFECTIVA (lt/bolsa) |
|-------------|---------------------------|------|---------|---------------|-----------------|--------------------------|
| Durabilidad |                           | 0.45 | 1.00    | 1.51          | 1.03            | 27.80                    |
|             |                           | 0.50 | 1.00    | 1.75          | 1.15            | 31.19                    |
|             | 280                       | 0.47 | 1.00    | 1.58          | 1.07            | 28.89                    |
| Resistencia | 245                       | 0.51 | 1.00    | 1.79          | 1.17            | 31.83                    |
|             | 210                       | 0.56 | 1.00    | 2.03          | 1.28            | 35.15                    |
|             | 175                       | 0.63 | 1.00    | 2.37          | 1.44            | 39.86                    |
|             | 140                       | 0.68 | 1.00    | 2.64          | 1.57            | 43.65                    |

## B.1. AGREGADO VOLCÁNICO ROJO CERRO ACUCHIMAY

### DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO LIVIANO CON AGREGADO LIVIANO

**PROYECTO :** TESIS: "PROPIEDADES FISICAS Y MECANICAS DE LA ROCA VOLCANICA DEL CERRO ACUCHIMAY PARA EL DISEÑO DE CONCRETO LIVIANO"  
**SOLICITUD :** BACH. CARLOS EDUARDO VENTURA AYALA      **REGION :** AYACUCHO  
**CANTERA :** CERRO ACUCHIMAY      **PROVINCIA :** HUAMANGA  
**MATERIAL :** AGREGADO GRUESO Y AGREGADO FINO TIPO I      **DISTRITO :** SAN JUAN BAUTISTA  
**FECHA :** AGOSTO 2015      **LUGAR :** CERRO ACUCHIMAY

#### PESO kg DE MATERIALES HUMEDOS POR m<sup>3</sup> DE CONCRETO

|             | f'c (kg/cm <sup>2</sup> ) | a/c  | CEMENTO (kg/m <sup>3</sup> ) | AGREGADO FINO (kg/m <sup>3</sup> ) | AGREGADO GRUESO (kg/m <sup>3</sup> ) | AGUA EFECTIVA (lt/m <sup>3</sup> ) | PESO TOTAL (kg/m <sup>3</sup> ) |
|-------------|---------------------------|------|------------------------------|------------------------------------|--------------------------------------|------------------------------------|---------------------------------|
| Durabilidad |                           | 0.45 | 482.22                       | 631.80                             | 576.27                               | 311.23                             | 2001.52                         |
|             |                           | 0.50 | 434.00                       | 664.00                             | 576.27                               | 314.28                             | 1988.54                         |
|             | 280                       | 0.46 | 473.80                       | 637.43                             | 576.27                               | 311.76                             | 1999.25                         |
|             | 245                       | 0.50 | 434.00                       | 664.00                             | 576.27                               | 314.28                             | 1988.54                         |
| Resistencia | 210                       | 0.55 | 394.19                       | 690.57                             | 576.27                               | 316.79                             | 1977.82                         |
|             | 175                       | 0.63 | 346.98                       | 722.09                             | 576.27                               | 319.78                             | 1965.11                         |
|             | 140                       | 0.68 | 317.53                       | 741.75                             | 576.27                               | 321.64                             | 1957.18                         |

#### APORTE DE HUMEDAD DE LOS AGREGADOS

| f'c (kg/cm <sup>2</sup> ) | HUMEDAD SUPERFICIAL |                     | APORTE DE HUMEDAD                  |                                      | APORTE DE HUMEDAD DE LOS AGREGADOS (lt/m <sup>3</sup> ) | AGUA (lt/m <sup>3</sup> ) | AGUA EFECTIVA (lt/m <sup>3</sup> ) |
|---------------------------|---------------------|---------------------|------------------------------------|--------------------------------------|---|---------------------------|------------------------------------|
|                           | AGREGADO FINO (%)   | AGREGADO GRUESO (%) | AGREGADO FINO (lt/m <sup>3</sup> ) | AGREGADO GRUESO (lt/m <sup>3</sup> ) |   |                           |                                    |
| a/c = 0.45                | -9.83               | -6.16               | -59.83                             | -34.40                               | -94.23  | 217.00                    | 311.23                             |
| a/c = 0.50                | -9.83               | -6.16               | -62.88                             | -34.40                               | -97.28  | 217.00                    | 314.28                             |
| 280                       | -9.83               | -6.16               | -60.36                             | -34.40                               | -94.76  | 217.00                    | 311.76                             |
| 245                       | -9.83               | -6.16               | -62.88                             | -34.40                               | -97.28  | 217.00                    | 314.28                             |
| 210                       | -9.83               | -6.16               | -65.39                             | -34.40                               | -99.79  | 217.00                    | 316.79                             |
| 175                       | -9.83               | -6.16               | -68.38                             | -34.40                               | -102.78   | 217.00                    | 319.78                             |
| 140                       | -9.83               | -6.16               | -70.24                             | -34.40                               | -104.64   | 217.00                    | 321.64                             |

#### DOSIFICACION EN PESO SECO (C : AF : AG : AGUA lt/bolsa)

|             | f'c (kg/cm <sup>2</sup> ) | a/c  | CEMENTO | AGREGADO FINO | AGREGADO GRUESO | AGUA (lt/bolsa) |
|-------------|---------------------------|------|---------|---------------|-----------------|-----------------|
| Durabilidad |                           | 0.45 | 1.00    | 1.26          | 1.16            | 19.13           |
|             |                           | 0.50 | 1.00    | 1.47          | 1.29            | 21.25           |
|             | 280                       | 0.46 | 1.00    | 1.30          | 1.18            | 19.47           |
|             | 245                       | 0.50 | 1.00    | 1.47          | 1.29            | 21.25           |
| Resistencia | 210                       | 0.55 | 1.00    | 1.69          | 1.42            | 23.40           |
|             | 175                       | 0.63 | 1.00    | 2.00          | 1.61            | 26.58           |
|             | 140                       | 0.68 | 1.00    | 2.25          | 1.76            | 29.04           |

#### PESO SECO POR TANDA DE UN BOLSA DE CEMENTO (C : AF : AG : AGUA lt/bolsa)

|             | f'c (kg/cm <sup>2</sup> ) | a/c  | CEMENTO (kg/saco) | AGREGADO FINO (kg/saco) | AGREGADO GRUESO (kg/m <sup>3</sup> ) | AGUA (lt/bolsa) |
|-------------|---------------------------|------|-------------------|-------------------------|--------------------------------------|-----------------|
| Durabilidad |                           | 0.45 | 42.50             | 53.64                   | 49.22                                | 19.13           |
|             |                           | 0.50 | 42.50             | 62.64                   | 54.69                                | 21.25           |
|             | 280                       | 0.46 | 42.50             | 55.08                   | 50.09                                | 19.47           |
|             | 245                       | 0.50 | 42.50             | 62.64                   | 54.69                                | 21.25           |
| Resistencia | 210                       | 0.55 | 42.50             | 71.72                   | 60.21                                | 23.40           |
|             | 175                       | 0.63 | 42.50             | 85.20                   | 68.40                                | 26.58           |
|             | 140                       | 0.68 | 42.50             | 95.64                   | 74.75                                | 29.04           |

## B.1. AGREGADO VOLCÁNICO ROJO CERRO ACUCHIMAY

### DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO LIVIANO CON AGREGADO LIVIANO

**PROYECTO :** TESIS: "PROPIEDADES FISICAS Y MECANICAS DE LA ROCA VOLCANICA DEL CERRO ACUCHIMAY PARA EL DISEÑO DE CONCRETO LIVIANO"  
**SOLICITUD :** BACH. CARLOS EDUARDO VENTURA AYALA      **REGION :** AYACUCHO  
**CANTERA :** CERRO ACUCHIMAY      **PROVINCIA :** HUAMANGA  
**MATERIAL :** AGREGADO GRUESO Y AGREGADO FINO TIPO I      **DISTRITO :** SAN JUAN BAUTISTA  
**FECHA :** AGOSTO 2015      **LUGAR :** CERRO ACUCHIMAY

#### DOSIFICACION EN PESO HUMEDO (C : AF : AG : AGUA lt/bolsa)

|             | f'c (kg/cm <sup>2</sup> ) | a/c  | CEMENTO | AGREGADO FINO | AGREGADO GRUESO | AGUA EFECTIVA (lt/bolsa) |
|-------------|---------------------------|------|---------|---------------|-----------------|--------------------------|
| Durabilidad |                           | 0.45 | 1.00    | 1.31          | 1.20            | 27.43                    |
|             |                           | 0.50 | 1.00    | 1.53          | 1.33            | 30.78                    |
|             | 280                       | 0.46 | 1.00    | 1.35          | 1.22            | 27.97                    |
| Resistencia | 245                       | 0.50 | 1.00    | 1.53          | 1.33            | 30.78                    |
|             | 210                       | 0.55 | 1.00    | 1.75          | 1.46            | 34.16                    |
|             | 175                       | 0.63 | 1.00    | 2.08          | 1.66            | 39.17                    |
|             | 140                       | 0.68 | 1.00    | 2.34          | 1.81            | 43.05                    |

#### PESO HUMEDO POR TANDA DE UN BOLSA DE CEMENTO (C : AF : AG : AGUA lt/bolsa)

|             | f'c (kg/cm <sup>2</sup> ) | a/c  | CEMENTO (kg/saco) | AGREGADO FINO (kg/saco) | AGREGADO GRUESO (kg/m <sup>3</sup> ) | AGUA EFECTIVA (lt/bolsa) |
|-------------|---------------------------|------|-------------------|-------------------------|--------------------------------------|--------------------------|
| Durabilidad |                           | 0.45 | 42.50             | 55.68                   | 50.79                                | 27.43                    |
|             |                           | 0.50 | 42.50             | 65.02                   | 56.43                                | 30.78                    |
|             | 280                       | 0.46 | 42.50             | 57.18                   | 51.69                                | 27.97                    |
| Resistencia | 245                       | 0.50 | 42.50             | 65.02                   | 56.43                                | 30.78                    |
|             | 210                       | 0.55 | 42.50             | 74.46                   | 62.13                                | 34.16                    |
|             | 175                       | 0.63 | 42.50             | 88.45                   | 70.58                                | 39.17                    |
|             | 140                       | 0.68 | 42.50             | 99.28                   | 77.13                                | 43.05                    |

#### RESUMEN DE DOSIFICACIÓN METODO DE MODULO DE FINEZA

|             | f'c (kg/cm <sup>2</sup> ) | f'er (kg/cm <sup>2</sup> ) | a/c  | VOLUMEN UNITARIO DE AGUA (lt/m <sup>3</sup> ) | CEMENTO (bl/m <sup>3</sup> ) | FACTOR CEMENTO (kg/m <sup>3</sup> ) | VOLUMEN ABSOLUTO CEMENTO (m <sup>3</sup> ) |
|-------------|---------------------------|----------------------------|------|---|------------------------------|-------------------------------------|--|
| Durabilidad |                           |                            | 0.45 | 216.00  | 11.29                        | 480.00                              | 0.1543                                     |
|             |                           |                            | 0.50 | 216.00  | 10.16                        | 432.00                              | 0.1389                                     |
|             | 280                       | 364                        | 0.47 | 216.00  | 10.91                        | 463.52                              | 0.1490                                     |
| Resistencia | 245                       | 329                        | 0.51 | 216.00  | 9.98                         | 424.03                              | 0.1363                                     |
|             | 210                       | 294                        | 0.56 | 216.00  | 9.10                         | 386.82                              | 0.1244                                     |
|             | 175                       | 245                        | 0.63 | 216.00  | 8.09                         | 343.95                              | 0.1106                                     |
|             | 140                       | 210                        | 0.68 | 216.00  | 7.43                         | 315.79                              | 0.1015                                     |

#### MODULO DE FINEZA DE COMBINACION DE AGREGADOS "m"

| f'c (kg/cm <sup>2</sup> ) | "m"  | PORCENTAJE AGREGADO FINO (%) | PORCENTAJE AGREGADO GRUESO (%) | VOLUMEN AGREGADO FINO (m <sup>3</sup> ) | VOLUMEN AGREGADO GRUESO (m <sup>3</sup> ) | AGREGADO FINO (kg/m <sup>3</sup> ) | AGREGADO GRUESO (kg/m <sup>3</sup> ) |
|---------------------------|------|------------------------------|--------------------------------|---|---|------------------------------------|--------------------------------------|
| a/c = 0.45                | 4.82 | 58.23                        | 41.77                          | 0.352                                   | 0.253                                     | 704.14                             | 472.34                               |
| a/c = 0.50                | 4.77 | 59.61                        | 40.39                          | 0.370                                   | 0.250                                     | 739.23                             | 468.39                               |
| 280                       | 4.83 | 57.84                        | 42.16                          | 0.353                                   | 0.257                                     | 705.55                             | 480.94                               |
| 245                       | 4.76 | 60.05                        | 39.95                          | 0.374                                   | 0.249                                     | 747.78                             | 465.19                               |
| 210                       | 4.70 | 61.88                        | 38.12                          | 0.393                                   | 0.242                                     | 785.37                             | 452.42                               |
| 175                       | 4.62 | 64.26                        | 35.74                          | 0.417                                   | 0.232                                     | 833.28                             | 433.41                               |
| 140                       | 4.57 | 65.67                        | 34.33                          | 0.432                                   | 0.226                                     | 863.48                             | 422.10                               |



## B.1. AGREGADO VOLCÁNICO ROJO CERRO ACUCHIMAY

### DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO LIVIANO CON AGREGADO LIVIANO

**PROYECTO :** TESIS: "PROPIEDADES FISICAS Y MECANICAS DE LA ROCA VOLCANICA DEL CERRO ACUCHIMAY PARA EL DISEÑO DE CONCRETO LIVIANO"  
**SOLICITUD :** BACH. CARLOS EDUARDO VENTURA AYALA      **REGION :** AYACUCHO  
**CANTERA :** CERRO ACUCHIMAY      **PROVINCIA :** HUAMANGA  
**MATERIAL :** AGREGADO GRUESO Y AGREGADO FINO TIPO I      **DISTRITO :** SAN JUAN BAUTISTA  
**FECHA :** AGOSTO 2015      **LUGAR :** CERRO ACUCHIMAY

#### PESO kg DE MATERIALES SECO POR m3 DE CONCRETO

| f'c (kg/cm <sup>2</sup> ) | a/c  | CEMENTO (kg/m <sup>3</sup> ) | AGREGADO FINO (kg/m <sup>3</sup> ) | AGREGADO GRUESO (kg/m <sup>3</sup> ) | AGUA (lt/m <sup>3</sup> ) | TOTAL (kg/m <sup>3</sup> ) |
|---------------------------|------|------------------------------|------------------------------------|--------------------------------------|---------------------------|----------------------------|
|                           | 0.45 | 480.00                       | 704.14                             | 472.34                               | 216.00                    | 1872.48                    |
|                           | 0.50 | 432.00                       | 739.23                             | 468.39                               | 216.00                    | 1855.62                    |
| 280                       | 0.47 | 463.52                       | 705.55                             | 480.94                               | 216.00                    | 1866.00                    |
| 245                       | 0.51 | 424.03                       | 747.78                             | 465.19                               | 216.00                    | 1853.00                    |
| 210                       | 0.56 | 386.82                       | 785.37                             | 452.42                               | 216.00                    | 1840.61                    |
| 175                       | 0.63 | 343.95                       | 833.28                             | 433.41                               | 216.00                    | 1826.63                    |
| 140                       | 0.68 | 315.79                       | 863.48                             | 422.10                               | 216.00                    | 1817.37                    |

#### PESO kg DE MATERIALES HUMEDOS POR m3 DE CONCRETO

| f'c (kg/cm <sup>2</sup> ) | a/c  | CEMENTO (kg/m <sup>3</sup> ) | AGREGADO FINO (kg/m <sup>3</sup> ) | AGREGADO GRUESO (kg/m <sup>3</sup> ) | AGUA EFECTIVA (lt/m <sup>3</sup> ) | TOTAL (kg/m <sup>3</sup> ) |
|---------------------------|------|------------------------------|------------------------------------|--------------------------------------|------------------------------------|----------------------------|
| Durabilidad               | 0.45 | 480.00                       | 730.97                             | 487.41                               | 314.31                             | 2012.69                    |
|                           | 0.50 | 432.00                       | 767.40                             | 483.33                               | 317.52                             | 2000.25                    |
|                           | 280  | 0.47                         | 463.52                             | 732.43                               | 496.28                             | 2007.21                    |
|                           | 245  | 0.51                         | 424.03                             | 776.27                               | 480.03                             | 1998.49                    |
| Resistencia               | 210  | 0.56                         | 386.82                             | 815.29                               | 321.07                             | 1990.04                    |
|                           | 175  | 0.63                         | 343.95                             | 865.02                               | 324.61                             | 1980.81                    |
|                           | 140  | 0.68                         | 315.79                             | 896.38                               | 326.88                             | 1974.61                    |

#### APORTE DE HUMEDAD DE LOS AGREGADOS

| f'c (kg/cm <sup>2</sup> ) | HUMEDAD SUPERFICIAL |                     | APORTE DE HUMEDAD                  |                                      | APORTE DE HUMEDAD DE LOS AGREGADOS (lt/m <sup>3</sup> ) | AGUA (lt/m <sup>3</sup> ) | AGUA EFECTIVA (lt/m <sup>3</sup> ) |
|---------------------------|---------------------|---------------------|------------------------------------|--------------------------------------|---|---------------------------|------------------------------------|
|                           | AGREGADO FINO (%)   | AGREGADO GRUESO (%) | AGREGADO FINO (lt/m <sup>3</sup> ) | AGREGADO GRUESO (lt/m <sup>3</sup> ) |   |                           |                                    |
| a/c = 0.45                | -9.83               | -6.16               | -69.22                             | -29.10                               | -98.31  | 216.00                    | 314.31                             |
| a/c = 0.50                | -9.83               | -6.16               | -72.67                             | -28.85                               | -101.52   | 216.00                    | 317.52                             |
| 280                       | -9.83               | -6.16               | -69.36                             | -29.63                               | -98.98  | 216.00                    | 314.98                             |
| 245                       | -9.83               | -6.16               | -73.51                             | -28.66                               | -102.16   | 216.00                    | 318.16                             |
| 210                       | -9.83               | -6.16               | -77.20                             | -27.87                               | -105.07   | 216.00                    | 321.07                             |
| 175                       | -9.83               | -6.16               | -81.91                             | -26.70                               | -108.61   | 216.00                    | 324.61                             |
| 140                       | -9.83               | -6.16               | -84.88                             | -26.00                               | -110.88   | 216.00                    | 326.88                             |

#### DOSIFICACION EN PESO SECO (C : AF : AG : AGUA lt/bolsa)

| f'c (kg/cm <sup>2</sup> ) | a/c  | CEMENTO | AGREGADO FINO | AGREGADO GRUESO | AGUA (lt/bolsa) |       |
|---------------------------|------|---------|---------------|-----------------|-----------------|-------|
| Durabilidad               | 0.45 | 1.00    | 1.47          | 0.98            | 19.13           |       |
|                           | 0.50 | 1.00    | 1.71          | 1.08            | 21.25           |       |
|                           | 280  | 0.47    | 1.00          | 1.52            | 1.04            | 19.81 |
|                           | 245  | 0.51    | 1.00          | 1.76            | 1.10            | 21.65 |
| Resistencia               | 210  | 0.56    | 1.00          | 2.03            | 23.73           |       |
|                           | 175  | 0.63    | 1.00          | 2.42            | 26.69           |       |
|                           | 140  | 0.68    | 1.00          | 2.73            | 29.07           |       |

## B.1. AGREGADO VOLCÁNICO ROJO CERRO ACUCHIMAY

### DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO LIVIANO CON AGREGADO LIVIANO

**PROYECTO :** TESIS: "PROPIEDADES FISICAS Y MECANICAS DE LA ROCA VOLCANICA DEL CERRO ACUCHIMAY PARA EL DISEÑO DE CONCRETO LIVIANO"  
**SOLICITUD :** BACH. CARLOS EDUARDO VENTURA AYALA      **REGION :** AYACUCHO  
**CANTERA :** CERRO ACUCHIMAY      **PROVINCIA :** HUAMANGA  
**MATERIAL :** AGREGADO GRUESO Y AGREGADO FINO TIPO I      **DISTRITO :** SAN JUAN BAUTISTA  
**FECHA :** AGOSTO 2015      **LUGAR :** CERRO ACUCHIMAY

#### PESO SECO POR TANDA DE UN BOLSA DE CEMENTO (C : AF : AG : AGUA lt/bolsa)

|             | f'c (kg/cm <sup>2</sup> ) | a/c  | CEMENTO (kg/saco) | AGREGADO FINO (kg/saco) | AGREGADO GRUESO (kg/m <sup>3</sup> ) | AGUA (lt/bolsa) |
|-------------|---------------------------|------|-------------------|-------------------------|--------------------------------------|-----------------|
| Durabilidad |                           | 0.45 | 42.50             | 62.35                   | 41.82                                | 19.13           |
|             |                           | 0.50 | 42.50             | 72.73                   | 46.08                                | 21.25           |
|             | 280                       | 0.47 | 42.50             | 64.69                   | 44.10                                | 19.81           |
| Resistencia | 245                       | 0.51 | 42.50             | 74.95                   | 46.63                                | 21.65           |
|             | 210                       | 0.56 | 42.50             | 86.29                   | 49.71                                | 23.73           |
|             | 175                       | 0.63 | 42.50             | 102.96                  | 53.55                                | 26.69           |
|             | 140                       | 0.68 | 42.50             | 116.21                  | 56.81                                | 29.07           |

#### DOSIFICACION EN PESO HUMEDO (C : AF : AG : AGUA lt/bolsa)

|             | f'c (kg/cm <sup>2</sup> ) | a/c  | CEMENTO | AGREGADO FINO | AGREGADO GRUESO | AGUA EFECTIVA (lt/bolsa) |
|-------------|---------------------------|------|---------|---------------|-----------------|--------------------------|
| Durabilidad |                           | 0.45 | 1.00    | 1.52          | 1.02            | 27.83                    |
|             |                           | 0.50 | 1.00    | 1.78          | 1.12            | 31.24                    |
|             | 280                       | 0.47 | 1.00    | 1.58          | 1.07            | 28.88                    |
| Resistencia | 245                       | 0.51 | 1.00    | 1.83          | 1.13            | 31.89                    |
|             | 210                       | 0.56 | 1.00    | 2.11          | 1.21            | 35.28                    |
|             | 175                       | 0.63 | 1.00    | 2.51          | 1.30            | 40.11                    |
|             | 140                       | 0.68 | 1.00    | 2.84          | 1.38            | 43.99                    |

#### PESO HUMEDO POR TANDA DE UN BOLSA DE CEMENTO (C : AF : AG : AGUA lt/bolsa)

|             | f'c (kg/cm <sup>2</sup> ) | a/c  | CEMENTO (kg/saco) | AGREGADO FINO (kg/saco) | AGREGADO GRUESO (kg/m <sup>3</sup> ) | AGUA EFECTIVA (lt/bolsa) |
|-------------|---------------------------|------|-------------------|-------------------------|--------------------------------------|--------------------------|
| Durabilidad |                           | 0.45 | 42.50             | 64.72                   | 43.16                                | 27.83                    |
|             |                           | 0.50 | 42.50             | 75.50                   | 47.55                                | 31.24                    |
|             | 280                       | 0.47 | 42.50             | 67.16                   | 45.50                                | 28.88                    |
| Resistencia | 245                       | 0.51 | 42.50             | 77.81                   | 48.11                                | 31.89                    |
|             | 210                       | 0.56 | 42.50             | 89.58                   | 51.29                                | 35.28                    |
|             | 175                       | 0.63 | 42.50             | 106.89                  | 55.26                                | 40.11                    |
|             | 140                       | 0.68 | 42.50             | 120.64                  | 58.62                                | 43.99                    |

### RESUMEN DE DOSIFICACION METODO AGREGADO GLOBAL

|             | f'c (kg/cm <sup>2</sup> ) | f'cr (kg/cm <sup>2</sup> ) | a/c  | VOLUMEN UNITARIO DE AGUA (lt/m <sup>3</sup> ) | CEMENTO (bt/m <sup>3</sup> ) | FACTOR CEMENTO (kg/m <sup>3</sup> ) | VOLUMEN ABSOLUTO CEMENTO (m <sup>3</sup> ) |
|-------------|---------------------------|----------------------------|------|---|------------------------------|-------------------------------------|--|
| Durabilidad |                           |                            | 0.45 | 216.00  | 11.29                        | 480.00                              | 0.1543                                     |
|             |                           |                            | 0.50 | 216.00  | 10.16                        | 432.00                              | 0.1389                                     |
|             | 280                       | 364                        | 0.47 | 216.00  | 10.91                        | 463.52                              | 0.1490                                     |
| Resistencia | 245                       | 329                        | 0.51 | 216.00  | 9.98                         | 424.03                              | 0.1363                                     |
|             | 210                       | 294                        | 0.56 | 216.00  | 9.10                         | 386.82                              | 0.1244                                     |
|             | 175                       | 245                        | 0.63 | 216.00  | 8.09                         | 343.95                              | 0.1106                                     |
|             | 140                       | 210                        | 0.68 | 216.00  | 7.43                         | 315.79                              | 0.1015                                     |

## B.1. AGREGADO VOLCÁNICO ROJO CERRO ACUCHIMAY

### DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO LIVIANO CON AGREGADO LIVIANO

**PROYECTO :** TESIS: "PROPIEDADES FÍSICAS Y MECANICAS DE LA ROCA VOLCANICA DEL CERRO ACUCHIMAY PARA EL DISEÑO DE CONCRETO LIVIANO"  
**SOLICITUD :** BACH. CARLOS EDUARDO VENTURA AYALA      **REGION :** AYACUCHO  
**CANTERA :** CERRO ACUCHIMAY      **PROVINCIA :** HUAMANGA  
**MATERIAL :** AGREGADO GRUESO Y AGREGADO FINO TIPO I      **DISTRITO :** SAN JUAN BAUTISTA  
**FECHA :** AGOSTO 2015      **LUGAR :** CERRO ACUCHIMAY

|             | f'c (kg/cm <sup>2</sup> ) | PORCENTAJE AGREGADO FINO (%) | PORCENTAJE AGREGADO GRUESO (%) | VOLUMEN AGREGADO FINO (m <sup>3</sup> ) | VOLUMEN AGREGADO GRUESO (m <sup>3</sup> ) | AGREGADO FINO (kg/m <sup>3</sup> ) | AGREGADO GRUESO (kg/m <sup>3</sup> ) |
|-------------|---------------------------|------------------------------|--------------------------------|---|---|------------------------------------|--------------------------------------|
| Durabilidad | a/c = 216.00              | 55.00                        | 45.00                          | 0.333                                   | 0.272                                     | 665.13                             | 508.82                               |
|             | a/c = 216.00              | 55.00                        | 45.00                          | 0.341                                   | 0.279                                     | 682.10                             | 521.81                               |
|             | 280                       | 55.00                        | 45.00                          | 0.335                                   | 0.274                                     | 670.95                             | 513.28                               |
| Resistencia | 245                       | 55.00                        | 45.00                          | 0.342                                   | 0.280                                     | 684.92                             | 523.97                               |
|             | 210                       | 55.00                        | 45.00                          | 0.349                                   | 0.286                                     | 698.08                             | 534.03                               |
|             | 175                       | 55.00                        | 45.00                          | 0.357                                   | 0.292                                     | 713.25                             | 545.63                               |
|             | 140                       | 55.00                        | 45.00                          | 0.362                                   | 0.296                                     | 723.21                             | 553.25                               |

#### PESO kg DE MATERIALES SECO POR m<sup>3</sup> DE CONCRETO

|             | f'c (kg/cm <sup>2</sup> ) | a/c  | CEMENTO (kg/m <sup>3</sup> ) | AGREGADO FINO (kg/m <sup>3</sup> ) | AGREGADO GRUESO (kg/m <sup>3</sup> ) | AGUA (lt/m <sup>3</sup> ) | PESO TOTAL (kg/m <sup>3</sup> ) |
|-------------|---------------------------|------|------------------------------|------------------------------------|--------------------------------------|---------------------------|---------------------------------|
| Durabilidad |                           | 0.45 | 480.00                       | 665.13                             | 508.82                               | 216.00                    | 1869.95                         |
|             |                           | 0.50 | 432.00                       | 682.10                             | 521.81                               | 216.00                    | 1851.91                         |
|             | 280                       | 0.47 | 463.52                       | 670.95                             | 513.28                               | 216.00                    | 1863.75                         |
| Resistencia | 245                       | 0.51 | 424.03                       | 684.92                             | 523.97                               | 216.00                    | 1848.92                         |
|             | 210                       | 0.56 | 386.82                       | 698.08                             | 534.03                               | 216.00                    | 1834.94                         |
|             | 175                       | 0.63 | 343.95                       | 713.25                             | 545.63                               | 216.00                    | 1818.83                         |
|             | 140                       | 0.68 | 315.79                       | 723.21                             | 553.25                               | 216.00                    | 1808.25                         |

#### PESO kg DE MATERIALES HUMEDOS POR m<sup>3</sup> DE CONCRETO

|             | f'c (kg/cm <sup>2</sup> ) | a/c  | CEMENTO (kg/m <sup>3</sup> ) | AGREGADO FINO (kg/m <sup>3</sup> ) | AGREGADO GRUESO (kg/m <sup>3</sup> ) | AGUA EFECTIVA (lt/m <sup>3</sup> ) | PESO TOTAL (kg/m <sup>3</sup> ) |
|-------------|---------------------------|------|------------------------------|------------------------------------|--------------------------------------|------------------------------------|---------------------------------|
| Durabilidad |                           | 0.45 | 480.00                       | 690.47                             | 525.05                               | 312.73                             | 2008.24                         |
|             |                           | 0.50 | 432.00                       | 708.09                             | 538.45                               | 315.19                             | 1993.74                         |
|             | 280                       | 0.47 | 463.52                       | 696.52                             | 529.65                               | 313.57                             | 2003.26                         |
| Resistencia | 245                       | 0.51 | 424.03                       | 711.02                             | 540.68                               | 315.60                             | 1991.33                         |
|             | 210                       | 0.56 | 386.82                       | 724.68                             | 551.07                               | 317.52                             | 1980.09                         |
|             | 175                       | 0.63 | 343.95                       | 740.42                             | 563.04                               | 319.72                             | 1967.13                         |
|             | 140                       | 0.68 | 315.79                       | 750.76                             | 570.90                               | 321.17                             | 1958.62                         |

#### APORTE DE HUMEDAD DE LOS AGREGADOS 55% AG Y 45% AF

| f'c (kg/cm <sup>2</sup> ) | HUMEDAD SUPERFICIAL |                     | APORTE DE HUMEDAD                  |                                      | APORTE DE HUMEDAD DE LOS AGREGADOS (lt/m <sup>3</sup> ) | AGUA (lt/m <sup>3</sup> ) | AGUA EFECTIVA (lt/m <sup>3</sup> ) |
|---------------------------|---------------------|---------------------|------------------------------------|--------------------------------------|---|---------------------------|------------------------------------|
|                           | AGREGADO FINO (%)   | AGREGADO GRUESO (%) | AGREGADO FINO (lt/m <sup>3</sup> ) | AGREGADO GRUESO (lt/m <sup>3</sup> ) |   |                           |                                    |
| a/c = 0.45                | -9.83               | -6.16               | -65.38                             | -31.34                               | -96.73  | 216.00                    | 312.73                             |
| a/c = 0.50                | -9.83               | -6.16               | -67.05                             | -32.14                               | -99.19  | 216.00                    | 315.19                             |
| 280                       | -9.83               | -6.16               | -65.95                             | -31.62                               | -97.57  | 216.00                    | 313.57                             |
| 245                       | -9.83               | -6.16               | -67.33                             | -32.28                               | -99.60  | 216.00                    | 315.60                             |
| 210                       | -9.83               | -6.16               | -68.62                             | -32.90                               | -101.52   | 216.00                    | 317.52                             |
| 175                       | -9.83               | -6.16               | -70.11                             | -33.61                               | -103.72   | 216.00                    | 319.72                             |
| 140                       | -9.83               | -6.16               | -71.09                             | -34.08                               | -105.17   | 216.00                    | 321.17                             |

## B.1. AGREGADO VOLCÁNICO ROJO CERRO ACUCHIMAY

### DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO LIVIANO CON AGREGADO LIVIANO

**PROYECTO :** TESIS: "PROPIEDADES FÍSICAS Y MECANICAS DE LA ROCA VOLCANICA DEL CERRO ACUCHIMAY PARA EL DISEÑO DE CONCRETO LIVIANO"  
**SOLICITUD :** BACH. CARLOS EDUARDO VENTURA AYALA      **REGION :** AYACUCHO  
**CANTERA :** CERRO ACUCHIMAY      **PROVINCIA :** HUAMANGA  
**MATERIAL :** AGREGADO GRUESO Y AGREGADO FINO TIPO I      **DISTRITO :** SAN JUAN BAUTISTA  
**FECHA :** AGOSTO 2015      **LUGAR :** CERRO ACUCHIMAY

#### DOSIFICACION EN PESO SECO (C : AF : AG : AGUA lt/bolsa)

|             | f'c (kg/cm <sup>2</sup> ) | a/c  | CEMENTO | AGREGADO FINO | AGREGADO GRUESO | AGUA (lt/bolsa) |
|-------------|---------------------------|------|---------|---------------|-----------------|-----------------|
| Durabilidad |                           | 0.45 | 1.00    | 1.39          | 1.06            | 19.13           |
|             |                           | 0.50 | 1.00    | 1.58          | 1.21            | 21.25           |
|             | 280                       | 0.47 | 1.00    | 1.45          | 1.11            | 19.81           |
| Resistencia | 245                       | 0.51 | 1.00    | 1.62          | 1.24            | 21.65           |
|             | 210                       | 0.56 | 1.00    | 1.80          | 1.38            | 23.73           |
|             | 175                       | 0.63 | 1.00    | 2.07          | 1.59            | 26.69           |
|             | 140                       | 0.68 | 1.00    | 2.29          | 1.75            | 29.07           |

#### PESO SECO POR TANDA DE UN BOLSA DE CEMENTO (C : AF : AG : AGUA lt/bolsa)

|             | f'c (kg/cm <sup>2</sup> ) | a/c  | CEMENTO (kg/saco) | AGREGADO FINO (kg/saco) | AGREGADO GRUESO (kg/m <sup>3</sup> ) | AGUA (lt/bolsa) |
|-------------|---------------------------|------|-------------------|-------------------------|--------------------------------------|-----------------|
| Durabilidad |                           | 0.45 | 42.50             | 58.89                   | 45.05                                | 19.13           |
|             |                           | 0.50 | 42.50             | 67.10                   | 51.34                                | 21.25           |
|             | 280                       | 0.47 | 42.50             | 61.52                   | 47.06                                | 19.81           |
| Resistencia | 245                       | 0.51 | 42.50             | 68.65                   | 52.52                                | 21.65           |
|             | 210                       | 0.56 | 42.50             | 76.70                   | 58.67                                | 23.73           |
|             | 175                       | 0.63 | 42.50             | 88.13                   | 67.42                                | 26.69           |
|             | 140                       | 0.68 | 42.50             | 97.33                   | 74.46                                | 29.07           |

#### DOSIFICACION EN PESO HUMEDO (C : AF : AG : AGUA lt/bolsa)

|             | f'c (kg/cm <sup>2</sup> ) | a/c  | CEMENTO | AGREGADO FINO | AGREGADO GRUESO | AGUA EFECTIVA (lt/bolsa) |
|-------------|---------------------------|------|---------|---------------|-----------------|--------------------------|
| Durabilidad |                           | 0.45 | 1.00    | 1.44          | 1.09            | 27.69                    |
|             |                           | 0.50 | 1.00    | 1.64          | 1.25            | 31.01                    |
|             | 280                       | 0.47 | 1.00    | 1.50          | 1.14            | 28.75                    |
| Resistencia | 245                       | 0.51 | 1.00    | 1.68          | 1.28            | 31.63                    |
|             | 210                       | 0.56 | 1.00    | 1.87          | 1.42            | 34.89                    |
|             | 175                       | 0.63 | 1.00    | 2.15          | 1.64            | 39.51                    |
|             | 140                       | 0.68 | 1.00    | 2.38          | 1.81            | 43.22                    |

#### PESO HUMEDO POR TANDA DE UN BOLSA DE CEMENTO (C : AF : AG : AGUA lt/bolsa)

|             | f'c (kg/cm <sup>2</sup> ) | a/c  | CEMENTO (kg/saco) | AGREGADO FINO (kg/saco) | AGREGADO GRUESO (kg/m <sup>3</sup> ) | AGUA EFECTIVA (lt/bolsa) |
|-------------|---------------------------|------|-------------------|-------------------------|--------------------------------------|--------------------------|
| Durabilidad |                           | 0.45 | 42.50             | 61.14                   | 46.49                                | 27.69                    |
|             |                           | 0.50 | 42.50             | 69.66                   | 52.97                                | 31.01                    |
|             | 280                       | 0.47 | 42.50             | 63.86                   | 48.56                                | 28.75                    |
| Resistencia | 245                       | 0.51 | 42.50             | 71.26                   | 54.19                                | 31.63                    |
|             | 210                       | 0.56 | 42.50             | 79.62                   | 60.55                                | 34.89                    |
|             | 175                       | 0.63 | 42.50             | 91.49                   | 69.57                                | 39.51                    |
|             | 140                       | 0.68 | 42.50             | 101.04                  | 76.83                                | 43.22                    |

B.2. AGREGADO VOLCÁNICO AZUL CERRO ACUCHIMAY - QUICAPATA  
ALREDEDOR

**B.2. AGREGADO VOLCÁNICO AZUL CERRO  
ACUCHIMAY - QUICAPATA ALREDEDOR**

**B.2. AGREGADO VOLCÁNICO AZUL CERRO ACUCHIMAY - QUICAPATA  
ALREDEDOR**

**DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO LIVIANO CON AGREGADO LIVIANO**

**PROYECTO :** TESIS: "PROPIEDADES FÍSICAS Y MECANICAS DE LA ROCA VOLCANICA DEL CERRO ACUCHIMAY PARA EL DISEÑO DE CONCRETO LIVIANO"

**SOLICITUD :** BACH. CARLOS EDUARDO VENTURA AYALA      **REGION :** AYACUCHO  
**CANTERA :** CERRO ACUCHIMAY ALREDEDOR      **PROVINCIA :** HUAMANGA  
**MATERIAL :** AGREGADO GRUESO Y AGREGADO FINO TIPO II      **DISTRITO :** CARMEN ALTO  
**FECHA :** AGOSTO 2015      **LUGAR :** QUICAPATA

**1. Materiales.**

**A. Cementos**

| CEMENTO    | PESO | SUPERFICIE ESPECÍFICA    |
|------------|------|--------------------------|
| SOL TIPO I | 3.11 | 3500 cm <sup>3</sup> /gr |

**B. Agregados**

| CARACTERÍSTICA            | AGREGADO GRUESO | AGREGADO FINO |
|---------------------------|-----------------|---------------|
| Material                  | PIEDRA CHANCADA | ARENA         |
| Perfil                    | ANGULAR         | ZARANDEADO    |
| PUSS (kg/m <sup>3</sup> ) | 815.39          | 1228.65       |
| PUSC (kg/m <sup>3</sup> ) | 948.16          | 1357.39       |
| Peso específico nominal   | 2.05            | 2.70          |
| Peso específico aparente  | 1.78            | 2.18          |
| Absorción (%)             | 7.43            | 8.85          |
| Humedad (%)               | 1.71            | 2.09          |
| Modulo de fineza          | 6.62            | 3.49          |

**2. Especificaciones.**

- a) No existe limitaciones en el diseño por presencia de procesos de congelación; presencia de ión cloruro, o ataques por  
 b) Las condiciones de colocación requieren que la mezcla tenga una consistencia plástica

**3. Selección de la resistencia promedio a partir de la resistencia en compresion especificada y la desviacion**

Resistencia en compresion especificada       $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$   
 Datos de registro      Carece de dato alguno

| Resistencia de diseño (kg/cm <sup>2</sup> ) | Resistencia requerida (kg/cm <sup>2</sup> ) |
|---|---|
| $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$                 | $f'cr = 294 \text{ kg/cm}^2$                |

**4. Selección de tamaño máximo nominal del agregado.**

**TAMAÑO MÁXIMO NOMINAL**

Agregado grueso      1/2" ▼

**5. Selección del asentamiento o slump.**

Tabla 9.2.2 (Diseño de Mezcla - Rivva López Enrique)

| Tipo de estructura                                       | Slump  |        |
|--|--------|--------|
|  | Máximo | Mínimo |
| Cimentaciones simples, cajones y subestructuras de muros | 3"     | 1"     |

| CONSISTENCIA | TRABAJABILIDAD | COMPACTAMIENTO     | ASENTAMIENTO O SLUMP |
|--------------|----------------|--------------------|----------------------|
| PLÁSTICA ▼   | TRABAJABLE ▼   | VIBRACION LIGERA ▼ | 3" a 4"              |

**6. Selección de volumen unitario de agua de diseño.**

**AGUA DE MEZCLA**      Tabla 10.2.1 (Volumen unitario por slump y tamaño máximo nominal)  
**216 lt/m<sup>3</sup>**      Diseño de Mezcla - Rivva López Enrique

**7. Selección de contenido de aire.**

Tabla 11.2.2 (sin aire), 11.3.1 (con aire) (Diseño de Mezcla - Rivva López Enrique)

| CONTENIDO DE AIRE      | T.M.N. | EXPOSICION DE OBRA | CONCRETO SIN AIRE INCORPORADO |
|------------------------|--------|--------------------|-------------------------------|
| SIN AIRE INCORPORADO ▼ | 1/2" ▼ | NORMAL ▼           | 2.50%                         |

## B.2. AGREGADO VOLCÁNICO AZUL CERRO ACUCHIMAY - QUICAPATA ALREDEDOR

### DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO LIVIANO CON AGREGADO LIVIANO

**PROYECTO :** TESIS: "PROPIEDADES FÍSICAS Y MECANICAS DE LA ROCA VOLCANICA DEL CERRO ACUCHIMAY PARA EL DISEÑO DE CONCRETO LIVIANO"

**SOLICITUD :** BACH. CARLOS EDUARDO VENTURA AYALA      **REGION :** AYACUCHO  
**CANTERA :** CERRO ACUCHIMAY ALREDEDOR      **PROVINCIA :** HUAMANGA  
**MATERIAL :** AGREGADO GRUESO Y AGREGADO FINO TIPO II      **DISTRITO :** CARMEN ALTO  
**FECHA :** AGOSTO 2015      **LUGAR :** QUICAPATA

#### 8. Selección de la relación agua-cemento por resistencia y por durabilidad.

\* Este dato a seleccionar sera tomado para los dos metodos restantes

MEJORAR LA TRABAJABILIDAD Y COHESIVIDAD      Tabla 13.2.5 (Diseño de Mezcla - Rivva López Enrique)

CONDICIONES DE EXPOSICION:

| Volumen unitario de agua | a/c por resistencia | a/c por durabilidad | Maxima a/c |
|--------------------------|---------------------|---------------------|------------|
| 216 lt/m <sup>3</sup>    | 0.56                | Solo casos severos  | 0.56       |

#### 9. Determinación del Factor Cemento.

Factor cemento =  $\frac{\text{Volumen unitario de agua}}{\text{Relacion agua cemento}}$  = 387 kg/m<sup>3</sup> = 9.1 bolsas/m<sup>3</sup>

### 1. METODO DEL COMITÉ A.C.I. 211.1

#### 10. Contenido de agregado grueso.

Para determinar el contenido de agregado grueso, empleando el Método del Comité 211 del ACI, se debe entrar a la Tabla 16.2.2 (Diseño de Mezcla - Rivva López Enrique)

$$b/bo = 0.48$$

$$\text{Peso del agregado grueso} = b/bo \times \text{PUSC} = 456.06 \text{ kg/m}^3$$

#### 11. Calculo de volúmenes absolutos.

Volumen absoluto de:

|                                    |                            |
|------------------------------------|----------------------------|
| - Cemento .....                    | = 0.124 m <sup>3</sup>     |
| - Agua .....                       | = 0.216 m <sup>3</sup>     |
| - Aire .....                       | = 0.025 m <sup>3</sup>     |
| - Agregado grueso .....            | = 0.256 m <sup>3</sup>     |
| <b>Suma de volúmenes conocidos</b> | <b>0.622 m<sup>3</sup></b> |

#### 12. Contenido de agregado fino

$$\text{Volumen absoluto de agregado fino} = 1 - 0.622 = 0.378 \text{ m}^3$$

$$\text{Peso del agregado fino seco} = 825 \text{ kg/m}^3$$

#### 13. Valores de diseño

Las cantidades de materiales a ser empleadas como valores de diseño seran:

|                              |                            |
|------------------------------|----------------------------|
| - Cemento .....              | = 386.82 kg/m <sup>3</sup> |
| - Agua .....                 | = 216.00 lt/m <sup>3</sup> |
| - Agregado fino seco .....   | = 824.92 kg/m <sup>3</sup> |
| - Agregado grueso seco ..... | = 456.06 kg/m <sup>3</sup> |

#### 14. Correccion por humedad del agregado

Las proporciones de los materiales que integran la unidad cubica de concreto debe ser corregida en funcion de las condiciones de humedad de los agregados fino y grueso, afin de obtener los valores a ser utilizados en obra.

Peso húmedo del:

|                         |                         |
|-------------------------|-------------------------|
| - Agregado fino .....   | = 842 kg/m <sup>3</sup> |
| - Agregado grueso ..... | = 464 kg/m <sup>3</sup> |

A continuación determinamos la humedad superficial del agregado:

Humedad superficial del:

|                         |         |
|-------------------------|---------|
| - Agregado fino .....   | -6.76 % |
| - Agregado grueso ..... | -5.72 % |

## B.2. AGREGADO VOLCÁNICO AZUL CERRO ACUCHIMAY - QUICAPATA ALREDEDOR

### DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO LIVIANO CON AGREGADO LIVIANO

**PROYECTO :** TESIS: "PROPIEDADES FISICAS Y MECANICAS DE LA ROCA VOLCANICA DEL CERRO ACUCHIMAY PARA EL DISEÑO DE CONCRETO LIVIANO"

**SOLICITUD :** BACH. CARLOS EDUARDO VENTURA AYALA      **REGION :** AYACUCHO  
**CANTERA :** CERRO ACUCHIMAY ALREDEDOR      **PROVINCIA :** HUAMANGA  
**MATERIAL :** AGREGADO GRUESO Y AGREGADO FINO TIPO II      **DISTRITO :** CARMEN ALTO  
**FECHA :** AGOSTO 2015      **LUGAR :** QUICAPATA

Y los aportes de los agregados seran:

|                                    |                  |
|------------------------------------|------------------|
| Aporte de humedad del:             |                  |
| - Agregado fino .....              | -56 lt/m3        |
| - Agregado grueso .....            | -26 lt/m3        |
| Aporte de humedad de los agregados | -82 lt/m3        |
| <b>Agua efectiva</b>               | <b>298 lt/m3</b> |

Y los pesos de los materiales, ya corregidos por humedad del agregado a ser empleados en las mezclas de prueba, seran:

|                                |                |
|--------------------------------|----------------|
| - Cemento .....                | = 386.82 kg/m3 |
| - Agua .....                   | = 297.85 lt/m3 |
| - Agregado fino humedo .....   | = 842.16 kg/m3 |
| - Agregado grueso humedo ..... | = 463.86 kg/m3 |

#### 15. Proporción en peso

La proporción en peso de los materiales sin corregir, y ya corregida por humedad del agregado seran:

**Peso seco**

| Cemento | A. Fino | A. Grueso | Agua         |
|---------|---------|-----------|--------------|
| 1.00    | 2.13    | 1.18      | 23.7 lt/saco |

**Peso húmedo**

| Cemento | A. Fino | A. Grueso | Agua         |
|---------|---------|-----------|--------------|
| 1.00    | 2.18    | 1.20      | 32.7 lt/saco |

Relacion agua-cemento de diseño =      0.56

Relacion agua-cemento efectiva =      0.77

#### 16. Pesos por tanda de un saco

Para conocer la cantidad de materiales que se necesitan en una tanda de un saco, es necesario multiplicar de un saco de cemento la proporción en peso, ya corregida por humedad del agregado, por el de un saco de cemento.

|                                |               |
|--------------------------------|---------------|
| - Cemento .....                | = 42.50 kg/m3 |
| - Agua .....                   | = 32.73 lt/m3 |
| - Agregado fino humedo .....   | = 92.53 kg/m3 |
| - Agregado grueso humedo ..... | = 50.96 kg/m3 |

### 2. METODO DEL COMITÉ A.C.I. 211.2

#### 6. Selección de volumen unitario de agua de diseño.

**AGUA DE MEZCLA**

**217 lt/m3**

Tabla 3.2.2.2 Requisitos aproximados de agua para diferentes asentamientos y tamaños máximos nominales de agregados (ACI 211.2-98).

#### 7. Selección de contenido de aire.

**2.50%**

Tabla 3.2.2.2 Contenido de aire de mezcla para diferentes asentamientos y tamaños máximos nominales de agregados (ACI 211.2-98).

#### 8. Selección de la relación agua-cemento por resistencia y por durabilidad.

Tabla 3.2.2.4 Volumen de agregado grueso por unidad de volumen de concreto (ACI 211.2-98).

| Volumen unitario de agua | a/c por resistencia | a/c por durabilidad | Maxima a/c |
|--------------------------|---------------------|---------------------|------------|
| 217 lt/m3                | 0.55                | Solo casos severos  | 0.55       |



## B.2. AGREGADO VOLCÁNICO AZUL CERRO ACUCHIMAY - QUICAPATA ALREDEDOR

### DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO LIVIANO CON AGREGADO LIVIANO

**PROYECTO :** TESIS: "PROPIEDADES FÍSICAS Y MECANICAS DE LA ROCA VOLCANICA DEL CERRO ACUCHIMAY PARA EL DISEÑO DE CONCRETO LIVIANO"

**SOLICITUD :** BACH. CARLOS EDUARDO VENTURA AYALA      **REGION :** AYACUCHO  
**CANTERA :** CERRO ACUCHIMAY ALREDEDOR      **PROVINCIA :** HUAMANGA  
**MATERIAL :** AGREGADO GRUESO Y AGREGADO FINO TIPO II      **DISTRITO :** CARMEN ALTO  
**FECHA :** AGOSTO 2015      **LUGAR :** QUICAPATA

#### 9. Determinación del Factor Cemento.

$$\text{Factor cemento} = \frac{\text{Volumen unitario de de agua}}{\text{Relacion agua cemento}} = 394 \text{ kg/m}^3 = 9.3 \text{ bolsas/m}^3$$

#### 10. Contenido de agregado grueso.

Para determinar el contenido de agregado grueso, empleando el Método del Comité 211 del ACI, se debe entrar a la Tabla 16.2.2 (Diseño de Mezcla - Rivva López Enrique)

$$b/b_o = 0.56$$

$$\text{Peso del agregado grueso} = b/b_o \times \text{PUSC} = 531.92 \text{ kg/m}^3$$

#### 11. Calculo de volúmenes absolutos.

Volumen absoluto de:

|                                    |                            |
|------------------------------------|----------------------------|
| - Cemento .....                    | = 0.127 m <sup>3</sup>     |
| - Agua .....                       | = 0.217 m <sup>3</sup>     |
| - Aire .....                       | = 0.025 m <sup>3</sup>     |
| - Agregado grueso .....            | = 0.299 m <sup>3</sup>     |
| <b>Suma de volúmenes conocidos</b> | <b>0.668 m<sup>3</sup></b> |

#### 12. Contenido de agregado fino

$$\text{Volumen absoluto de agregado fino} = 1 - 0.668 = 0.332 \text{ m}^3$$

$$\text{Peso del agregado fino seco} = 725 \text{ kg/m}^3$$

#### 13. Valores de diseño

Las cantidades de materiales a ser empleadas como valores de diseño seran:

|                              |                            |
|------------------------------|----------------------------|
| - Cemento .....              | = 394.19 kg/m <sup>3</sup> |
| - Agua .....                 | = 217.00 lt/m <sup>3</sup> |
| - Agregado fino seco .....   | = 724.68 kg/m <sup>3</sup> |
| - Agregado grueso seco ..... | = 531.92 kg/m <sup>3</sup> |

#### 14. Correccion por humedad del agregado

Las proporciones de los materiales que integran la unidad cubica de concreto debe ser corregida en funcion de las condiciones de humedad de los agregados fino y grueso, aún de obtener los valores a ser utilizados en obra.

Peso húmedo del:

|                         |                         |
|-------------------------|-------------------------|
| - Agregado fino .....   | = 740 kg/m <sup>3</sup> |
| - Agregado grueso ..... | = 541 kg/m <sup>3</sup> |

A continuación determinamos la humedad superficial del agregado:

Humedad superficial del:

|                         |         |
|-------------------------|---------|
| - Agregado fino .....   | -6.76 % |
| - Agregado grueso ..... | -5.72 % |

Y los aportes de los agregados seran:

Aporte de humedad del:

|   |                             |
|---|-----------------------------|
| - Agregado fino .....                     | -48.99 lt/m <sup>3</sup>    |
| - Agregado grueso .....                   | -30 lt/m <sup>3</sup>       |
| <b>Aporte de humedad de los agregados</b> | <b>-79 lt/m<sup>3</sup></b> |
| <b>Agua efectiva</b>                      | <b>296 lt/m<sup>3</sup></b> |

Y los pesos de los materiales, ya corregidos por humedad del agregado a ser empleados en las mezclas de prueba, seran:

|                                |                            |
|--------------------------------|----------------------------|
| - Cemento .....                | = 394.19 kg/m <sup>3</sup> |
| - Agua .....                   | = 296.41 lt/m <sup>3</sup> |
| - Agregado fino humedo .....   | = 739.82 kg/m <sup>3</sup> |
| - Agregado grueso humedo ..... | = 541.01 kg/m <sup>3</sup> |

## B.2. AGREGADO VOLCÁNICO AZUL CERRO ACUCHIMAY - QUICAPATA ALREDEDOR

### DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO LIVIANO CON AGREGADO LIVIANO

**PROYECTO :** TESIS: "PROPIEDADES FÍSICAS Y MECANICAS DE LA ROCA VOLCANICA DEL CERRO ACUCHIMAY PARA EL DISEÑO DE CONCRETO LIVIANO"

**SOLICITUD :** BACH. CARLOS EDUARDO VENTURA AYALA      **REGION :** AYACUCHO  
**CANTERA :** CERRO ACUCHIMAY ALREDEDOR      **PROVINCIA :** HUAMANGA  
**MATERIAL :** AGREGADO GRUESO Y AGREGADO FINO TIPO II      **DISTRITO :** CARMEN ALTO  
**FECHA :** AGOSTO 2015      **LUGAR :** QUICAPATA

#### 15. Proporción en peso

La proporción en peso de los materiales sin corregir, y ya corregida por humedad del agregado serán:

##### Peso seco

| Cemento | A. Fino | A. Grueso | Agua         |
|---------|---------|-----------|--------------|
| 1.00    | 1.84    | 1.35      | 23.4 lt/saco |

##### Peso húmedo

| Cemento | A. Fino | A. Grueso | Agua         |
|---------|---------|-----------|--------------|
| 1.00    | 1.88    | 1.37      | 32.0 lt/saco |

Relacion agua-cemento de diseño =            0.55  
 Relacion agua-cemento efectiva =            0.75

#### 16. Pesos por tanda de un saco

Para conocer la cantidad de materiales que se necesitan en una tanda de un saco, es necesario multiplicar de un saco de cemento la proporción en peso, ya corregida por humedad del agregado, por el de un saco de cemento.

- Cemento ..... = 42.50 kg/m<sup>3</sup>
- Agua ..... = 31.96 lt/m<sup>3</sup>
- Agregado fino humedo ..... = 79.77 kg/m<sup>3</sup>
- Agregado grueso humedo ..... = 58.33 kg/m<sup>3</sup>

### 3. METODO DE MODULO DE FINEZA

#### 10. Cálculo de volúmenes absolutos de la pasta

Volumen absoluto de:

- Cemento ..... = 0.124 m<sup>3</sup>
  - Agua ..... = 0.216 m<sup>3</sup>
  - Aire ..... = 0.025 m<sup>3</sup>
- Volumen absoluto de la pasta            **0.365 m<sup>3</sup>**

#### 11. Volumen absoluto del agregado

Volumen absoluto del agregado = 1 - 0.365 = 0.635 m<sup>3</sup>

#### 12. Cálculo del módulo de fineza de la combinación de agregados

Tabla 16.3.10 (Diseño de Mezcla - Rivva López Enrique)

Módulo de fineza de la combinación de agregado      m = 4.70

#### 13. Cálculo del valor de

$$r_r = \frac{m_g - m}{m_g - m_r} \times 100 \quad r_r = 61.43 \%$$

- $r_r$  = Porcentaje de agregado fino en relación al volumen absoluto total del agregado
- $m_g$  = Módulo de fineza del agregado grueso
- $m_r$  = Módulo de fineza del agregado fino
- $m$  = Módulo de fineza de la combinación del agregado

#### 14. Cálculo de volúmenes absolutos del agregado

- Volumen absoluto del agregado fino ..... = 0.390 m<sup>3</sup>
- Volumen absoluto del agregado grueso ..... = 0.245 m<sup>3</sup>

#### 15. Pesos secos de los agregados

- Agregado fino ..... = 850 kg/m<sup>3</sup>
- Agregado grueso ..... = 436 kg/m<sup>3</sup>

**B.2. AGREGADO VOLCÁNICO AZUL CERRO ACUCHIMAY - QUICAPATA  
ALREDEDOR**

**DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO LIVIANO CON AGREGADO LIVIANO**

**PROYECTO :** TESIS: "PROPIEDADES FÍSICAS Y MECANICAS DE LA ROCA VOLCANICA DEL CERRO ACUCHIMAY PARA EL DISEÑO DE CONCRETO LIVIANO"

**SOLICITUD :** BACH. CARLOS EDUARDO VENTURA AYALA      **REGION :** AYACUCHO  
**CANTERA :** CERRO ACUCHIMAY ALREDEDOR      **PROVINCIA :** HUAMANGA  
**MATERIAL :** AGREGADO GRUESO Y AGREGADO FINO TIPO II      **DISTRITO :** CARMEN ALTO  
**FECHA :** AGOSTO 2015      **LUGAR :** QUICAPATA

**16. Valores de diseño**

Las cantidades de materiales, calculadas por el Método del Módulo de Fineza de la combinación de agregados , a ser empleadas como valores de diseño serán:

- Cemento ..... = 386.82 kg/m<sup>3</sup>
- Agua ..... = 216.00 lt/m<sup>3</sup>
- Agregado fino seco ..... = 849.92 kg/m<sup>3</sup>
- Agregado grueso seco ..... = 435.65 kg/m<sup>3</sup>

**17. Corrección por humedad del agregado**

Peso húmedo del:

- Agregado fino ..... = 868 kg/m<sup>3</sup>
- Agregado grueso ..... = 443 kg/m<sup>3</sup>

A continuación determinamos la humedad superficial del agregado:

Humedad superficial del:

- Agregado fino ..... -6.76 %
- Agregado grueso ..... -5.72 %

Y los aportes de los agregados serán:

Aporte de humedad del:

- Agregado fino ..... -57 lt/m<sup>3</sup>
- Agregado grueso ..... -25 lt/m<sup>3</sup>

Aporte de humedad de los agregados      -82 lt/m<sup>3</sup>  
 Agua efectiva      298 lt/m<sup>3</sup>

Y los pesos de los materiales, ya corregidos por humedad del agregado a ser empleados en las mezclas de prueba, serán:

- Cemento ..... = 386.82 kg/m<sup>3</sup>
- Agua ..... = 298.37 lt/m<sup>3</sup>
- Agregado fino húmedo ..... = 867.69 kg/m<sup>3</sup>
- Agregado grueso húmedo ..... = 443.10 kg/m<sup>3</sup>

**18. Proporción en peso**

La proporción en peso de los materiales sin corregir, y ya corregida por humedad del agregado serán:

**Peso seco**

| Cemento | A. Fino | A. Grueso | Agua         |
|---------|---------|-----------|--------------|
| 1.00    | 2.20    | 1.13      | 23.7 lt/saco |

**Peso húmedo**

| Cemento | A. Fino | A. Grueso | Agua         |
|---------|---------|-----------|--------------|
| 1.00    | 2.24    | 1.15      | 32.8 lt/saco |

Relacion agua-cemento de diseño = 0.56  
 Relacion agua-cemento efectiva = 0.77

**19. Pesos por tanda de un saco**

- Cemento ..... = 42.50 kg/m<sup>3</sup>
- Agua ..... = 32.78 lt/m<sup>3</sup>
- Agregado fino húmedo ..... = 95.33 kg/m<sup>3</sup>
- Agregado grueso húmedo ..... = 48.68 kg/m<sup>3</sup>

## B.2. AGREGADO VOLCÁNICO AZUL CERRO ACUCHIMAY - QUICAPATA ALREDEDOR

### DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO LIVIANO CON AGREGADO LIVIANO

PROYECTO : TESIS: "PROPIEDADES FISICAS Y MECANICAS DE LA ROCA VOLCANICA DEL CERRO ACUCHIMAY PARA EL DISEÑO DE CONCRETO LIVIANO"

SOLICITUD : BACH. CARLOS EDUARDO VENTURA AYALA      REGION : AYACUCHO  
CANTERA : CERRO ACUCHIMAY ALREDEDOR      PROVINCIA : HUAMANGA  
MATERIAL : AGREGADO GRUESO Y AGREGADO FINO TIPO II      DISTRITO : CARMEN ALTO  
FECHA : AGOSTO 2015      LUGAR : QUICAPATA

#### 4. METODO DEL AGREGADO GLOBAL

##### 10. Contenido de agregado grueso.

Para determinar el contenido de agregado fino y grueso, empleando el Método del Agregado Global, se obtiene del ensayo de % según análisis del Agregado Global y obtener el porcentaje que más se adecue de acuerdo a los límites granulométricos.

% Agregado grueso = 55%  
% Agregado fino = 45%

##### 11. Cálculo de volúmenes absolutos de la pasta

Volumen absoluto de:

- Cemento ..... = 0.124 m<sup>3</sup>  
- Agua ..... = 0.216 m<sup>3</sup>  
- Aire ..... = 0.025 m<sup>3</sup>  
Volumen absoluto de la pasta      **0.365 m<sup>3</sup>**

##### 12. Volumen absoluto del agregado

Volumen absoluto del agregado = 1 - 0.365 = 0.635 m<sup>3</sup>

##### 13. Cálculo de volúmenes absolutos del agregado

- Volumen absoluto del agregado fino ..... = 0.286 m<sup>3</sup>  
- Volumen absoluto del agregado grueso ..... = 0.349 m<sup>3</sup>

##### 14. Pesos secos de los agregados

- Agregado fino ..... = 623 kg/m<sup>3</sup>  
- Agregado grueso ..... = 621 kg/m<sup>3</sup>

##### 15. Valores de diseño

Las cantidades de materiales, calculadas por el Método del Módulo de Fineza de la combinación de agregados, a ser empleadas como valores de diseño serán:

- Cemento ..... = 386.82 kg/m<sup>3</sup>  
- Agua ..... = 216.00 lt/m<sup>3</sup>  
- Agregado fino seco ..... = 622.56 kg/m<sup>3</sup>  
- Agregado grueso seco ..... = 621.29 kg/m<sup>3</sup>

##### 16. Corrección por humedad del agregado

Peso húmedo del:

- Agregado fino ..... = 636 kg/m<sup>3</sup>  
- Agregado grueso ..... = 632 kg/m<sup>3</sup>

A continuación determinamos la humedad superficial del agregado:

Humedad superficial del:

- Agregado fino ..... -6.76 %  
- Agregado grueso ..... -5.72 %

Y los aportes de los agregados serán:

Aporte de humedad del:

- Agregado fino ..... -42.0853  
- Agregado grueso ..... -35.5380  
Aporte de humedad de los agregados      -78 lt/m<sup>3</sup>  
Agua efectiva      294 lt/m<sup>3</sup>

**B.2. AGREGADO VOLCÁNICO AZUL CERRO ACUCHIMAY - QUICAPATA  
ALREDEDOR**

**DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO LIVIANO CON AGREGADO LIVIANO**

**PROYECTO :** TESIS: "PROPIEDADES FISICAS Y MECANICAS DE LA ROCA VOLCANICA DEL CERRO ACUCHIMAY PARA EL DISEÑO DE CONCRETO LIVIANO"  
**SOLICITUD :** BACH. CARLOS EDUARDO VENTURA AYALA      **REGION :** AYACUCHO  
**CANTERA :** CERRO ACUCHIMAY ALREDEDOR      **PROVINCIA :** HUAMANGA  
**MATERIAL :** AGREGADO GRUESO Y AGREGADO FINO TIPO II      **DISTRITO :** CARMEN ALTO  
**FECHA :** AGOSTO 2015      **LUGAR :** QUICAPATA

Y los pesos de los materiales, ya corregidos por humedad del agregado a ser empleados en las mezclas de prueba, seran:

- Cemento ..... = 386.82 kg/m<sup>3</sup>
- Agua ..... = 293.62 lt/m<sup>3</sup>
- Agregado fino húmedo ..... = 635.57 kg/m<sup>3</sup>
- Agregado grueso húmedo ..... = 631.92 kg/m<sup>3</sup>

*17. Proporción en peso*

La proporción en peso de los materiales sin corregir, y ya corregida por humedad del agregado serán:

**Peso seco**

| Cemento | A. Fino | A. Grueso | Agua         |
|---------|---------|-----------|--------------|
| 1.00    | 1.61    | 1.61      | 23.7 lt/saco |

**Peso húmedo**

| Cemento | A. Fino | A. Grueso | Agua         |
|---------|---------|-----------|--------------|
| 1.00    | 1.64    | 1.63      | 32.3 lt/saco |

Relacion agua-cemento de diseño = 0.56  
 Relacion agua-cemento efectiva = 0.76

*18. Pesos por tanda de un saco*

- Cemento ..... = 42.50 kg/m<sup>3</sup>
- Agua ..... = 32.26 lt/m<sup>3</sup>
- Agregado fino humedo ..... = 69.83 kg/m<sup>3</sup>
- Agregado grueso humedo..... = 69.43 kg/m<sup>3</sup>

**B.2. AGREGADO VOLCÁNICO AZUL CERRO ACUCHIMAY - QUICAPATA  
ALREDEDOR**

**DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO LIVIANO CON AGREGADO LIVIANO**

**PROYECTO :** TESIS: "PROPIEDADES FÍSICAS Y MECANICAS DE LA ROCA VOLCANICA DEL CERRO ACUCHIMAY PARA EL DISEÑO DE CONCRETO LIVIANO"

**SOLICITUD :** BACH. CARLOS EDUARDO VENTURA AYALA      **REGION :** AYACUCHO

**CANTERA :** CERRO ACUCHIMAY ALREDEDOR      **PROVINCIA :** HUAMANGA

**MATERIAL :** AGREGADO GRUESO Y AGREGADO FINO TIPO II      **DISTRITO :** CARMEN ALTO

**FECHA :** AGOSTO 2015      **LUGAR :** QUICAPATA

**RESUMEN DE DOSIFICACION METODO ACI 211.1**

|             | f'c (kg/cm2) | f'cr (kg/cm2) | a/c  | VOLUMEN UNITARIO DE AGUA (lt/m3) | CEMENTO (bt/m3) | FACTOR CEMENTO (kg/m3) | VOLUMEN ABSOLUTO CEMENTO (m3) |
|-------------|--------------|---------------|------|----------------------------------|-----------------|------------------------|-------------------------------|
| Durabilidad |              |               | 0.45 | 216.00                           | 11.29           | 480.00                 | 0.1543                        |
|             |              |               | 0.50 | 216.00                           | 10.16           | 432.00                 | 0.1389                        |
|             | 280          | 364           | 0.47 | 216.00                           | 10.91           | 463.52                 | 0.1490                        |
| Resistencia | 245          | 329           | 0.51 | 216.00                           | 9.98            | 424.03                 | 0.1363                        |
|             | 210          | 294           | 0.56 | 216.00                           | 9.10            | 386.82                 | 0.1244                        |
|             | 175          | 245           | 0.63 | 216.00                           | 8.09            | 343.95                 | 0.1106                        |
|             | 140          | 210           | 0.68 | 216.00                           | 7.43            | 315.79                 | 0.1015                        |

| f'c (kg/cm2) | "b/bo" | PORCENTAJE AGREGADO FINO (%) | PORCENTAJE AGREGADO GRUESO (%) | VOLUMEN AGREGADO FINO (m3) | VOLUMEN AGREGADO GRUESO (m3) | AGREGADO FINO (kg/m3) | AGREGADO GRUESO (kg/m3) |
|--------------|--------|------------------------------|--------------------------------|----------------------------|------------------------------|-----------------------|-------------------------|
| a/c = 0.45   | 0.48   | 57.63                        | 42.37                          | 0.348                      | 0.256                        | 759.61                | 456.06                  |
| a/c = 0.50   | 0.48   | 58.68                        | 41.32                          | 0.364                      | 0.256                        | 793.25                | 456.06                  |
| 280          | 0.48   | 57.99                        | 42.01                          | 0.354                      | 0.256                        | 771.16                | 456.06                  |
| 245          | 0.48   | 58.85                        | 41.15                          | 0.366                      | 0.256                        | 798.84                | 456.06                  |
| 210          | 0.48   | 59.63                        | 40.37                          | 0.378                      | 0.256                        | 824.92                | 456.06                  |
| 175          | 0.48   | 60.49                        | 39.51                          | 0.392                      | 0.256                        | 854.97                | 456.06                  |
| 140          | 0.48   | 61.03                        | 38.97                          | 0.401                      | 0.256                        | 874.71                | 456.06                  |

**PESO kg DE MATERIALES SECO POR m3 DE CONCRETO**

|             | f'c (kg/cm2) | a/c  | CEMENTO (kg/m3) | AGREGADO FINO (kg/m3) | AGREGADO GRUESO (kg/m3) | AGUA (lt/m3) | PESO TOTAL (kg/m3) |
|-------------|--------------|------|-----------------|-----------------------|-------------------------|--------------|--------------------|
| Durabilidad |              | 0.45 | 480.00          | 759.61                | 456.06                  | 216.00       | 1911.67            |
|             |              | 0.50 | 432.00          | 793.25                | 456.06                  | 216.00       | 1897.32            |
|             | 280          | 0.47 | 463.52          | 771.16                | 456.06                  | 216.00       | 1906.74            |
| Resistencia | 245          | 0.51 | 424.03          | 798.84                | 456.06                  | 216.00       | 1894.93            |
|             | 210          | 0.56 | 386.82          | 824.92                | 456.06                  | 216.00       | 1883.81            |
|             | 175          | 0.63 | 343.95          | 854.97                | 456.06                  | 216.00       | 1870.99            |
|             | 140          | 0.68 | 315.79          | 874.71                | 456.06                  | 216.00       | 1862.57            |

**PESO kg DE MATERIALES HUMEDOS POR m3 DE CONCRETO**

|             | f'c (kg/cm2) | a/c  | CEMENTO (kg/m3) | AGREGADO FINO (kg/m3) | AGREGADO GRUESO (kg/m3) | AGUA EFECTIVA (lt/m3) | PESO TOTAL (kg/m3) |
|-------------|--------------|------|-----------------|-----------------------|-------------------------|-----------------------|--------------------|
| Durabilidad |              | 0.45 | 480.00          | 775.48                | 463.86                  | 293.44                | 2012.78            |
|             |              | 0.50 | 432.00          | 809.83                | 463.86                  | 295.71                | 2001.41            |
|             | 280          | 0.47 | 463.52          | 787.28                | 463.86                  | 294.22                | 2008.88            |
| Resistencia | 245          | 0.51 | 424.03          | 815.54                | 463.86                  | 296.09                | 1999.52            |
|             | 210          | 0.56 | 386.82          | 842.16                | 463.86                  | 297.85                | 1990.70            |
|             | 175          | 0.63 | 343.95          | 872.84                | 463.86                  | 299.88                | 1980.54            |
|             | 140          | 0.68 | 315.79          | 892.99                | 463.86                  | 301.22                | 1973.86            |

## B.2. AGREGADO VOLCÁNICO AZUL CERRO ACUCHIMAY - QUICAPATA ALREDEDOR

### DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO LIVIANO CON AGREGADO LIVIANO

**PROYECTO :** TESIS: "PROPIEDADES FISICAS Y MECANICAS DE LA ROCA VOLCANICA DEL CERRO ACUCHIMAY PARA EL DISEÑO DE CONCRETO LIVIANO"

**SOLICITUD :** BACH. CARLOS EDUARDO VENTURA AYALA      **REGION :** AYACUCHO

**CANTERA :** CERRO ACUCHIMAY ALREDEDOR      **PROVINCIA :** HUAMANGA

**MATERIAL :** AGREGADO GRUESO Y AGREGADO FINO TIPO II      **DISTRITO :** CARMEN ALTO

**FECHA :** AGOSTO 2015      **LUGAR :** QUICAPATA

#### APORTE DE HUMEDAD DE LOS AGREGADOS

| f'c (kg/cm <sup>2</sup> ) | HUMEDAD SUPERFICIAL |                     | APORTE DE HUMEDAD                  |                                      | APORTE DE HUMEDAD DE LOS AGREGADOS (lt/m <sup>3</sup> ) | AGUA (lt/m <sup>3</sup> ) | AGUA EFECTIVA (lt/m <sup>3</sup> ) |
|---------------------------|---------------------|---------------------|------------------------------------|--------------------------------------|---|---------------------------|------------------------------------|
|                           | AGREGADO FINO (%)   | AGREGADO GRUESO (%) | AGREGADO FINO (lt/m <sup>3</sup> ) | AGREGADO GRUESO (lt/m <sup>3</sup> ) |   |                           |                                    |
| a/c = 0.45                | -6.76               | -5.72               | -51.35                             | -26.09                               | -77.44  | 216.00                    | 293.44                             |
| a/c = 0.50                | -6.76               | -5.72               | -53.62                             | -26.09                               | -79.71  | 216.00                    | 295.71                             |
| 280                       | -6.76               | -5.72               | -52.13                             | -26.09                               | -78.22  | 216.00                    | 294.22                             |
| 245                       | -6.76               | -5.72               | -54.00                             | -26.09                               | -80.09  | 216.00                    | 296.09                             |
| 210                       | -6.76               | -5.72               | -55.76                             | -26.09                               | -81.85  | 216.00                    | 297.85                             |
| 175                       | -6.76               | -5.72               | -57.80                             | -26.09                               | -83.88  | 216.00                    | 299.88                             |
| 140                       | -6.76               | -5.72               | -59.13                             | -26.09                               | -85.22  | 216.00                    | 301.22                             |

#### DOSIFICACION EN PESO SECO (C : AF : AG : AGUA lt/bolsa)

|             | f'c (kg/cm <sup>2</sup> ) | a/c  | CEMENTO | AGREGADO FINO | AGREGADO GRUESO | AGUA (lt/bolsa) |
|-------------|---------------------------|------|---------|---------------|-----------------|-----------------|
| Durabilidad |                           | 0.45 | 1.00    | 1.58          | 0.95            | 19.13           |
|             |                           | 0.50 | 1.00    | 1.84          | 1.06            | 21.25           |
|             | 280                       | 0.47 | 1.00    | 1.66          | 0.98            | 19.81           |
| Resistencia | 245                       | 0.51 | 1.00    | 1.88          | 1.08            | 21.65           |
|             | 210                       | 0.56 | 1.00    | 2.13          | 1.18            | 23.73           |
|             | 175                       | 0.63 | 1.00    | 2.49          | 1.33            | 26.69           |
|             | 140                       | 0.68 | 1.00    | 2.77          | 1.44            | 29.07           |

#### PESO SECO POR TANDA DE UN BOLSA DE CEMENTO (C : AF : AG : AGUA lt/bolsa)

|             | f'c (kg/cm <sup>2</sup> ) | a/c  | CEMENTO (kg/saco) | AGREGADO FINO (kg/saco) | AGREGADO GRUESO (kg/m <sup>3</sup> ) | AGUA (lt/bolsa) |
|-------------|---------------------------|------|-------------------|-------------------------|--------------------------------------|-----------------|
| Durabilidad |                           | 0.45 | 42.50             | 67.26                   | 40.38                                | 19.13           |
|             |                           | 0.50 | 42.50             | 78.04                   | 44.87                                | 21.25           |
|             | 280                       | 0.47 | 42.50             | 70.71                   | 41.82                                | 19.81           |
| Resistencia | 245                       | 0.51 | 42.50             | 80.07                   | 45.71                                | 21.65           |
|             | 210                       | 0.56 | 42.50             | 90.63                   | 50.11                                | 23.73           |
|             | 175                       | 0.63 | 42.50             | 105.64                  | 56.35                                | 26.69           |
|             | 140                       | 0.68 | 42.50             | 117.72                  | 61.38                                | 29.07           |

#### DOSIFICACION EN PESO HUMEDO (C : AF : AG : AGUA lt/bolsa)

|             | f'c (kg/cm <sup>2</sup> ) | a/c  | CEMENTO | AGREGADO FINO | AGREGADO GRUESO | AGUA EFECTIVA (lt/bolsa) |
|-------------|---------------------------|------|---------|---------------|-----------------|--------------------------|
| Durabilidad |                           | 0.45 | 1.00    | 1.62          | 0.97            | 25.98                    |
|             |                           | 0.50 | 1.00    | 1.87          | 1.07            | 29.09                    |
|             | 280                       | 0.47 | 1.00    | 1.70          | 1.00            | 26.98                    |
| Resistencia | 245                       | 0.51 | 1.00    | 1.92          | 1.09            | 29.68                    |
|             | 210                       | 0.56 | 1.00    | 2.18          | 1.20            | 32.73                    |
|             | 175                       | 0.63 | 1.00    | 2.54          | 1.35            | 37.05                    |
|             | 140                       | 0.68 | 1.00    | 2.83          | 1.47            | 40.54                    |

## B.2. AGREGADO VOLCÁNICO AZUL CERRO ACUCHIMAY - QUICAPATA ALREDEDOR

### DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO LIVIANO CON AGREGADO LIVIANO

**PROYECTO :** TESIS: "PROPIEDADES FÍSICAS Y MECANICAS DE LA ROCA VOLCANICA DEL CERRO ACUCHIMAY PARA EL DISEÑO DE CONCRETO LIVIANO"

**SOLICITUD :** BACH. CARLOS EDUARDO VENTURA AYALA      **REGION :** AYACUCHO

**CANTERA :** CERRO ACUCHIMAY ALREDEDOR      **PROVINCIA :** HUAMANGA

**MATERIAL :** AGREGADO GRUESO Y AGREGADO FINO TIPO II      **DISTRITO :** CARMEN ALTO

**FECHA :** AGOSTO 2015      **LUGAR :** QUICAPATA

#### PESO HUMEDO POR TANDA DE UN BOLSA DE CEMENTO (C : AF : AG : AGUA lt/bolsa)

|             | f'c (kg/cm <sup>2</sup> ) | a/c  | CEMENTO (kg/saco) | AGREGADO FINO (kg/saco) | AGREGADO GRUESO (kg/m <sup>3</sup> ) | AGUA EFECTIVA (lt/bolsa) |
|-------------|---------------------------|------|-------------------|-------------------------|--------------------------------------|--------------------------|
| Durabilidad |                           | 0.45 | 42.50             | 68.66                   | 41.07                                | 25.98                    |
|             |                           | 0.50 | 42.50             | 79.67                   | 45.63                                | 29.09                    |
|             | 280                       | 0.47 | 42.50             | 72.19                   | 42.53                                | 26.98                    |
|             | 245                       | 0.51 | 42.50             | 81.74                   | 46.49                                | 29.68                    |
| Resistencia | 210                       | 0.56 | 42.50             | 92.53                   | 50.96                                | 32.73                    |
|             | 175                       | 0.63 | 42.50             | 107.85                  | 57.32                                | 37.05                    |
|             | 140                       | 0.68 | 42.50             | 120.18                  | 62.43                                | 40.54                    |

#### RESUMEN DE DOSIFICACIÓN METODO ACI 211.2

|             | f'c (kg/cm <sup>2</sup> ) | f'cr (kg/cm <sup>2</sup> ) | a/c  | VOLUMEN UNITARIO DE AGUA (lt/m <sup>3</sup> ) | CEMENTO (bt/m <sup>3</sup> ) | FACTOR CEMENTO (kg/m <sup>3</sup> ) | VOLUMEN ABSOLUTO CEMENTO (m <sup>3</sup> ) |
|-------------|---------------------------|----------------------------|------|---|------------------------------|-------------------------------------|--|
| Durabilidad |                           |                            | 0.45 | 217.00  | 11.35                        | 482.22                              | 0.1551                                     |
|             |                           |                            | 0.50 | 217.00  | 10.21                        | 434.00                              | 0.1395                                     |
|             | 280                       | 364                        | 0.46 | 217.00  | 11.15                        | 473.80                              | 0.1523                                     |
|             | 245                       | 329                        | 0.50 | 217.00  | 10.21                        | 434.00                              | 0.1395                                     |
| Resistencia | 210                       | 294                        | 0.55 | 217.00  | 9.27                         | 394.19                              | 0.1267                                     |
|             | 175                       | 245                        | 0.63 | 217.00  | 8.16                         | 346.98                              | 0.1116                                     |
|             | 140                       | 210                        | 0.68 | 217.00  | 7.47                         | 317.53                              | 0.1021                                     |

| f'c (kg/cm <sup>2</sup> ) | "b/bo" ACI 211.2 | PORCENTAJE AGREGADO FINO (%) | PORCENTAJE AGREGADO GRUESO (%) | VOLUMEN AGREGADO FINO (m <sup>3</sup> ) | VOLUMEN AGREGADO GRUESO (m <sup>3</sup> ) | AGREGADO FINO (kg/m <sup>3</sup> ) | AGREGADO GRUESO (kg/m <sup>3</sup> ) |
|---------------------------|------------------|------------------------------|--------------------------------|---|---|------------------------------------|--------------------------------------|
| a/c = 0.45                | 0.56             | 50.44                        | 49.56                          | 0.304                                   | 0.299                                     | 662.97                             | 531.92                               |
| a/c = 0.50                | 0.56             | 51.68                        | 48.32                          | 0.320                                   | 0.299                                     | 696.77                             | 531.92                               |
| 280                       | 0.56             | 50.66                        | 49.34                          | 0.307                                   | 0.299                                     | 668.87                             | 531.92                               |
| 245                       | 0.56             | 51.68                        | 48.32                          | 0.320                                   | 0.299                                     | 696.77                             | 531.92                               |
| 210                       | 0.56             | 52.66                        | 47.34                          | 0.332                                   | 0.299                                     | 724.68                             | 531.92                               |
| 175                       | 0.56             | 53.77                        | 46.23                          | 0.348                                   | 0.299                                     | 757.77                             | 531.92                               |
| 140                       | 0.56             | 54.44                        | 45.56                          | 0.357                                   | 0.299                                     | 778.41                             | 531.92                               |

#### PESO kg DE MATERIALES SECO POR m<sup>3</sup> DE CONCRETO

|             | f'c (kg/cm <sup>2</sup> ) | a/c  | CEMENTO (kg/m <sup>3</sup> ) | AGREGADO FINO (kg/m <sup>3</sup> ) | AGREGADO GRUESO (kg/m <sup>3</sup> ) | AGUA (lt/m <sup>3</sup> ) | PESO TOTAL (kg/m <sup>3</sup> ) |
|-------------|---------------------------|------|------------------------------|------------------------------------|--------------------------------------|---------------------------|---------------------------------|
| Durabilidad |                           | 0.45 | 482.22                       | 662.97                             | 531.92                               | 217.00                    | 1894.11                         |
|             |                           | 0.50 | 434.00                       | 696.77                             | 531.92                               | 217.00                    | 1879.69                         |
|             | 280                       | 0.46 | 473.80                       | 668.87                             | 531.92                               | 217.00                    | 1891.59                         |
|             | 245                       | 0.50 | 434.00                       | 696.77                             | 531.92                               | 217.00                    | 1879.69                         |
| Resistencia | 210                       | 0.55 | 394.19                       | 724.68                             | 531.92                               | 217.00                    | 1867.78                         |
|             | 175                       | 0.63 | 346.98                       | 757.77                             | 531.92                               | 217.00                    | 1853.67                         |
|             | 140                       | 0.68 | 317.53                       | 778.41                             | 531.92                               | 217.00                    | 1844.86                         |



## B.2. AGREGADO VOLCÁNICO AZUL CERRO ACUCHIMAY - QUICAPATA ALREDEDOR

### DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO LIVIANO CON AGREGADO LIVIANO

PROYECTO : TESIS: "PROPIEDADES FISICAS Y MECANICAS DE LA ROCA VOLCANICA DEL CERRO ACUCHIMAY PARA EL DISEÑO DE CONCRETO LIVIANO"

SOLICITUD : BACH. CARLOS EDUARDO VENTURA AYALA      REGION : AYACUCHO  
 CANTERA : CERRO ACUCHIMAY ALREDEDOR      PROVINCIA : HUAMANGA  
 MATERIAL : AGREGADO GRUESO Y AGREGADO FINO TIPO II      DISTRITO : CARMEN ALTO  
 FECHA : AGOSTO 2015      LUGAR : QUICAPATA

#### PESO kg DE MATERIALES HUMEDOS POR m<sup>3</sup> DE CONCRETO

|             | f'c (kg/cm <sup>2</sup> ) | a/c  | CEMENTO (kg/m <sup>3</sup> ) | AGREGADO FINO (kg/m <sup>3</sup> ) | AGREGADO GRUESO (kg/m <sup>3</sup> ) | AGUA EFECTIVA (lt/m <sup>3</sup> ) | PESO TOTAL (kg/m <sup>3</sup> ) |
|-------------|---------------------------|------|------------------------------|------------------------------------|--------------------------------------|------------------------------------|---------------------------------|
| Durabilidad |                           | 0.45 | 482.22                       | 676.83                             | 541.01                               | 292.24                             | 1992.30                         |
|             |                           | 0.50 | 434.00                       | 711.33                             | 541.01                               | 294.53                             | 1980.88                         |
|             | 280                       | 0.46 | 473.80                       | 682.85                             | 541.01                               | 292.64                             | 1990.31                         |
|             | 245                       | 0.50 | 434.00                       | 711.33                             | 541.01                               | 294.53                             | 1980.88                         |
| Resistencia | 210                       | 0.55 | 394.19                       | 739.82                             | 541.01                               | 296.41                             | 1971.44                         |
|             | 175                       | 0.63 | 346.98                       | 773.61                             | 541.01                               | 298.65                             | 1960.25                         |
|             | 140                       | 0.68 | 317.53                       | 794.68                             | 541.01                               | 300.05                             | 1953.27                         |

#### APORTE DE HUMEDAD DE LOS AGREGADOS

| f'c (kg/cm <sup>2</sup> ) | HUMEDAD SUPERFICIAL |                     | APORTE DE HUMEDAD                  |                                      | APORTE DE HUMEDAD DE LOS AGREGADOS (lt/m <sup>3</sup> ) | AGUA (lt/m <sup>3</sup> ) | AGUA EFECTIVA (lt/m <sup>3</sup> ) |
|---------------------------|---------------------|---------------------|------------------------------------|--------------------------------------|---|---------------------------|------------------------------------|
|                           | AGREGADO FINO (%)   | AGREGADO GRUESO (%) | AGREGADO FINO (lt/m <sup>3</sup> ) | AGREGADO GRUESO (lt/m <sup>3</sup> ) |   |                           |                                    |
| a/c = 0.45                | -6.76               | -5.72               | -44.82                             | -30.43                               | -75.24  | 217.00                    | 292.24                             |
| a/c = 0.50                | -6.76               | -5.72               | -47.10                             | -30.43                               | -77.53  | 217.00                    | 294.53                             |
| 280                       | -6.76               | -5.72               | -45.22                             | -30.43                               | -75.64  | 217.00                    | 292.64                             |
| 245                       | -6.76               | -5.72               | -47.10                             | -30.43                               | -77.53  | 217.00                    | 294.53                             |
| 210                       | -6.76               | -5.72               | -48.99                             | -30.43                               | -79.41  | 217.00                    | 296.41                             |
| 175                       | -6.76               | -5.72               | -51.23                             | -30.43                               | -81.65  | 217.00                    | 298.65                             |
| 140                       | -6.76               | -5.72               | -52.62                             | -30.43                               | -83.05  | 217.00                    | 300.05                             |

#### DOSIFICACION EN PESO SECO (C : AF : AG : AGUA lt/bolsa)

|             | f'c (kg/cm <sup>2</sup> ) | a/c  | CEMENTO | AGREGADO FINO | AGREGADO GRUESO | AGUA (lt/bolsa) |
|-------------|---------------------------|------|---------|---------------|-----------------|-----------------|
| Durabilidad |                           | 0.45 | 1.00    | 1.37          | 1.10            | 19.13           |
|             |                           | 0.50 | 1.00    | 1.61          | 1.23            | 21.25           |
|             | 280                       | 0.46 | 1.00    | 1.41          | 1.12            | 19.47           |
|             | 245                       | 0.50 | 1.00    | 1.61          | 1.23            | 21.25           |
| Resistencia | 210                       | 0.55 | 1.00    | 1.84          | 1.35            | 23.40           |
|             | 175                       | 0.63 | 1.00    | 2.18          | 1.53            | 26.58           |
|             | 140                       | 0.68 | 1.00    | 2.45          | 1.68            | 29.04           |

#### PESO SECO POR TANDA DE UN BOLSA DE CEMENTO (C : AF : AG : AGUA lt/bolsa)

|             | f'c (kg/cm <sup>2</sup> ) | a/c  | CEMENTO (kg/saco) | AGREGADO FINO (kg/saco) | AGREGADO GRUESO (kg/m <sup>3</sup> ) | AGUA (lt/bolsa) |
|-------------|---------------------------|------|-------------------|-------------------------|--------------------------------------|-----------------|
| Durabilidad |                           | 0.45 | 42.50             | 58.43                   | 46.88                                | 19.13           |
|             |                           | 0.50 | 42.50             | 68.23                   | 52.09                                | 21.25           |
|             | 280                       | 0.46 | 42.50             | 60.00                   | 47.71                                | 19.47           |
|             | 245                       | 0.50 | 42.50             | 68.23                   | 52.09                                | 21.25           |
| Resistencia | 210                       | 0.55 | 42.50             | 78.13                   | 57.35                                | 23.40           |
|             | 175                       | 0.63 | 42.50             | 92.82                   | 65.15                                | 26.58           |
|             | 140                       | 0.68 | 42.50             | 104.19                  | 71.19                                | 29.04           |

## B.2. AGREGADO VOLCÁNICO AZUL CERRO ACUCHIMAY - QUICAPATA ALREDEDOR

### DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO LIVIANO CON AGREGADO LIVIANO

**PROYECTO :** TESIS: "PROPIEDADES FISICAS Y MECANICAS DE LA ROCA VOLCANICA DEL CERRO ACUCHIMAY PARA EL DISEÑO DE CONCRETO LIVIANO"

**SOLICITUD :** BACH. CARLOS EDUARDO VENTURA AYALA      **REGION :** AYACUCHO  
**CANTERA :** CERRO ACUCHIMAY ALREDEDOR      **PROVINCIA :** HUAMANGA  
**MATERIAL :** AGREGADO GRUESO Y AGREGADO FINO TIPO II      **DISTRITO :** CARMEN ALTO  
**FECHA :** AGOSTO 2015      **LUGAR :** QUICAPATA

#### DOSIFICACION EN PESO HUMEDO (C : AF : AG : AGUA lt/bolsa)

|             | f'c (kg/cm <sup>2</sup> ) | a/c  | CEMENTO | AGREGADO FINO | AGREGADO GRUESO | AGUA EFECTIVA (lt/bolsa) |
|-------------|---------------------------|------|---------|---------------|-----------------|--------------------------|
| Durabilidad |                           | 0.45 | 1.00    | 1.40          | 1.12            | 25.76                    |
|             |                           | 0.50 | 1.00    | 1.64          | 1.25            | 28.84                    |
|             | 280                       | 0.46 | 1.00    | 1.44          | 1.14            | 26.25                    |
| Resistencia | 245                       | 0.50 | 1.00    | 1.64          | 1.25            | 28.84                    |
|             | 210                       | 0.55 | 1.00    | 1.88          | 1.37            | 31.96                    |
|             | 175                       | 0.63 | 1.00    | 2.23          | 1.56            | 36.58                    |
|             | 140                       | 0.68 | 1.00    | 2.50          | 1.70            | 40.16                    |

#### PESO HUMEDO POR TANDA DE UN BOLSA DE CEMENTO (C : AF : AG : AGUA lt/bolsa)

|             | f'c (kg/cm <sup>2</sup> ) | a/c  | CEMENTO (kg/saco) | AGREGADO FINO (kg/saco) | AGREGADO GRUESO (kg/m <sup>3</sup> ) | AGUA EFECTIVA (lt/bolsa) |
|-------------|---------------------------|------|-------------------|-------------------------|--------------------------------------|--------------------------|
| Durabilidad |                           | 0.45 | 42.50             | 59.65                   | 47.68                                | 25.76                    |
|             |                           | 0.50 | 42.50             | 69.66                   | 52.98                                | 28.84                    |
|             | 280                       | 0.46 | 42.50             | 61.25                   | 48.53                                | 26.25                    |
| Resistencia | 245                       | 0.50 | 42.50             | 69.66                   | 52.98                                | 28.84                    |
|             | 210                       | 0.55 | 42.50             | 79.77                   | 58.33                                | 31.96                    |
|             | 175                       | 0.63 | 42.50             | 94.76                   | 66.27                                | 36.58                    |
|             | 140                       | 0.68 | 42.50             | 106.36                  | 72.41                                | 40.16                    |

#### RESUMEN DE DOSIFICACIÓN METODO DE MODULO DE FINEZA

|             | f'c (kg/cm <sup>2</sup> ) | f'cr (kg/cm <sup>2</sup> ) | a/c  | VOLUMEN UNITARIO DE AGUA (lt/m <sup>3</sup> ) | CEMENTO (bl/m <sup>3</sup> ) | FACTOR CEMENTO (kg/m <sup>3</sup> ) | VOLUMEN ABSOLUTO CEMENTO (m <sup>3</sup> ) |
|-------------|---------------------------|----------------------------|------|---|------------------------------|-------------------------------------|--|
| Durabilidad |                           |                            | 0.45 | 216.00  | 11.29                        | 480.00                              | 0.1543                                     |
|             |                           |                            | 0.50 | 216.00  | 10.16                        | 432.00                              | 0.1389                                     |
|             | 280                       | 364                        | 0.47 | 216.00  | 10.91                        | 463.52                              | 0.1490                                     |
| Resistencia | 245                       | 329                        | 0.51 | 216.00  | 9.98                         | 424.03                              | 0.1363                                     |
|             | 210                       | 294                        | 0.56 | 216.00  | 9.10                         | 386.82                              | 0.1244                                     |
|             | 175                       | 245                        | 0.63 | 216.00  | 8.09                         | 343.95                              | 0.1106                                     |
|             | 140                       | 210                        | 0.68 | 216.00  | 7.43                         | 315.79                              | 0.1015                                     |

#### MODULO DE FINEZA DE COMBINACION DE AGREGADOS "m"

| f'c (kg/cm <sup>2</sup> ) | "m"  | PORCENTAJE AGREGADO FINO (%) | PORCENTAJE AGREGADO GRUESO (%) | VOLUMEN AGREGADO FINO (m <sup>3</sup> ) | VOLUMEN AGREGADO GRUESO (m <sup>3</sup> ) | AGREGADO FINO (kg/m <sup>3</sup> ) | AGREGADO GRUESO (kg/m <sup>3</sup> ) |
|---------------------------|------|------------------------------|--------------------------------|---|---|------------------------------------|--------------------------------------|
| a/c = 0.45                | 4.82 | 57.53                        | 42.47                          | 0.348                                   | 0.257                                     | 758.29                             | 457.14                               |
| a/c = 0.50                | 4.77 | 59.00                        | 41.00                          | 0.366                                   | 0.254                                     | 797.62                             | 452.50                               |
| 280                       | 4.83 | 57.11                        | 42.89                          | 0.348                                   | 0.262                                     | 759.38                             | 465.69                               |
| 245                       | 4.76 | 59.48                        | 40.52                          | 0.370                                   | 0.252                                     | 807.32                             | 449.14                               |
| 210                       | 4.70 | 61.43                        | 38.57                          | 0.390                                   | 0.245                                     | 849.92                             | 435.65                               |
| 175                       | 4.62 | 63.98                        | 36.02                          | 0.415                                   | 0.234                                     | 904.37                             | 415.73                               |
| 140                       | 4.57 | 65.49                        | 34.51                          | 0.431                                   | 0.227                                     | 938.66                             | 403.85                               |

**B.2. AGREGADO VOLCÁNICO AZUL CERRO ACUCHIMAY - QUICAPATA  
ALREDEDOR**

**DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO LIVIANO CON AGREGADO LIVIANO**

**PROYECTO :** TESIS: "PROPIEDADES FÍSICAS Y MECANICAS DE LA ROCA VOLCANICA DEL CERRO ACUCHIMAY PARA EL DISEÑO DE CONCRETO LIVIANO"

**SOLICITUD :** BACH. CARLOS EDUARDO VENTURA AYALA      **REGION :** AYACUCHO  
**CANTERA :** CERRO ACUCHIMAY ALREDEDOR      **PROVINCIA :** HUAMANGA  
**MATERIAL :** AGREGADO GRUESO Y AGREGADO FINO TIPO II      **DISTRITO :** CARMEN ALTO  
**FECHA :** AGOSTO 2015      **LUGAR :** QUICAPATA

**PESO kg DE MATERIALES SECO POR m3 DE CONCRETO**

| f'c (kg/cm <sup>2</sup> ) | a/c  | CEMENTO (kg/m <sup>3</sup> ) | AGREGADO FINO (kg/m <sup>3</sup> ) | AGREGADO GRUESO (kg/m <sup>3</sup> ) | AGUA (lt/m <sup>3</sup> ) | TOTAL (kg/m <sup>3</sup> ) |
|---------------------------|------|------------------------------|------------------------------------|--------------------------------------|---------------------------|----------------------------|
|                           | 0.45 | 480.00                       | 758.29                             | 457.14                               | 216.00                    | 1911.43                    |
|                           | 0.50 | 432.00                       | 797.62                             | 452.50                               | 216.00                    | 1898.12                    |
| 280                       | 0.47 | 463.52                       | 759.38                             | 465.69                               | 216.00                    | 1904.58                    |
| 245                       | 0.51 | 424.03                       | 807.32                             | 449.14                               | 216.00                    | 1896.49                    |
| 210                       | 0.56 | 386.82                       | 849.92                             | 435.65                               | 216.00                    | 1888.39                    |
| 175                       | 0.63 | 343.95                       | 904.37                             | 415.73                               | 216.00                    | 1880.05                    |
| 140                       | 0.68 | 315.79                       | 938.66                             | 403.85                               | 216.00                    | 1874.30                    |

**PESO kg DE MATERIALES HUMEDOS POR m3 DE CONCRETO**

| f'c (kg/cm <sup>2</sup> ) | a/c  | CEMENTO (kg/m <sup>3</sup> ) | AGREGADO FINO (kg/m <sup>3</sup> ) | AGREGADO GRUESO (kg/m <sup>3</sup> ) | AGUA EFECTIVA (lt/m <sup>3</sup> ) | TOTAL (kg/m <sup>3</sup> ) |         |
|---------------------------|------|------------------------------|------------------------------------|--------------------------------------|------------------------------------|----------------------------|---------|
| Durabilidad               | 0.45 | 480.00                       | 774.14                             | 464.95                               | 293.41                             | 2012.50                    |         |
|                           | 0.50 | 432.00                       | 814.29                             | 460.24                               | 295.80                             | 2002.33                    |         |
| Resistencia               | 280  | 463.52                       | 775.25                             | 473.65                               | 293.97                             | 2006.39                    |         |
|                           | 245  | 424.03                       | 824.20                             | 456.82                               | 296.27                             | 2001.31                    |         |
|                           | 210  | 386.82                       | 867.69                             | 443.10                               | 298.37                             | 1995.98                    |         |
|                           | 175  | 343.95                       | 923.27                             | 422.84                               | 300.92                             | 1990.98                    |         |
|                           | 140  | 0.68                         | 315.79                             | 958.28                               | 410.75                             | 302.55                     | 1987.38 |

**APORTE DE HUMEDAD DE LOS AGREGADOS**

| f'c (kg/cm <sup>2</sup> ) | HUMEDAD SUPERFICIAL |                     | APORTE DE HUMEDAD                  |                                      | APORTE DE HUMEDAD DE LOS AGREGADOS (lt/m <sup>3</sup> ) | AGUA (lt/m <sup>3</sup> ) | AGUA EFECTIVA (lt/m <sup>3</sup> ) |
|---------------------------|---------------------|---------------------|------------------------------------|--------------------------------------|---|---------------------------|------------------------------------|
|                           | AGREGADO FINO (%)   | AGREGADO GRUESO (%) | AGREGADO FINO (lt/m <sup>3</sup> ) | AGREGADO GRUESO (lt/m <sup>3</sup> ) |   |                           |                                    |
| a/c = 0.45                | -6.76               | -5.72               | -51.26                             | -26.15                               | -77.41  | 216.00                    | 293.41                             |
| a/c = 0.50                | -6.76               | -5.72               | -53.92                             | -25.88                               | -79.80  | 216.00                    | 295.80                             |
| 280                       | -6.76               | -5.72               | -51.33                             | -26.64                               | -77.97  | 216.00                    | 293.97                             |
| 245                       | -6.76               | -5.72               | -54.58                             | -25.69                               | -80.27  | 216.00                    | 296.27                             |
| 210                       | -6.76               | -5.72               | -57.45                             | -24.92                               | -82.37  | 216.00                    | 298.37                             |
| 175                       | -6.76               | -5.72               | -61.14                             | -23.78                               | -84.92  | 216.00                    | 300.92                             |
| 140                       | -6.76               | -5.72               | -63.45                             | -23.10                               | -86.55  | 216.00                    | 302.55                             |

**DOSIFICACION EN PESO SECO (C : AF : AG : AGUA lt/bolsa)**

| f'c (kg/cm <sup>2</sup> ) | a/c  | CEMENTO | AGREGADO FINO | AGREGADO GRUESO | AGUA (lt/bolsa) |
|---------------------------|------|---------|---------------|-----------------|-----------------|
| Durabilidad               | 0.45 | 1.00    | 1.58          | 0.95            | 19.13           |
|                           | 0.50 | 1.00    | 1.85          | 1.05            | 21.25           |
| Resistencia               | 280  | 1.00    | 1.64          | 1.00            | 19.81           |
|                           | 245  | 0.51    | 1.00          | 1.90            | 21.65           |
|                           | 210  | 0.56    | 1.00          | 2.20            | 23.73           |
|                           | 175  | 0.63    | 1.00          | 2.63            | 26.69           |
|                           | 140  | 0.68    | 1.00          | 2.97            | 29.07           |

**B.2. AGREGADO VOLCÁNICO AZUL CERRO ACUCHIMAY - QUICAPATA  
ALREDEDOR**

**DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO LIVIANO CON AGREGADO LIVIANO**

**PROYECTO :** TESIS: "PROPIEDADES FISICAS Y MECANICAS DE LA ROCA VOLCANICA DEL CERRO ACUCHIMAY PARA EL DISEÑO DE CONCRETO LIVIANO"  
**SOLICITUD :** BACH. CARLOS EDUARDO VENTURA AYALA      **REGION :** AYACUCHO  
**CANTERA :** CERRO ACUCHIMAY ALREDEDOR      **PROVINCIA :** HUAMANGA  
**MATERIAL :** AGREGADO GRUESO Y AGREGADO FINO TIPO II      **DISTRITO :** CARMEN ALTO  
**FECHA :** AGOSTO 2015      **LUGAR :** QUICAPATA

**PESO SECO POR TANDA DE UN BOLSA DE CEMENTO (C : AF : AG : AGUA lt/bolsa)**

|             | f'c (kg/cm <sup>2</sup> ) | a/c  | CEMENTO (kg/saco) | AGREGADO FINO (kg/saco) | AGREGADO GRUESO (kg/m <sup>3</sup> ) | AGUA (lt/bolsa) |
|-------------|---------------------------|------|-------------------|-------------------------|--------------------------------------|-----------------|
| Durabilidad |                           | 0.45 | 42.50             | 67.14                   | 40.48                                | 19.13           |
|             |                           | 0.50 | 42.50             | 78.47                   | 44.52                                | 21.25           |
|             | 280                       | 0.47 | 42.50             | 69.63                   | 42.70                                | 19.81           |
| Resistencia | 245                       | 0.51 | 42.50             | 80.92                   | 45.02                                | 21.65           |
|             | 210                       | 0.56 | 42.50             | 93.38                   | 47.87                                | 23.73           |
|             | 175                       | 0.63 | 42.50             | 111.75                  | 51.37                                | 26.69           |
|             | 140                       | 0.68 | 42.50             | 126.33                  | 54.35                                | 29.07           |

**DOSIFICACION EN PESO HUMEDO (C : AF : AG : AGUA lt/bolsa)**

|             | f'c (kg/cm <sup>2</sup> ) | a/c  | CEMENTO | AGREGADO FINO | AGREGADO GRUESO | AGUA EFECTIVA (lt/bolsa) |
|-------------|---------------------------|------|---------|---------------|-----------------|--------------------------|
| Durabilidad |                           | 0.45 | 1.00    | 1.61          | 0.97            | 25.98                    |
|             |                           | 0.50 | 1.00    | 1.88          | 1.07            | 29.10                    |
|             | 280                       | 0.47 | 1.00    | 1.67          | 1.02            | 26.95                    |
| Resistencia | 245                       | 0.51 | 1.00    | 1.94          | 1.08            | 29.69                    |
|             | 210                       | 0.56 | 1.00    | 2.24          | 1.15            | 32.78                    |
|             | 175                       | 0.63 | 1.00    | 2.68          | 1.23            | 37.18                    |
|             | 140                       | 0.68 | 1.00    | 3.03          | 1.30            | 40.72                    |

**PESO HUMEDO POR TANDA DE UN BOLSA DE CEMENTO (C : AF : AG : AGUA lt/bolsa)**

|             | f'c (kg/cm <sup>2</sup> ) | a/c  | CEMENTO (kg/saco) | AGREGADO FINO (kg/saco) | AGREGADO GRUESO (kg/m <sup>3</sup> ) | AGUA EFECTIVA (lt/bolsa) |
|-------------|---------------------------|------|-------------------|-------------------------|--------------------------------------|--------------------------|
| Durabilidad |                           | 0.45 | 42.50             | 68.54                   | 41.17                                | 25.98                    |
|             |                           | 0.50 | 42.50             | 80.11                   | 45.28                                | 29.10                    |
|             | 280                       | 0.47 | 42.50             | 71.08                   | 43.43                                | 26.95                    |
| Resistencia | 245                       | 0.51 | 42.50             | 82.61                   | 45.79                                | 29.69                    |
|             | 210                       | 0.56 | 42.50             | 95.33                   | 48.68                                | 32.78                    |
|             | 175                       | 0.63 | 42.50             | 114.08                  | 52.25                                | 37.18                    |
|             | 140                       | 0.68 | 42.50             | 128.97                  | 55.28                                | 40.72                    |

**RESUMEN DE DOSIFICACION METODO AGREGADO GLOBAL**

|             | f'c (kg/cm <sup>2</sup> ) | f'cr (kg/cm <sup>2</sup> ) | a/c  | VOLUMEN UNITARIO DE AGUA (lt/m <sup>3</sup> ) | CEMENTO (bt/m <sup>3</sup> ) | FACTOR CEMENTO (kg/m <sup>3</sup> ) | VOLUMEN ABSOLUTO CEMENTO (m <sup>3</sup> ) |
|-------------|---------------------------|----------------------------|------|---|------------------------------|-------------------------------------|--|
| Durabilidad |                           |                            | 0.45 | 216.00  | 11.29                        | 480.00                              | 0.1543                                     |
|             |                           |                            | 0.50 | 216.00  | 10.16                        | 432.00                              | 0.1389                                     |
|             | 280                       | 364                        | 0.47 | 216.00  | 10.91                        | 463.52                              | 0.1490                                     |
| Resistencia | 245                       | 329                        | 0.51 | 216.00  | 9.98                         | 424.03                              | 0.1363                                     |
|             | 210                       | 294                        | 0.56 | 216.00  | 9.10                         | 386.82                              | 0.1244                                     |
|             | 175                       | 245                        | 0.63 | 216.00  | 8.09                         | 343.95                              | 0.1106                                     |
|             | 140                       | 210                        | 0.68 | 216.00  | 7.43                         | 315.79                              | 0.1015                                     |

**B.2. AGREGADO VOLCÁNICO AZUL CERRO ACUCHIMAY - QUICAPATA  
ALREDEDOR**

**DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO LIVIANO CON AGREGADO LIVIANO**

**PROYECTO :** TESIS: "PROPIEDADES FÍSICAS Y MECANICAS DE LA ROCA VOLCANICA DEL CERRO ACUCHIMAY PARA EL DISEÑO DE CONCRETO LIVIANO"  
**SOLICITUD :** BACH. CARLOS EDUARDO VENTURA AYALA      **REGION :** AYACUCHO  
**CANTERA :** CERRO ACUCHIMAY ALREDEDOR      **PROVINCIA :** HUAMANGA  
**MATERIAL :** AGREGADO GRUESO Y AGREGADO FINO TIPO II      **DISTRITO :** CARMEN ALTO  
**FECHA :** AGOSTO 2015      **LUGAR :** QUICAPATA

|             | f'c (kg/cm <sup>2</sup> ) | PORCENTAJE AGREGADO FINO (%) | PORCENTAJE AGREGADO GRUESO (%) | VOLUMEN AGREGADO FINO (m <sup>3</sup> ) | VOLUMEN AGREGADO GRUESO (m <sup>3</sup> ) | AGREGADO FINO (kg/m <sup>3</sup> ) | AGREGADO GRUESO (kg/m <sup>3</sup> ) |
|-------------|---------------------------|------------------------------|--------------------------------|---|---|------------------------------------|--------------------------------------|
| Durabilidad | a/c = 216.00              | 45.00                        | 55.00                          | 0.272                                   | 0.333                                     | 593.17                             | 591.96                               |
|             | a/c = 216.00              | 45.00                        | 55.00                          | 0.279                                   | 0.341                                     | 608.31                             | 607.07                               |
|             | 280                       | 45.00                        | 55.00                          | 0.274                                   | 0.335                                     | 598.37                             | 597.15                               |
| Resistencia | 245                       | 45.00                        | 55.00                          | 0.280                                   | 0.342                                     | 610.83                             | 609.58                               |
|             | 210                       | 45.00                        | 55.00                          | 0.286                                   | 0.349                                     | 622.56                             | 621.29                               |
|             | 175                       | 45.00                        | 55.00                          | 0.292                                   | 0.357                                     | 636.09                             | 634.79                               |
|             | 140                       | 45.00                        | 55.00                          | 0.296                                   | 0.362                                     | 644.97                             | 643.65                               |

**PESO kg DE MATERIALES SECO POR m<sup>3</sup> DE CONCRETO**

|             | f'c (kg/cm <sup>2</sup> ) | a/c  | CEMENTO (kg/m <sup>3</sup> ) | AGREGADO FINO (kg/m <sup>3</sup> ) | AGREGADO GRUESO (kg/m <sup>3</sup> ) | AGUA (lt/m <sup>3</sup> ) | PESO TOTAL (kg/m <sup>3</sup> ) |
|-------------|---------------------------|------|------------------------------|------------------------------------|--------------------------------------|---------------------------|---------------------------------|
| Durabilidad |                           | 0.45 | 480.00                       | 593.17                             | 591.96                               | 216.00                    | 1881.13                         |
|             |                           | 0.50 | 432.00                       | 608.31                             | 607.07                               | 216.00                    | 1863.38                         |
|             | 280                       | 0.47 | 463.52                       | 598.37                             | 597.15                               | 216.00                    | 1875.04                         |
| Resistencia | 245                       | 0.51 | 424.03                       | 610.83                             | 609.58                               | 216.00                    | 1860.44                         |
|             | 210                       | 0.56 | 386.82                       | 622.56                             | 621.29                               | 216.00                    | 1846.68                         |
|             | 175                       | 0.63 | 343.95                       | 636.09                             | 634.79                               | 216.00                    | 1830.82                         |
|             | 140                       | 0.68 | 315.79                       | 644.97                             | 643.65                               | 216.00                    | 1820.41                         |

**PESO kg DE MATERIALES HUMEDOS POR m<sup>3</sup> DE CONCRETO**

|             | f'c (kg/cm <sup>2</sup> ) | a/c  | CEMENTO (kg/m <sup>3</sup> ) | AGREGADO FINO (kg/m <sup>3</sup> ) | AGREGADO GRUESO (kg/m <sup>3</sup> ) | AGUA EFECTIVA (lt/m <sup>3</sup> ) | PESO TOTAL (kg/m <sup>3</sup> ) |
|-------------|---------------------------|------|------------------------------|------------------------------------|--------------------------------------|------------------------------------|---------------------------------|
| Durabilidad |                           | 0.45 | 480.00                       | 605.57                             | 602.08                               | 289.96                             | 1977.61                         |
|             |                           | 0.50 | 432.00                       | 621.03                             | 617.45                               | 291.85                             | 1962.32                         |
|             | 280                       | 0.47 | 463.52                       | 610.88                             | 607.36                               | 290.61                             | 1972.36                         |
| Resistencia | 245                       | 0.51 | 424.03                       | 623.59                             | 620.00                               | 292.16                             | 1959.78                         |
|             | 210                       | 0.56 | 386.82                       | 635.57                             | 631.92                               | 293.62                             | 1947.94                         |
|             | 175                       | 0.63 | 343.95                       | 649.38                             | 645.64                               | 295.31                             | 1934.28                         |
|             | 140                       | 0.68 | 315.79                       | 658.45                             | 654.66                               | 296.42                             | 1925.31                         |

**APORTE DE HUMEDAD DE LOS AGREGADOS 55% AG Y 45% AF**

| f'c (kg/cm <sup>2</sup> ) | HUMEDAD SUPERFICIAL |                     | APORTE DE HUMEDAD                  |                                      | APORTE DE HUMEDAD DE LOS AGREGADOS (lt/m <sup>3</sup> ) | AGUA (lt/m <sup>3</sup> ) | AGUA EFECTIVA (lt/m <sup>3</sup> ) |
|---------------------------|---------------------|---------------------|------------------------------------|--------------------------------------|---|---------------------------|------------------------------------|
|                           | AGREGADO FINO (%)   | AGREGADO GRUESO (%) | AGREGADO FINO (lt/m <sup>3</sup> ) | AGREGADO GRUESO (lt/m <sup>3</sup> ) |   |                           |                                    |
| a/c = 0.45                | -6.76               | -5.72               | -40.10                             | -33.86                               | -73.96  | 216.00                    | 289.96                             |
| a/c = 0.50                | -6.76               | -5.72               | -41.12                             | -34.72                               | -75.85  | 216.00                    | 291.85                             |
| 280                       | -6.76               | -5.72               | -40.45                             | -34.16                               | -74.61  | 216.00                    | 290.61                             |
| 245                       | -6.76               | -5.72               | -41.29                             | -34.87                               | -76.16  | 216.00                    | 292.16                             |
| 210                       | -6.76               | -5.72               | -42.09                             | -35.54                               | -77.62  | 216.00                    | 293.62                             |
| 175                       | -6.76               | -5.72               | -43.00                             | -36.31                               | -79.31  | 216.00                    | 295.31                             |
| 140                       | -6.76               | -5.72               | -43.60                             | -36.82                               | -80.42  | 216.00                    | 296.42                             |

## B.2. AGREGADO VOLCÁNICO AZUL CERRO ACUCHIMAY - QUICAPATA ALREDEDOR

### DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO LIVIANO CON AGREGADO LIVIANO

**PROYECTO :** TESIS: "PROPIEDADES FISICAS Y MECANICAS DE LA ROCA VOLCANICA DEL CERRO ACUCHIMAY PARA EL DISEÑO DE CONCRETO LIVIANO"

**SOLICITUD :** BACH. CARLOS EDUARDO VENTURA AYALA      **REGION :** AYACUCHO  
**CANTERA :** CERRO ACUCHIMAY ALREDEDOR      **PROVINCIA :** HUAMANGA  
**MATERIAL :** AGREGADO GRUESO Y AGREGADO FINO TIPO II      **DISTRITO :** CARMEN ALTO  
**FECHA :** AGOSTO 2015      **LUGAR :** QUICAPATA

#### DOSIFICACION EN PESO SECO (C : AF : AG : AGUA lt/bolsa)

|             | f'c (kg/cm <sup>2</sup> ) | a/c  | CEMENTO | AGREGADO FINO | AGREGADO GRUESO | AGUA (lt/bolsa) |
|-------------|---------------------------|------|---------|---------------|-----------------|-----------------|
| Durabilidad |                           | 0.45 | 1.00    | 1.24          | 1.23            | 19.13           |
|             |                           | 0.50 | 1.00    | 1.41          | 1.41            | 21.25           |
|             | 280                       | 0.47 | 1.00    | 1.29          | 1.29            | 19.81           |
| Resistencia | 245                       | 0.51 | 1.00    | 1.44          | 1.44            | 21.65           |
|             | 210                       | 0.56 | 1.00    | 1.61          | 1.61            | 23.73           |
|             | 175                       | 0.63 | 1.00    | 1.85          | 1.85            | 26.69           |
|             | 140                       | 0.68 | 1.00    | 2.04          | 2.04            | 29.07           |

#### PESO SECO POR TANDA DE UN BOLSA DE CEMENTO (C : AF : AG : AGUA lt/bolsa)

|             | f'c (kg/cm <sup>2</sup> ) | a/c  | CEMENTO (kg/saco) | AGREGADO FINO (kg/saco) | AGREGADO GRUESO (kg/m <sup>3</sup> ) | AGUA (lt/bolsa) |
|-------------|---------------------------|------|-------------------|-------------------------|--------------------------------------|-----------------|
| Durabilidad |                           | 0.45 | 42.50             | 52.52                   | 52.41                                | 19.13           |
|             |                           | 0.50 | 42.50             | 59.85                   | 59.72                                | 21.25           |
|             | 280                       | 0.47 | 42.50             | 54.86                   | 54.75                                | 19.81           |
| Resistencia | 245                       | 0.51 | 42.50             | 61.22                   | 61.10                                | 21.65           |
|             | 210                       | 0.56 | 42.50             | 68.40                   | 68.26                                | 23.73           |
|             | 175                       | 0.63 | 42.50             | 78.60                   | 78.44                                | 26.69           |
|             | 140                       | 0.68 | 42.50             | 86.80                   | 86.63                                | 29.07           |

#### DOSIFICACION EN PESO HUMEDO (C : AF : AG : AGUA lt/bolsa)

|             | f'c (kg/cm <sup>2</sup> ) | a/c  | CEMENTO | AGREGADO FINO | AGREGADO GRUESO | AGUA EFECTIVA (lt/bolsa) |
|-------------|---------------------------|------|---------|---------------|-----------------|--------------------------|
| Durabilidad |                           | 0.45 | 1.00    | 1.26          | 1.25            | 25.67                    |
|             |                           | 0.50 | 1.00    | 1.44          | 1.43            | 28.71                    |
|             | 280                       | 0.47 | 1.00    | 1.32          | 1.31            | 26.65                    |
| Resistencia | 245                       | 0.51 | 1.00    | 1.47          | 1.46            | 29.28                    |
|             | 210                       | 0.56 | 1.00    | 1.64          | 1.63            | 32.26                    |
|             | 175                       | 0.63 | 1.00    | 1.89          | 1.88            | 36.49                    |
|             | 140                       | 0.68 | 1.00    | 2.09          | 2.07            | 39.89                    |

#### PESO HUMEDO POR TANDA DE UN BOLSA DE CEMENTO (C : AF : AG : AGUA lt/bolsa)

|             | f'c (kg/cm <sup>2</sup> ) | a/c  | CEMENTO (kg/saco) | AGREGADO FINO (kg/saco) | AGREGADO GRUESO (kg/m <sup>3</sup> ) | AGUA EFECTIVA (lt/bolsa) |
|-------------|---------------------------|------|-------------------|-------------------------|--------------------------------------|--------------------------|
| Durabilidad |                           | 0.45 | 42.50             | 53.62                   | 53.31                                | 25.67                    |
|             |                           | 0.50 | 42.50             | 61.10                   | 60.74                                | 28.71                    |
|             | 280                       | 0.47 | 42.50             | 56.01                   | 55.69                                | 26.65                    |
| Resistencia | 245                       | 0.51 | 42.50             | 62.50                   | 62.14                                | 29.28                    |
|             | 210                       | 0.56 | 42.50             | 69.83                   | 69.43                                | 32.26                    |
|             | 175                       | 0.63 | 42.50             | 80.24                   | 79.78                                | 36.49                    |
|             | 140                       | 0.68 | 42.50             | 88.62                   | 88.11                                | 39.89                    |

## **Apéndice C**

# **RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO LIVIANO**

### **C.1. AGREGADO VOLCÁNICO ROJO CERRO ACUCHIMAY**

Realizado en los laboratorios de INGEOTECON

# C.1. AGREGADO VOLCÁNICO ROJO CERRO ACUCHIMAY



**INGEOTECON**  
CONSULTORES Y EJECUTORES EN INGENIERIA  
AREA DE LABORATORIO DE GEOTECNIA Y CONCRETO

**ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION SIMPLE DEL CONCRETO  
NORMAS ASTM C 39 / MTC E 704 - 2000**

PROYECTO : TESIS "PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE LA ROCA VOLCÁNICA DEL CERRO ACUCHIMAY PARA EL DISEÑO DE CONCRETO LIVIANO EN LA CIUDAD DE AYACUCHO, PERÚ".

SOLICITA : BACH. CARLOS EDUARDO VENTURA AYALA

RESPONSABLES \_\_\_\_\_

MUESTRA : TESTIGOS CILINDRICOS DE CONCRETO ROCA I

FECHA INFORME : SETIEMBRE DEL 2015

REGIÓN : AYACUCHO  
PROVINCIA : HUAMANGA  
DISTRITO : CARMEN ALTO  
LUGAR : CERRO ACUCHIMAY

| Nº | TIPO DE MUESTRA  | FECHA DE MOLDEO | FECHA DE ROTURA | EDAD (Días) | DIÁMETRO ESPECIM. (cm) | ALTURA DEL ESPECIM. (cm) | PESO DEL ESPECIM. (kg) | PESO UNITARIO APARENTE (tn/m <sup>3</sup> ) | LECTURA DIGITAL (KR) | RESISTENCIA DEL ESPÉCIMEN (Mpa) | RESISTENCIA DEL ESPÉCIMEN (Kg/cm <sup>2</sup> ) |
|----|--|-----------------|-----------------|-------------|------------------------|--------------------------|------------------------|---|----------------------|---------------------------------|---|
| 1  | Método<br>Módulo de<br>Fineza<br>f <sub>c</sub> =140<br>kg/cm <sup>2</sup> | 06/08/15        | 13/08/15        | 7           | 15.124                 | 30.352                   | 10.615                 | 1.95  | 251.23               | 13.98                           | 142.60  |
| 2  |  | 06/08/15        | 13/08/15        | 7           | 15.198                 | 30.271                   | 10.748                 | 1.96  | 235.14               | 12.96                           | 132.17  |
| 3  |  | 06/08/15        | 13/08/15        | 7           | 10.250                 | 20.277                   | 3.329                  | 1.99  | 120.69               | 14.63                           | 149.30  |
| 4  |  | 06/08/15        | 03/09/15        | 28          | 15.212                 | 30.652                   | 10.887                 | 1.95  | 402.22               | 22.13                           | 226.12  |
| 5  |  | 06/08/15        | 03/09/15        | 28          | 15.125                 | 30.547                   | 10.742                 | 1.96  | 410.25               | 22.83                           | 233.30  |
| 6  |  | 06/08/15        | 03/09/15        | 28          | 10.347                 | 20.330                   | 3.347                  | 1.96  | 202.66               | 24.10                           | 246.26  |
| 7  | Método<br>Módulo de<br>Fineza<br>f <sub>c</sub> =210<br>kg/cm <sup>2</sup> | 03/08/15        | 10/08/15        | 7           | 15.167                 | 30.748                   | 11.109                 | 2.00  | 386.25               | 21.38                           | 218.66  |
| 8  |  | 03/08/15        | 10/08/15        | 7           | 15.157                 | 30.657                   | 11.032                 | 1.99  | 400.74               | 22.21                           | 227.38  |
| 9  |  | 03/08/15        | 10/08/15        | 7           | 10.509                 | 20.321                   | 3.454                  | 1.96  | 183.20               | 21.12                           | 216.45  |
| 10 |  | 04/08/15        | 01/09/15        | 28          | 15.198                 | 30.731                   | 11.127                 | 2.00  | 564.23               | 31.10                           | 318.74  |
| 11 |  | 04/08/15        | 01/09/15        | 28          | 15.001                 | 30.760                   | 11.050                 | 2.03  | 570.44               | 32.28                           | 330.77  |
| 12 |  | 04/08/15        | 01/09/15        | 28          | 10.282                 | 20.692                   | 3.454                  | 2.01  | 274.25               | 33.03                           | 338.49  |
| 13 | Método<br>Módulo de<br>Fineza<br>f <sub>c</sub> =280<br>kg/cm <sup>2</sup> | 04/08/15        | 11/08/15        | 7           | 15.083                 | 30.616                   | 11.130                 | 2.03  | 526.10               | 29.44                           | 301.15  |
| 14 |  | 04/08/15        | 11/08/15        | 7           | 15.215                 | 30.415                   | 11.256                 | 2.04  | 512.24               | 28.17                           | 288.44  |
| 15 |  | 04/08/15        | 11/08/15        | 7           | 10.443                 | 20.584                   | 3.420                  | 1.94  | 250.14               | 29.20                           | 299.29  |
| 16 |  | 04/08/15        | 01/09/15        | 28          | 15.172                 | 30.497                   | 11.099                 | 2.01  | 703.74               | 38.93                           | 398.92  |
| 17 |  | 04/08/15        | 01/09/15        | 28          | 15.214                 | 30.265                   | 11.145                 | 2.03  | 695.12               | 38.24                           | 391.86  |
| 18 |  | 04/08/15        | 01/09/15        | 28          | 10.235                 | 20.459                   | 3.420                  | 2.03  | 294.76               | 35.83                           | 367.15  |

**OBSERVACIONES**

- Los testigos de concreto han sido elaborados y curados en el laboratorio.



## C.1. AGREGADO VOLCÁNICO ROJO CERRO ACUCHIMAY

**ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN SIMPLE DEL CONCRETO  
NORMAS ASTM C 39 / MTC E 704 - 2000**

PROYECTO : TESIS "PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE LA ROCA VOLCÁNICA DEL CERRO ACUCHIMAY PARA EL DISEÑO DE CONCRETO LIVIANO EN LA CIUDAD DE AYACUCHO, PERÚ".

SOLICITA : BACH. CARLOS EDUARDO VENTURA AYAL

RESPONSABLES \_\_\_\_\_

REGIÓN : AYACUCHO

PROVINCIA : HUAMANGA

MUESTRA : TESTIGOS CILINDRICOS DE CONCRETO ROCA I

DISTRITO : CARMEN ALTO

FECHA INFORME : SETIEMBRE DEL 2015

LUGAR : CERRO ACUCHIMAY

| Nº | TIPO DE MUESTRA  | EDAD (Días) | PESO UNITARIO APARENTE (t/m <sup>3</sup> ) | LECTURA DIGITAL (KN) | RESISTENCIA DEL ESPÉCIMEN (Mpa) | RESISTENCIA DEL ESPÉCIMEN (kg / cm <sup>2</sup> ) | PROMEDIO DE RESISTENCIA f <sub>cr</sub> | % RESISTENCIA f <sub>cr</sub> | RESISTENCIA DE DISEÑO f <sub>c</sub> | % RESISTENCIA f <sub>c</sub> |
|----|--|-------------|--|----------------------|---------------------------------|---|---|-------------------------------|--------------------------------------|------------------------------|
| 1  | Método Módulo de Fineza<br>f <sub>c</sub> =140<br>kg/cm <sup>2</sup> | 7           | 1.95                                       | 251.23               | 13.98                           | 142.60  | 210                                     | 67.91 %                       | 140                                  | 101.86 %                     |
| 2  |  | 7           | 1.96                                       | 235.14               | 12.96                           | 132.17  |   | 62.94 %                       |                                      | 94.41 %                      |
| 3  |  | 7           | 1.99                                       | 120.69               | 14.63                           | 149.30  |   | 71.09 %                       |                                      | 106.64 %                     |
| 4  |  | 28          | 1.95                                       | 402.22               | 22.13                           | 226.12  |   | 107.68 %                      |                                      | 161.52 %                     |
| 5  |  | 28          | 1.96                                       | 410.25               | 22.83                           | 233.30  |   | 111.10 %                      |                                      | 166.64 %                     |
| 6  |  | 28          | 1.96                                       | 202.66               | 24.10                           | 246.26  |   | 117.27 %                      |                                      | 175.90 %                     |
| 7  | Método Módulo de Fineza<br>f <sub>c</sub> =210<br>kg/cm <sup>2</sup> | 7           | 2.00                                       | 386.25               | 21.38                           | 218.66  | 294                                     | 74.37 %                       | 210                                  | 104.12 %                     |
| 8  |  | 7           | 1.99                                       | 400.74               | 22.21                           | 227.38  |   | 77.34 %                       |                                      | 108.28 %                     |
| 9  |  | 7           | 1.96                                       | 183.20               | 21.12                           | 216.45  |   | 73.62 %                       |                                      | 103.07 %                     |
| 10 |  | 28          | 2.00                                       | 564.23               | 31.10                           | 318.74  |   | 108.42 %                      |                                      | 151.78 %                     |
| 11 |  | 28          | 2.03                                       | 570.44               | 32.28                           | 330.77  |   | 112.51 %                      |                                      | 157.51 %                     |
| 12 |  | 28          | 2.01                                       | 274.25               | 33.03                           | 338.49  |   | 115.13 %                      |                                      | 161.19 %                     |
| 13 | Método Módulo de Fineza<br>f <sub>c</sub> =280<br>kg/cm <sup>2</sup> | 7           | 2.03                                       | 526.10               | 29.44                           | 301.15  | 364                                     | 82.73 %                       | 280                                  | 107.55 %                     |
| 14 |  | 7           | 2.04                                       | 512.24               | 28.17                           | 288.44  |   | 79.24 %                       |                                      | 103.01 %                     |
| 15 |  | 7           | 1.94                                       | 250.14               | 29.20                           | 299.29  |   | 82.22 %                       |                                      | 106.89 %                     |
| 16 |  | 28          | 2.01                                       | 703.74               | 38.93                           | 398.92  |   | 109.59 %                      |                                      | 142.47 %                     |
| 17 |  | 28          | 2.03                                       | 695.12               | 38.24                           | 391.86  |   | 107.65 %                      |                                      | 139.95 %                     |
| 18 |  | 28          | 2.03                                       | 294.76               | 35.83                           | 367.15  |   | 100.87 %                      |                                      | 131.13 %                     |

**OBSERVACIONES**

- Los testigos de concreto han sido elaborados y curados en el laboratorio.

# C.1. AGREGADO VOLCÁNICO ROJO CERRO ACUCHIMAY

## INGEOTECON

CONSULTORES Y EJECUTORES EN INGENIERIA  
ÁREA DE LABORATORIO DE GEOTECNIA Y CONCRETO

### ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN SIMPLE DEL CONCRETO NORMAS ASTM C 39 / MTC E 704 - 2000

|               |   |           |                   |
|---------------|---|-----------|-------------------|
| PROYECTO      | : TESIS "PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE LA ROCA VOLCÁNICA DEL CERRO ACUCHIMAY PARA EL DISEÑO DE CONCRETO LIVIANO EN LA CIUDAD DE AYACUCHO, PERÚ". |           |                   |
| SOLICITA      | : BACH. CARLOS EDUARDO VENTURA AYALA  |           |                   |
| RESPONSABLES  | _____   | REGIÓN    | : AYACUCHO        |
|               | _____   | PROVINCIA | : HUAMANGA        |
| MUESTRA       | : TESTIGOS CILINDRICOS DE CONCRETO ROCA I   | DISTRITO  | : CARMEN ALTO     |
| FECHA INFORME | : SETIEMBRE DEL 2015  | LUGAR     | : CERRO ACUCHIMAY |

| Nº | TIPO DE MUESTRA   | FECHA DE MOLDED | FECHA DE ROTURA | EDAD (Días) | DIÁMETRO ESPECIM. (cm) | ALTURA DEL ESPECIM. (cm) | PESO DEL ESPECIM. (kg) | PESO UNITARIO APARENTE (tn/m3) | LECTURA DIGITAL (KN) | RESISTENCIA DEL ESPECIMEN (Mpa) | RESISTENCIA DEL ESPECIMEN (Kg/cm2) |
|----|---|-----------------|-----------------|-------------|------------------------|--------------------------|------------------------|--------------------------------|----------------------|---------------------------------|------------------------------------|
| 1  | Método del Agregado<br>Global $f_c=140$<br>kg/cm <sup>2</sup> | 03/08/15        | 10/08/15        | 7           | 15.134                 | 30.524                   | 11.029                 | 2.01                           | 195.45               | 10.87                           | 111.13                             |
| 2  |   | 03/08/15        | 10/08/15        | 7           | 15.188                 | 30.782                   | 11.008                 | 1.97                           | 189.78               | 10.48                           | 107.24                             |
| 3  |   | 03/08/15        | 10/08/15        | 7           | 10.320                 | 20.518                   | 3.385                  | 1.97                           | 93.21                | 11.14                           | 114.20                             |
| 4  | Método del Agregado<br>Global $f_c=210$<br>kg/cm <sup>2</sup> | 04/08/15        | 01/09/15        | 28          | 15.346                 | 30.622                   | 11.207                 | 1.98                           | 325.12               | 17.58                           | 180.14                             |
| 5  |   | 04/08/15        | 01/09/15        | 28          | 15.315                 | 30.843                   | 10.994                 | 1.93                           | 360.14               | 19.55                           | 200.35                             |
| 6  |   | 04/08/15        | 01/09/15        | 28          | 10.152                 | 20.447                   | 3.374                  | 2.04                           | 148.25               | 18.31                           | 187.69                             |
| 7  |   | 03/08/15        | 10/08/15        | 7           | 15.156                 | 30.639                   | 10.985                 | 1.99                           | 319.57               | 17.71                           | 180.63                             |
| 8  | Método del Agregado<br>Global $f_c=210$<br>kg/cm <sup>2</sup> | 03/08/15        | 10/08/15        | 7           | 15.266                 | 30.928                   | 11.047                 | 1.95                           | 322.32               | 17.61                           | 179.57                             |
| 9  |   | 03/08/15        | 10/08/15        | 7           | 10.182                 | 20.352                   | 3.396                  | 2.05                           | 137.76               | 16.92                           | 172.70                             |
| 10 |   | 03/08/15        | 31/08/15        | 28          | 15.317                 | 30.642                   | 11.080                 | 1.96                           | 451.20               | 24.49                           | 250.20                             |
| 11 |   | 03/08/15        | 31/08/15        | 28          | 15.188                 | 30.125                   | 10.876                 | 1.99                           | 460.21               | 25.40                           | 259.54                             |
| 12 |   | 03/08/15        | 31/08/15        | 28          | 10.204                 | 20.332                   | 3.395                  | 2.04                           | 209.80               | 25.66                           | 262.13                             |

**OBSERVACIONES**

- Los testigos de concreto han sido elaborados y curados en el laboratorio.

C.1. AGREGADO VOLCÁNICO ROJO CERRO ACUCHIMAY

**ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN SIMPLE DEL CONCRETO  
NORMAS ASTM C 39 / MTC E 704 - 2000**

PROYECTO : TESIS "PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE LA ROCA VOLCÁNICA DEL CERRO ACUCHIMAY PARA EL DISEÑO DE CONCRETO LIVIANO EN LA CIUDAD DE AYACUCHO, PERÚ".

SOLICITA : BACH. CARLOS EDUARDO VENTURA AYALA

RESPONSABLES : \_\_\_\_\_

MUESTRA : TESTIGOS CILINDRICOS DE CONCRETO ROCA I

FECHA INFORME : SETIEMBRE DEL 2015

REGIÓN : AYACUCHO

PROVINCIA : HUAMANGA

DISTRITO : CARMEN ALTO

LUGAR : CERRO ACUCHIMAY

| Nº | TIPO DE MUESTRA   | EDAD (Días) | PESO UNITARIO APARENTE (tn/m3) | LECTURA DIGITAL (KN) | RESISTENCIA DEL ESPECIMEN (Mpa) | RESISTENCIA DEL ESPECIMEN (Kg / cm2) | PROMEDIO DE RESISTENCIA $f_{cr}$ | % RESISTENCIA $f_{cr}$ | RESISTENCIA DE DISEÑO $f_c$ | % RESISTENCIA $f_c$ |
|----|---|-------------|--------------------------------|----------------------|---------------------------------|--------------------------------------|----------------------------------|------------------------|-----------------------------|---------------------|
| 1  | Método del Agregado<br>Global $f_c=140$<br>kg/cm <sup>2</sup> | 7           | 11.03                          | 195.45               | 10.87                           | 111.13                               | 210                              | 52.92 %                | 140                         | 79.38 %             |
| 2  |   | 7           | 11.01                          | 189.78               | 10.48                           | 107.24                               |                                  | 51.07 %                |                             | 76.60 %             |
| 3  |   | 7           | 3.39                           | 93.21                | 11.14                           | 114.20                               |                                  | 54.38 %                |                             | 81.57 %             |
| 4  |   | 28          | 11.21                          | 325.12               | 17.58                           | 180.14                               |                                  | 85.78 %                |                             | 128.67 %            |
| 5  |   | 28          | 10.99                          | 360.14               | 19.55                           | 200.35                               |                                  | 95.41 %                |                             | 143.11 %            |
| 6  |   | 28          | 3.37                           | 148.25               | 18.31                           | 187.69                               |                                  | 89.38 %                |                             | 134.07 %            |
| 7  | Método del Agregado<br>Global $f_c=210$<br>kg/cm <sup>2</sup> | 7           | 10.99                          | 319.57               | 17.71                           | 180.63                               | 294                              | 61.44 %                | 210                         | 86.01 %             |
| 8  |   | 7           | 11.05                          | 322.32               | 17.61                           | 179.57                               |                                  | 61.08 %                |                             | 85.51 %             |
| 9  |   | 7           | 3.40                           | 137.76               | 16.92                           | 172.70                               |                                  | 58.74 %                |                             | 82.24 %             |
| 10 |   | 28          | 11.08                          | 451.20               | 24.49                           | 250.20                               |                                  | 85.10 %                |                             | 119.14 %            |
| 11 |   | 28          | 10.88                          | 460.21               | 25.40                           | 259.54                               |                                  | 88.28 %                |                             | 123.59 %            |
| 12 |   | 28          | 3.40                           | 209.80               | 25.66                           | 262.13                               |                                  | 89.16 %                |                             | 124.83 %            |

**OBSERVACIONES**

- Los testigos de concreto han sido elaborados y curados en el laboratorio.

*C.2. AGREGADO VOLCÁNICO AZUL CERRO ACUCHIMAY - QUICAPATA  
ALREDEDOR*

**C.2. AGREGADO VOLCÁNICO AZUL CERRO  
ACUCHIMAY - QUICAPATA ALREDEDOR**

Realizado en los laboratorios de E.F.P. ING. CIVIL - UNSCH

**C.2. AGREGADO VOLCÁNICO AZUL CERRO ACUCHIMAY - QUICAPATA  
ALREDEDOR**



**INGEOTECON**

CONSULTORES Y EJECUTORES EN INGENIERIA  
AREA DE LABORATORIO DE GEOTECNIA Y CONCRETO

**ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN SIMPLE DEL CONCRETO  
NORMAS ASTM C 39 / MTC E 704 - 2000**

|               |   |
|---------------|---|
| PROYECTO      | : TESIS "PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE LA ROCA VOLCÁNICA DEL CERRO ACUCHIMAY PARA EL DISEÑO DE CONCRETO LIVIANO EN LA CIUDAD DE AYACUCHO, PERÚ". |
| SOLICITA      | : BACH. CARLOS EDUARDO VENTURA AYALA  |
| RESPONSABLES  | _____   |
| MUESTRA       | : TESTIGOS CILINDRICOS DE CONCRETO ROCA II  |
| FECHA INFORME | : SETIEMBRE DEL 2015  |
| REGIÓN        | : AYACUCHO  |
| PROVINCIA     | : HUAMANGA  |
| DISTRITO      | : CARMEN ALTO   |
| LUGAR         | : QUICAPATA   |

| Nº | TIPO DE MUESTRA  | FECHA DE MOLDEO | FECHA DE ROTURA | EDAD (Días) | DIÁMETRO ESPECIM. (cm) | ALTURA DEL ESPECIM. (cm) | PESO DEL ESPECIM. (kg) | PESO UNITARIO APARENTE (tn/m <sup>3</sup> ) | LECTURA DIGITAL (KN) | RESISTENCIA DEL ESPÉCIMEN (Mpa) | RESISTENCIA DEL ESPÉCIMEN (Kg / cm <sup>2</sup> ) |
|----|--|-----------------|-----------------|-------------|------------------------|--------------------------|------------------------|---|----------------------|---------------------------------|---|
| 1  | Método ACI<br>f <sub>c</sub> =210<br>kg/cm <sup>2</sup>                    | 15/08/15        | 29/08/15        | 14          | 15.400                 | 30.800                   | 11.050                 | 1.93  | 429.00               | 23.03                           | 234.86  |
| 2  |  | 15/08/15        | 29/08/15        | 14          | 15.300                 | 30.500                   | 10.980                 | 1.96  | 435.00               | 23.66                           | 241.51  |
| 3  |  | 15/08/15        | 12/09/15        | 28          | 15.198                 | 30.271                   | 10.812                 | 1.97  | 464.00               | 25.58                           | 260.82  |
| 4  |  | 15/08/15        | 12/09/15        | 28          | 15.212                 | 30.652                   | 10.623                 | 1.91  | 458.00               | 25.20                           | 257.48  |
| 5  | Método<br>Módulo de<br>Fineza<br>f <sub>c</sub> =210<br>kg/cm <sup>2</sup> | 15/08/15        | 29/08/15        | 14          | 15.156                 | 30.659                   | 11.008                 | 1.99  | 472.00               | 26.16                           | 267.59  |
| 6  |  | 15/08/15        | 29/08/15        | 14          | 15.198                 | 30.614                   | 11.154                 | 2.01  | 481.00               | 26.51                           | 271.18  |
| 7  |  | 15/08/15        | 29/08/15        | 14          | 15.200                 | 30.712                   | 11.050                 | 1.98  | 477.00               | 26.29                           | 269.39  |
| 8  |  | 15/08/15        | 29/08/15        | 28          | 15.324                 | 30.589                   | 11.153                 | 1.98  | 515.00               | 27.92                           | 286.17  |
| 9  |  | 15/08/15        | 12/09/15        | 28          | 15.263                 | 30.645                   | 11.205                 | 2.00  | 509.00               | 27.82                           | 285.10  |
| 10 |  | 15/08/15        | 12/09/15        | 28          | 15.189                 | 30.547                   | 11.123                 | 2.01  | 500.00               | 27.59                           | 282.79  |

**OBSERVACIONES**

- Los testigos de concreto han sido elaborados y curados en el laboratorio.

C.2. AGREGADO VOLCÁNICO AZUL CERRO ACUCHIMAY - QUICAPATA  
ALREDEDOR



**ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN SIMPLE DEL CONCRETO**  
**NORMAS ASTM C 39 / MTC E 704 - 2000**

PROYECTO : TESIS "PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE LA ROCA VOLCÁNICA DEL CERRO ACUCHIMAY PARA EL DISEÑO DE CONCRETO LIVIANO EN LA CIUDAD DE AYACUCHO, PERÚ".

SOLICITA : BACH. CARLOS EDUARDO VENTURA AYALA

RESPONSABLES : \_\_\_\_\_

MUESTRA : TESTIGOS CILINDRICOS DE CONCRETO ROCA II

FECHA INFORME : SETIEMBRE DEL 2015

REGIÓN : AYACUCHO

PROVINCIA : HUAMANGA

DISTRITO : CARMEN ALTO

LUGAR : QUICAPATA

| Nº | TIPO DE MUESTRA                              | EDAD (Días) | PESO UNITARIO APARENTE (tn/m3) | LECTURA DIGITAL (KN) | RESISTENCIA DEL ESPÉCIMEN (Mpa) | RESISTENCIA DEL ESPÉCIMEN (Kg / cm2) | PROMEDIO DE RESISTENCIA f'cr | % RESISTENCIA f'cr | RESISTENCIA DE DISEÑO f'c | % RESISTENCIA f'c |
|----|--|-------------|--------------------------------|----------------------|---------------------------------|--------------------------------------|------------------------------|--------------------|---------------------------|-------------------|
| 1  | Método Módulo de Fineza<br>f'c=140<br>kg/cm2 | 14          | 1.93                           | 429.00               | 23.03                           | 234.86                               | 294                          | 79.88 %            | 210                       | 111.84 %          |
| 2  |  | 14          | 1.96                           | 435.00               | 23.66                           | 241.51                               |                              | 82.15 %            |                           | 115.00 %          |
| 3  |  | 28          | 1.97                           | 464.00               | 25.58                           | 260.82                               |                              | 88.71 %            |                           | 124.20 %          |
| 4  |  | 28          | 1.91                           | 458.00               | 25.20                           | 257.48                               |                              | 87.58 %            |                           | 122.61 %          |
| 5  | Método Módulo de Fineza<br>f'c=210<br>kg/cm2 | 14          | 1.99                           | 472.00               | 26.16                           | 267.59                               | 294                          | 91.02 %            | 210                       | 127.42 %          |
| 6  |  | 14          | 2.01                           | 481.00               | 26.51                           | 271.18                               |                              | 92.24 %            |                           | 129.13 %          |
| 7  |  | 14          | 1.98                           | 477.00               | 26.29                           | 269.39                               |                              | 91.63 %            |                           | 128.28 %          |
| 8  |  | 28          | 1.98                           | 515.00               | 27.92                           | 286.17                               |                              | 97.34 %            |                           | 136.27 %          |
| 9  |  | 28          | 2.00                           | 509.00               | 27.82                           | 285.10                               |                              | 96.97 %            |                           | 135.76 %          |
| 10 |  | 28          | 2.01                           | 500.00               | 27.59                           | 282.79                               |                              | 96.19 %            |                           | 134.66 %          |

**OBSERVACIONES**

- Los testigos de concreto han sido elaborados y curados en el laboratorio.

**C.3. CERTIFICADOS DE CALIBRACIÓN DE  
LAS MÁQUINAS DE ENSAYOS A COM-  
PRESIÓN**

**C.3.1. LABORATORIO INGEOTECON**

C.3. CERTIFICADOS DE CALIBRACIÓN DE LAS MÁQUINAS DE ENSAYOS  
A COMPRESIÓN



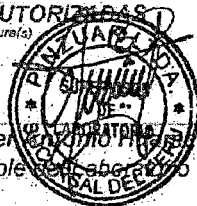
**PINZUAR** LTDA  
LABORATORIO DE METROLOGÍA  
ALTA TECNOLOGÍA CON CALIDAD HUMANA AL SERVICIO DEL MUNDO

**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN**      NUMERO: 099-2015-PLF

|  |   |             |
|--|---|-------------|
| <b>OBJETO DE PRUEBA:</b><br><i>Instrument</i>                    | MÁQUINA DE ENSAYOS A COMPRESIÓN                             | Pág. 1 de 3 |
| <b>Rangos</b><br><i>Measurement range</i>                        | 1 000 kN  |             |
| <b>FABRICANTE</b><br><i>Manufacture by</i>                       | PINZUAR LTDA  |             |
| <b>Modelo</b><br><i>Model</i>                                    | PC - 142 - D  |             |
| <b>Serie</b><br><i>Identification number</i>                     | 173   |             |
| <b>Ubicación de la máquina</b><br><i>Location of the machine</i> | Laboratorio   |             |
| <b>Norma utilizada</b><br><i>Norm of used referencia</i>         | NTC - ISO 7500 - 1 (2007 - 07 - 25)                         |             |
| <b>Intervalo calibrado</b><br><i>Calibrated interval</i>         | Escala (s)      1 000 kN<br>De ... a      20 % - 100 %      |             |
| <b>Solicitante</b><br><i>Customer</i>                            | INGEOTECON E.I.R.L.   |             |
| <b>Dirección</b><br><i>Address</i>                               | Mz. K1 Lote. 3 Urb. María Parado de Bellido, Huamanga - Aya |             |
| <b>Ciudad</b><br><i>City</i>                                     | Ayacucho  |             |
| <b>PATRON(ES) UTILIZADO(S)</b>                                   |   |             |
| <b>Tipo / Modelo</b><br><i>Type / Model</i>                      | Celda de Carga / No Presenta                                |             |
| <b>Fabricante</b><br><i>Manufacture by</i>                       | AEP   |             |
| <b>No. serie</b><br><i>Identification number</i>                 | 911250/6359 20-12-04  |             |
| <b>Certif. de calibr.</b><br><i>Report of calibration</i>        | INRIM 12-0800-01  |             |
| <b>Fecha de validez</b><br><i>Date of validity</i>               | 2015 - 05 - 01  |             |
| <b>Incert. Med. (%)</b><br><i>Uncertainty of measurement</i>     | ± 0,096   |             |
| <b>Metodo de calibración</b><br><i>Method of calibration</i>     | Comparación Directa   |             |
| <b>Unidades de medida</b><br><i>units of measurement</i>         | Sistema Internacional de Unidades ( SI )                    |             |
| <b>FECHA DE CALIBRACIÓN</b><br><i>Date of calibration</i>        | 2015 - 04 - 08  |             |
| <b>FECHA DE EXPEDICIÓN</b><br><i>Date of issue</i>               | 2015 - 04 - 14  |             |

**NÚMERO DE PÁGINAS DEL CERTIFICADO INCLUYENDO ANEXOS**      3  
*Number of pages of this certificate and documents attached*

**FIRMAS AUTORIZADAS**  
*Authorized Signature(s)*



Tec. Gilmer *Enrique* *Pro* *San* *Poquioma*.  
Responsable del Laboratorio de Metrología.



### C.3. CERTIFICADOS DE CALIBRACIÓN DE LAS MÁQUINAS DE ENSAYOS A COMPRESIÓN



**PINZUAR** LTDA  
LABORATORIO DE METROLOGÍA  
ALTA TECNOLOGÍA CON CALIDAD HUMANA AL SERVICIO DEL MUNDO

## CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

NÚMERO: 099-2015 PLF

Pág. 2 de 3

Método de calibración: FUERZA INDICADA CONSTANTE  
Tipo de instrumento: MÁQUINA DE ENSAYOS DE CONCRETO DIGITAL

### DATOS DE CALIBRACIÓN

ESCALA: 1 000 kN Resolución: 0,1 kN Dirección de la carga: Compresión  
1 000 kN 0,1 kN Factor de conversión: 1,0 kN/kN

| Indicación de la máquina (F <sub>i</sub> ) |       | Indicaciones del patrón (series de mediciones) |              |               |              |              |
|--|-------|--|--------------|---------------|--------------|--------------|
| %  | kN    | 1(Asc)<br>kN                                   | 2(Asc)<br>kN | 2(Desc)<br>kN | 3(Asc)<br>kN | 4(Asc)<br>kN |
| 20   | 200   | 200,50   | 200,50       | No aplica     | 200,20       | No aplica    |
| 30   | 300   | 299,90   | 300,20       | No aplica     | 300,20       | No aplica    |
| 40   | 400   | 399,90   | 399,90       | No aplica     | 400,20       | No aplica    |
| 50   | 500   | 499,80   | 499,80       | No aplica     | 499,90       | No aplica    |
| 60   | 600   | 600,10   | 599,90       | No aplica     | 600,20       | No aplica    |
| 70   | 700   | 700,40   | 699,80       | No aplica     | 700,10       | No aplica    |
| 80   | 800   | 800,50   | 799,90       | No aplica     | 800,00       | No aplica    |
| 90   | 900   | 900,30   | 900,50       | No aplica     | 900,30       | No aplica    |
| 100  | 1 000 | 999,90   | 1000,20      | No aplica     | 1000,20      | No aplica    |
| Indicación después de carga:               |       | 0,0  | 0,0          | No aplica     | 0,0          | No aplica    |

### RESULTADOS DE CALIBRACIÓN

ESCALA: 1 000 kN Incertidumbre de los patrones: ± 0,096 %

| Indicación de la máquina (F <sub>i</sub> ) |       | Cálculo de errores relativos |                        |                         |                          | Resolución | Incertidumbre relativa |
|--|-------|------------------------------|------------------------|-------------------------|--------------------------|------------|------------------------|
| %  | kN    | Exactitud<br>q (%)           | Repetibilidad<br>b (%) | Reversibilidad<br>v (%) | Accesorios<br>Acces. (%) | a (%)      | U (%) k = 2            |
| 10   | 100   | -0,20                        | 0,20                   | No aplica               | No aplica                | 0,100      | 0,23                   |
| 20   | 200   | -0,20                        | 0,150                  | No aplica               | No aplica                | 0,050      | 0,14                   |
| 30   | 300   | -0,03                        | 0,10                   | No aplica               | No aplica                | 0,033      | 0,12                   |
| 40   | 400   | 0,00                         | 0,08                   | No aplica               | No aplica                | 0,025      | 0,11                   |
| 50   | 500   | 0,03                         | 0,02                   | No aplica               | No aplica                | 0,020      | 0,10                   |
| 60   | 600   | -0,01                        | 0,05                   | No aplica               | No aplica                | 0,017      | 0,10                   |
| 70   | 700   | -0,01                        | 0,09                   | No aplica               | No aplica                | 0,014      | 0,11                   |
| 80   | 800   | -0,02                        | 0,07                   | No aplica               | No aplica                | 0,013      | 0,11                   |
| 90   | 900   | -0,04                        | 0,02                   | No aplica               | No aplica                | 0,011      | 0,10                   |
| 100  | 1 000 | -0,01                        | 0,03                   | No aplica               | No aplica                | 0,010      | 0,10                   |
| Error de cero fe (%)                       |       | 0,00                         | 0,00                   | No aplica               | 0,00                     | No aplica  | Err máx.(0) = 0        |

Nombre del Técnico: Gilmer A. Huamán P.



Calle Ricardo Palma # 998  
Urbanización San Joaquín / Bellavista - Callao  
Lima - Perú

Teléfonos: (51)(1) 5621263  
(51)(1) 4641886

www.pinzuar.com.pe  
peru.laboratorio@pinzuar.com.pe  
peru.comercial@pinzuar.com.pe

*C.3. CERTIFICADOS DE CALIBRACIÓN DE LAS MÁQUINAS DE ENSAYOS  
A COMPRESIÓN*

**C.3.2. LABORATORIO E.F.P. ING. CIVIL - UNSCH**

**ORION** LABORATORIOS E.I.R.L.  
SUELOS CONCRETO Y ASPALTO  
RUC: 20093967069

**CERTIFICADO DE CALIBRACION**  
**N° 141121**

SOLICITANTE : BELLIDO VILCHEZ JORGE POMPEYO

ATENCION : BELLIDO VILCHEZ JORGE POMPEYO

TITULO : Verificación de Sistema Digital  
para Prensa de Concreto

PRENSA

Marca : A&A INSTRUMENTS

Capacidad : 2000 KN

Bomba : Electrica

Serie : 141121

Modelo : STYE - 2000

FECHA : 26 de Mayo del 2015

ORION LABORATORIOS E.I.R.L.

ING. LUIS TABOADA PALACIOS  
Jefe de Laboratorio  
CIP 56557

C.3. CERTIFICADOS DE CALIBRACIÓN DE LAS MÁQUINAS DE ENSAYOS  
A COMPRESIÓN

**ORION** LABORATORIOS E.I.R.L.  
BULLOS, CONCRETO Y ASFALTO  
RUC: 20498967069

CERTIFICADO DE CALIBRACION N° 141121

VERIFICACION

1.- GENERALIDADES.

A solicitud de: BELLIDO VILCHEZ JORGE POMPEYO se procedió a verificar el comportamiento de un Sistema Digital de Prensa de Concreto. La verificación se realizó en Lima el 26/05/2015.

2.- DEL SISTEMA A VERIFICAR.

Prensa : A&A INSTRUMENTS  
Modelo : STYE-2000  
N/S : 141121

3.- DEL SISTEMA DE CALIBRACIÓN.

Dispositivo : Celda de Carga  
Fabricante : AEP Transducers  
Tipo : C2S- 100T  
Serie N° : 88054-100B  
Carga Nominal : 200.000 Kg  
Modalidad : Compresión  
Indicador : MP10 N° 6181-2006-06

ORION LABORATORIOS E.I.R.L.  
*Luis Taboada*  
ING. LUIS TABOADA PALACIOS  
Jefe de Laboratorio  
CIP 56551

Calibrado en el Laboratorio de Estructuras Antisísmicas de la Pontificia Universidad Católica - (INF-LE 035-15A)

4.- PROCEDIMIENTO

El procedimiento toma como referencia a la norma ASTM E4-07 y la Norma NTP ISO/IEC 17025. Se aplicaron dos series de carga al Sistema Digital mediante la misma prensa. En cada serie se registraron las lecturas de las cargas.

5.- RESULTADOS

En la Tabla N° 1 se muestran los promedios de las series de verificación y los errores correspondiente.

En el Gráfico N°1 se muestra la curva de regresión y la ecuación de ajuste correspondientes a la presente calibración.

**ORION** LABORATORIOS S.R.L.  
 SUICIAZ CALLE 1700 RIOS A. J. R. L.  
 RUC: 20499907069

**TABLA N° 1**  
**CALIBRACION DE PRENSA HIDRAULICA**  
 A&A INSTRUMENTS, N/S 141121, Cap 2000 KN

| MANOMETRO ANALOGICO<br>"A"<br>KN | SERIES DE VERIFICACION (KN) |           |                |                | PROMEDIO CORREGIDO<br>"B"<br>KN | ERROR<br>Ep<br>% | RPTBLE<br>Rp<br>% |
|----------------------------------|-----------------------------|-----------|----------------|----------------|---------------------------------|------------------|-------------------|
|                                  | SERIE (1)                   | SERIE (2) | ERROR (1)<br>% | ERROR (2)<br>% |                                 |                  |                   |
| 100.00                           | 99.20                       | 99.30     | 0.81           | 0.70           | 99.25                           | 0.76             | -0.10             |
| 200.00                           | 198.10                      | 198.20    | 0.96           | 0.91           | 198.15                          | 0.93             | -0.05             |
| 300.00                           | 297.80                      | 297.40    | 0.74           | 0.87           | 297.60                          | 0.81             | 0.14              |
| 400.00                           | 398.60                      | 398.20    | 0.35           | 0.45           | 398.40                          | 0.40             | 0.10              |
| 500.00                           | 499.48                      | 499.10    | 0.10           | 0.18           | 499.29                          | 0.14             | 0.03              |
| 600.00                           | 600.70                      | 601.20    | -0.12          | -0.20          | 600.95                          | -0.16            | -0.08             |
| 700.00                           | 703.40                      | 703.99    | -0.49          | -0.55          | 703.65                          | -0.52            | -0.07             |
| 800.00                           | 805.60                      | 806.40    | -0.70          | -0.70          | 806.00                          | -0.71            | -0.10             |
| 900.00                           | 906.90                      | 907.20    | -0.76          | -0.79          | 907.05                          | -0.78            | -0.03             |
| 1.000.00                         | 1.007                       | 1.007     | -0.70          | -0.70          | 1.007.00                        | -0.70            | 0.00              |
| 1.200.00                         | 1.208                       | 1.208     | -0.66          | -0.66          | 1.208.00                        | -0.66            | 0.00              |
| 1.400.00                         | 1.409                       | 1.409     | -0.64          | -0.64          | 1.409.00                        | -0.64            | 0.00              |

**NOTAS SOBRE LA CALIBRACION**

- 1.- La Calibración se hizo según el Método C de la norma ASTM E-31
- 2.- Ep y Rp son el Error Percentual y la Repetibilidad expresados en la siguiente fórmula:  

$$E_p = (A-B) / B \cdot 100 \quad R_p = \text{Error (2)} - \text{Error (1)}$$
- 3.- La norma exige que Ep y Rp no excedan el  $\pm 1.0\%$

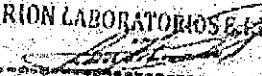
Coefficiente de Correlación:  $R^2 = 1$

Ecuación de ajuste:  $y = 1.0102x - 4.004$

Donde:

X: Lectura del Manómetro

Y: fuerza promedio (KN)

**ORION LABORATORIOS S.R.L.**  
  
**ING. LUIS TABOADA PALACIOS**  
 Jefe de Laboratorio  
 CIP 56551

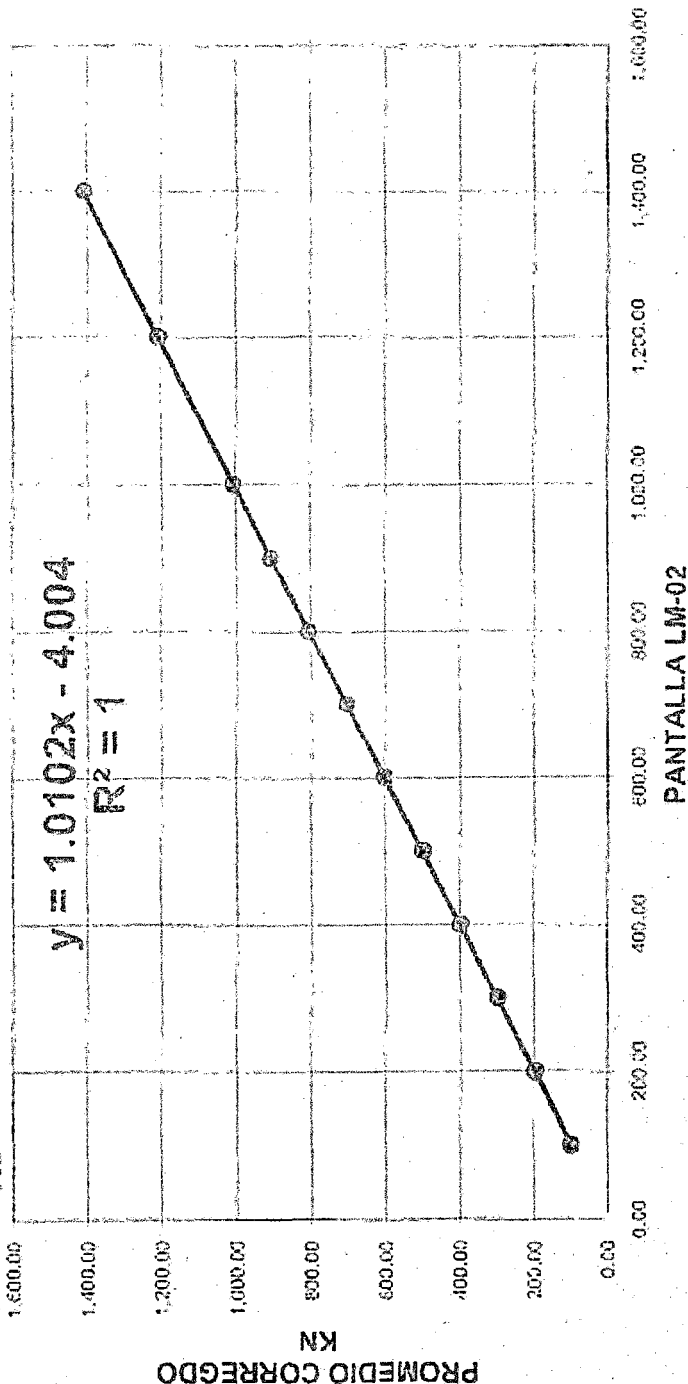
C.3. CERTIFICADOS DE CALIBRACIÓN DE LAS MÁQUINAS DE ENSAYOS A COMPRESIÓN

**ORION** LABORATORIOS E.I.R.L.  
**SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO**  
 RUC: 20498967089

GRAFICO Nº 1

ORION LABORATORIOS E.I.R.L., Prensa AYA INSTRUMENTS, Serie 141121, Cap 2000 KN

ING. LUIS TABOADA PALACIOS  
 Jefe de Laboratorio  
 CIP 56551



## **Apéndice D**

### **CANTERA CACHI**

#### **D.1. INFORME DEL AGREGADO**

**INGEOTECON**

CONSULTORES Y EJECUTORES EN INGENIERIA

---

**INFORME N° 01-2015 INGEOTECON-CSN.**

---

SEÑOR : CONSORCIO SAN NICOLAS.  
DEL : Ing. VICTOR PORTAL QUICANA  
CONSULTOR EN GEOTECNIA Y CONCRETO.

---

ASUNTO : **INFORME SOBRE RESULTADOS DE MEZCLAS DE PRUEBA PARA CONCRETOS DE UNA CONSISTENCIA PLASTICA (SLUMP DE 3" A 4") – AGREGADO GRUESO DE TMN = 1/2".**

---

FECHA : Ayacucho, AGOSTO del 2015

---

De mi mayor consideración:

Tengo el agrado de dirigirme a Uds. para saludarlo cordialmente y comunicarles lo siguiente:

El presente informe trata sobre los resultados de las mezclas de prueba de laboratorio de los diseños de mezclas del concreto para alcanzar las resistencias de concreto especificadas en el presente informe, estas mezclas incluyen cemento Portland Tipo I de la marca Lima - Sol, Agregado Grueso como Piedra Chancada de TMN = 1/2" y Agregado fino como Arena ambos muestreados por el solicitante y pertenecientes a la cantera del Rio Cachi en el sector de la Florida.

De los resultados se puede mencionar lo siguiente.

**Comentarios:**

1. La puesta en obra del concreto, es todo un proceso de varias etapas que requiere un cumplimiento bastante riguroso, estas etapas por lo general son: DOSIFICACIÓN → MEZCLADO → TRANSPORTE → COLOCACIÓN → COMPACTACION → CURADO



**INNOVACION**

CONSULTORES Y DIRECTORES EN INGENIERIA

Recién cuando se termina la etapa del curado es que se termina la fabricación del concreto, por lo tanto solo se consigue un concreto de la resistencia esperada, cuando se cumple adecuadamente con todas las etapas de fabricación del concreto, la calidad del concreto en la obra será entonces no la proyectada sino la construida.

2. El presente informe es parte de la primera etapa en la elaboración del concreto que viene a ser la Dosificación.

La dosificación se ha ajustado para tener slump dentro de los requeridos por el solicitante (slump de 3" a 4").

Las relaciones agua - cemento y los factores cemento, después de los ajustes de las mezclas de prueba son las siguientes:

| MEZCLA | f <sub>c</sub> (kg/cm <sup>2</sup> ) | f <sub>cr</sub> (kg/cm <sup>2</sup> ) | W/C  | CEMENTO (kg/m <sup>3</sup> ) | FACTOR CEMENTO (l/m <sup>3</sup> ) | SLUMP (") | PESO UNITARIO (tn/m <sup>3</sup> ) |
|--------|--------------------------------------|---------------------------------------|------|------------------------------|------------------------------------|-----------|------------------------------------|
| MP-5   | 280                                  | 364                                   | 0.49 | 405.1                        | 9.5                                | 4.0       | 2.41                               |
| MP-4   | 210                                  | 294                                   | 0.57 | 346.4                        | 8.1                                | 3.5       | 2.37                               |
| MP-3   | 175                                  | 245                                   | 0.64 | 308.7                        | 7.3                                | 4.0       | 2.37                               |
| MP-2   | 140                                  | 210                                   | 0.70 | 284.1                        | 6.7                                | 4.0       | 2.37                               |

3. Las dosificaciones para estas resistencias, con las especificaciones solicitadas son las siguientes, en peso seco sin los ajustes correspondientes a la corrección por humedad:

| RESUMEN DE MATERIALES SECOS POR M3 DE CONCRETO |                                      |              |                    |                      |           |                            |
|--|--------------------------------------|--------------|--------------------|----------------------|-----------|----------------------------|
| MEZCLA   | f <sub>c</sub> (kg/cm <sup>2</sup> ) | CEMENTO (kg) | AGREGADO FINO (kg) | AGREGADO GRUESO (kg) | AGUA (lt) | TOTAL (tn/m <sup>3</sup> ) |
| MP-5   | 280                                  | 405.1        | 797.0              | 844.5                | 198.0     | 2.2                        |
| MP-4   | 210                                  | 346.4        | 820.3              | 869.2                | 198.0     | 2.2                        |
| MP-3   | 175                                  | 308.7        | 835.2              | 885.0                | 198.0     | 2.2                        |
| MP-2   | 140                                  | 284.1        | 845.0              | 895.3                | 198.0     | 2.2                        |

**INGENIEROS****CONSULTORES Y SERVIDORES EN INGENIERIA**

Las dosificaciones por metro cubico de concreto son las siguientes:

| DOSIFICACION EN VOLUMEN POR M3 DE CONCRETO |                                      |               |                                 |                                   |                     |                    |
|--|--------------------------------------|---------------|---------------------------------|-----------------------------------|---------------------|--------------------|
| MEZCLA                                     | f <sub>c</sub> (kg/cm <sup>2</sup> ) | CEMENTO (bls) | AGREGADO FINO (m <sup>3</sup> ) | AGREGADO GRUESO (m <sup>3</sup> ) | AGUA de Diseño (lt) | AGUA Efectiva (lt) |
| MP-5                                       | 280                                  | 9.5           | 0.48                            | 0.61                              | 198.0               | 201.7              |
| MP-4                                       | 210                                  | 8.1           | 0.49                            | 0.63                              | 198.0               | 201.8              |
| MP-3                                       | 175                                  | 7.3           | 0.50                            | 0.64                              | 198.0               | 201.8              |
| MP-2                                       | 140                                  | 6.7           | 0.51                            | 0.65                              | 198.0               | 201.9              |

El agua efectiva es el resultado de la corrección por humedad el cual fue tomado al momento de la elaboración de las mezclas de prueba.

Las dosificaciones en volumen son las siguientes:

| DOSIFICACION EN VOLUMEN REAJUSTE (C:AF:AG:AGUA lt/bls) |                                      |         |                  |                    |               |
|--|--------------------------------------|---------|------------------|--------------------|---------------|
| MEZCLA   | f <sub>c</sub> (kg/cm <sup>2</sup> ) | CEMENTO | AGREGADO FINO AF | AGREGADO GRUESO AG | AGUA (lt/bls) |
| MP-5   | 280                                  | 1.0     | 1.8              | 2.3                | 21.2          |
| MP-4   | 210                                  | 1.0     | 2.1              | 2.7                | 24.8          |
| MP-3   | 175                                  | 1.0     | 2.4              | 3.1                | 27.8          |
| MP-2   | 140                                  | 1.0     | 2.7              | 3.4                | 30.2          |

3. Las resistencias alcanzadas a los 7 días cumplen holgadamente con las especificaciones buscadas (se debe tener en cuenta que en las dosificaciones en volumen existe ciertos errores ya sea por el cálculo del peso unitario y las variaciones en obra):

| Nº | ESTRUCTURA DE PROCEDENCIA | EDAD (Días) | PESO UNITARIO APARENTE (tn/m <sup>3</sup> ) | RESISTENCIA DEL ESPÉCIMEN (Kg/cm <sup>2</sup> ) | PROMEDIO DE RESISTENCIA f <sub>c</sub> (Kg/cm <sup>2</sup> ) | RESISTENCIA DE DISEÑO f <sub>c</sub> (Kg/cm <sup>2</sup> ) | % RESISTENCIA f <sub>c</sub> | RESISTENCIA ESPECIFICADA f <sub>cr</sub> (Kg/cm <sup>2</sup> ) | % RESISTENCIA f <sub>cr</sub> |
|----|---------------------------|-------------|---|---|--|--|------------------------------|--|-------------------------------|
| 1  | MP-1 (PRUEBA)             | 7           | 2.40  | 153.59  | 159  | 140.0  | 114%                         | 210.0  | 76%                           |
| 2  | MP-2                      | 7           | 2.39  | 168.23  | 187  | 175.0  | 107%                         | 245.0  | 76%                           |
| 3  | MP-3                      | 7           | 2.41  | 267.27  | 258  | 210.0  | 123%                         | 294.0  | 88%                           |

**INGENIERIA**

CONSULTORES Y EJECUTORES EN INGENIERIA

| Nº | ESTRUCTURA DE PROCEDENCIA | EDAD (Días) | PESO UNITARIO APARENTE (tn/m <sup>3</sup> ) | RESISTENCIA DEL ESPÉCIMEN (Kg/cm <sup>2</sup> ) | PROMEDIO DE RESISTENCIA f <sub>c</sub> (Kg/cm <sup>2</sup> ) | RESISTENCIA DE DISEÑO f <sub>c</sub> (Kg/cm <sup>2</sup> ) | % RESISTENCIA f <sub>c</sub> | RESISTENCIA ESPECIFICADA f <sub>cr</sub> (Kg/cm <sup>2</sup> ) | % RESISTENCIA f <sub>cr</sub> |
|----|---------------------------|-------------|---|---|--|--|------------------------------|--|-------------------------------|
| 4  | MP-4                      | 7           | 2.44  | 313.51  | 316  | 280.0  | 113%                         | 364.0  | 87%                           |
| 5  | MP-5                      | 7           | 2.41  | 347.15  | 355  | 315.0  | 113%                         | 399.0  | 89%                           |

4.- En vista de haber logrado, en estas mezclas de pruebas, resistencias superiores a las requeridas se podrá hacer un ajuste de las dosificaciones presentadas, pero ya en la etapa de producción de concreto luego de haber muestreado y ensayados por lo menos 30 ensayos y haber corroborado los resultados presentados.

En caso se tenga resultados favorables se hará el siguiente ajuste, sin necesidad de hacer mezclas de prueba, pues estas han sido verificadas en el presente informe:

| MEZCLA | f <sub>c</sub> (kg/cm <sup>2</sup> ) | f <sub>cr</sub> (kg/cm <sup>2</sup> ) | W/C  | CEMENTO (kg/m <sup>3</sup> ) | FACTOR CEMENTO (bl/m <sup>3</sup> ) | SLUMP (") | PESO UNITARIO (tn/m <sup>3</sup> ) |
|--------|--------------------------------------|---------------------------------------|------|------------------------------|-------------------------------------|-----------|------------------------------------|
| MP-4   | 280                                  | 364                                   | 0.57 | 346.4                        | 8.1                                 | 3.5       | 2.37                               |
| MP-3   | 210                                  | 294                                   | 0.64 | 308.7                        | 7.3                                 | 4.0       | 2.37                               |
| MP-2   | 175                                  | 245                                   | 0.70 | 284.1                        | 6.7                                 | 4.0       | 2.37                               |
| MP-1   | 140                                  | 210                                   | 0.77 | 258.3                        | 6.1                                 | 4.0       | 2.37                               |

Los materiales secos por metro cúbico de concreto deberán ser:

| RESUMEN DE MATERIALES SECOS POR M3 DE CONCRETO |                                      |              |                    |                      |           |
|--|--------------------------------------|--------------|--------------------|----------------------|-----------|
| MEZCLA   | f <sub>c</sub> (kg/cm <sup>2</sup> ) | CEMENTO (kg) | AGREGADO FINO (kg) | AGREGADO GRUESO (kg) | AGUA (lt) |
| MP-4   | 280                                  | 346.4        | 820.3              | 869.2                | 198.0     |
| MP-3   | 210                                  | 308.7        | 835.2              | 885.0                | 198.0     |
| MP-2   | 175                                  | 284.1        | 845.0              | 895.3                | 198.0     |
| MP-1   | 140                                  | 258.3        | 855.2              | 906.1                | 198.0     |

## D.1. INFORME DEL AGREGADO

**INGENIERIA**

**CONSULTORES Y EJECUTORES EN INGENIERIA**

Los materiales en volumen por metro cubico de concreto deberán ser:

| DOSIFICACION EN VOLUMEN POR M3 DE CONCRETO |                                      |               |                                 |                                   |                     |                    |
|--|--------------------------------------|---------------|---------------------------------|-----------------------------------|---------------------|--------------------|
| MEZCLA                                     | f <sub>c</sub> (kg/cm <sup>2</sup> ) | CEMENTO (bls) | AGREGADO FINO (m <sup>3</sup> ) | AGREGADO GRUESO (m <sup>3</sup> ) | AGUA de Diseño (lt) | AGUA Efectiva (lt) |
| MP-4                                       | 280                                  | 8.1           | 0.49                            | 0.63                              | 198.0               | 201.8              |
| MP-3                                       | 210                                  | 7.3           | 0.50                            | 0.64                              | 198.0               | 201.8              |
| MP-2                                       | 175                                  | 6.7           | 0.51                            | 0.65                              | 198.0               | 201.9              |
| MP-1                                       | 140                                  | 6.1           | 0.52                            | 0.65                              | 198.0               | 201.9              |

La dosificación en volumen será la siguiente:

| DOSIFICACION EN VOLUMEN (C:AF:AG:AGUA lt/bls) |                                      |         |                  |                    |               |
|---|--------------------------------------|---------|------------------|--------------------|---------------|
| MEZCLA  | f <sub>c</sub> (kg/cm <sup>2</sup> ) | CEMENTO | AGREGADO FINO AF | AGREGADO GRUESO AG | AGUA (lt/bls) |
| MP-4  | 280                                  | 1.0     | 2.1              | 2.7                | 24.8          |
| MP-3  | 210                                  | 1.0     | 2.4              | 3.1                | 27.8          |
| MP-2  | 175                                  | 1.0     | 2.7              | 3.4                | 30.2          |
| MP-1  | 140                                  | 1.0     | 3.0              | 3.8                | 33.2          |

**INGENIERIA**

CONSULTORES Y EJECUTORES EN INGENIERIA

**CONCLUSIONES:**

1.- Las dosificaciones para los concretos especificados han sido verificadas con los ensayos al concreto fresco obteniendo asentamientos slump dentro de los rangos especificados de 3" a 4", el cual está dentro de lo requerido por el solicitante, además ha sido verificado mediante los ensayos al concreto endurecido como es la resistencia a la compresión simple llegándose a tener las resistencias promedios requeridas  $f'_{cr}$  aceptables al tiempo de análisis.

Las dosificaciones en volumen son las siguientes:

| DOSIFICACION EN VOLUMEN REAJUSTE (C:AF:AG:AGUA lt/bis) |                                |         |                  |                    |               |
|--|--------------------------------|---------|------------------|--------------------|---------------|
| MEZCLA   | $f'_{c}$ (kg/cm <sup>2</sup> ) | CEMENTO | AGREGADO FINO AF | AGREGADO GRUESO AG | AGUA (lt/bis) |
| MP-5   | 280                            | 1.0     | 1.8              | 2.3                | 21.2          |
| MP-4   | 210                            | 1.0     | 2.1              | 2.7                | 24.8          |
| MP-3   | 175                            | 1.0     | 2.4              | 3.1                | 27.8          |
| MP-2   | 140                            | 1.0     | 2.7              | 3.4                | 30.2          |

2.- Se deberá hacer los ajustes por corrección de humedad de los agregados a las dosificaciones presentadas.

Es todo cuanto informo a Ud.

**D.2. ENSAYOS DE LOS AGREGADO**



**CONTENIDO DE HUMEDAD  
(ASTM D-2216, MTC E 108-2000)**

Proyecto : PRODUCCION Y VENTA DE AGREGADOS

Solicitante : NEGOCIACIONES PEDREGAL EIRL Región : AYACUCHO

Calicata : CANTERA RIO CACHI Provincia : HUANTA

Estrato : AGREGADO FINO (ARENA) Distrito : HUANTA

Fecha : AGOSTO DEL 2015 Lugar : YANA RUMI

**DETERMINACION DE LA HUMEDAD**

|                             |  |          |             |        |
|-----------------------------|--|----------|-------------|--------|
|                             | RECIPIENTE                                 | Nº       | 36.0        | 71.0   |
| 1                           | PESO SUELO HUMEDO+RECIPIENTE DE LA MUESTRA | gr       | 132.97      | 125.24 |
| 2                           | PESO SUELO SECO+RECIPIENTE DE LA MUESTRA   | gr       | 130.63      | 123.04 |
| 3                           | PESO RECIPIENTE                            | gr       | 48.720      | 51.585 |
| 4                           | PESO AGUA EN LA MUESTRA                    | gr       | 2.34        | 2.20   |
| 5                           | PESO SECO DE LA MUESTRA                    | gr       | 81.91       | 71.46  |
| 6                           | HUMEDAD                                    | %        | 2.9%        | 3.1%   |
| <b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b> |  | <b>%</b> | <b>3.0%</b> |        |



**EQUIVALENTE DE ARENA, SUELOS Y AGREGADOS FINOS  
(MTC E 114-2000, ASTM D 2419.AASHTO T 176)**

Proyecto : PRODUCCION Y VENTA DE AGREGADOS

Solicitante : NEGOCIACIONES PEDREGAL EIRL

Región : AYACUCHO

Material : CANTERA RIO CACHI

Provincia : HUANTA

: AGREGADO FINO (ARENA)

Distrito : HUANTA

Fecha : AGOSTO DEL 2015

Lugar : YANA RUMI

| Descripcion                                    | Ensayo Nº 1 | Ensayo Nº 1 | Ensayo Nº 2 | Ensayo Nº 3 |
|--|-------------|-------------|-------------|-------------|
| Nivel superior de la muestra total             | mm          | 100.2       | 90.9        | 95.6        |
| Nivel del disco en el dispositivo de lecturas  | mm          | 338.0       | 333.0       | 335.5       |
| Altura del disco en el dispositivo de lecturas | mm          | 256.20      | 256.20      | 256.20      |
| Nivel superior de la arena                     | mm          | 81.80       | 76.80       | 79.30       |
| Temperatura del ensayo                         | °C          | 20.0        | 20.0        | 20.0        |
| Equivalente de arena                           | %           | 82          | 84          | 83          |
| <b>EQUIVALENTE DE ARENA</b>                    | <b>%</b>    |             |             | <b>83</b>   |



**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DEL AGREGADO FINO  
(MTC E 204-2000)**

Proyecto : PRODUCCION Y VENTA DE AGREGADOS

Solicitante : NEGOCIACIONES PEDREGAL EIRL

Region : AYACUCHO

Cantera : CANTERA RIO CACHI

Provincia : HUANTA

Material : AGREGADO FINO (ARENA)

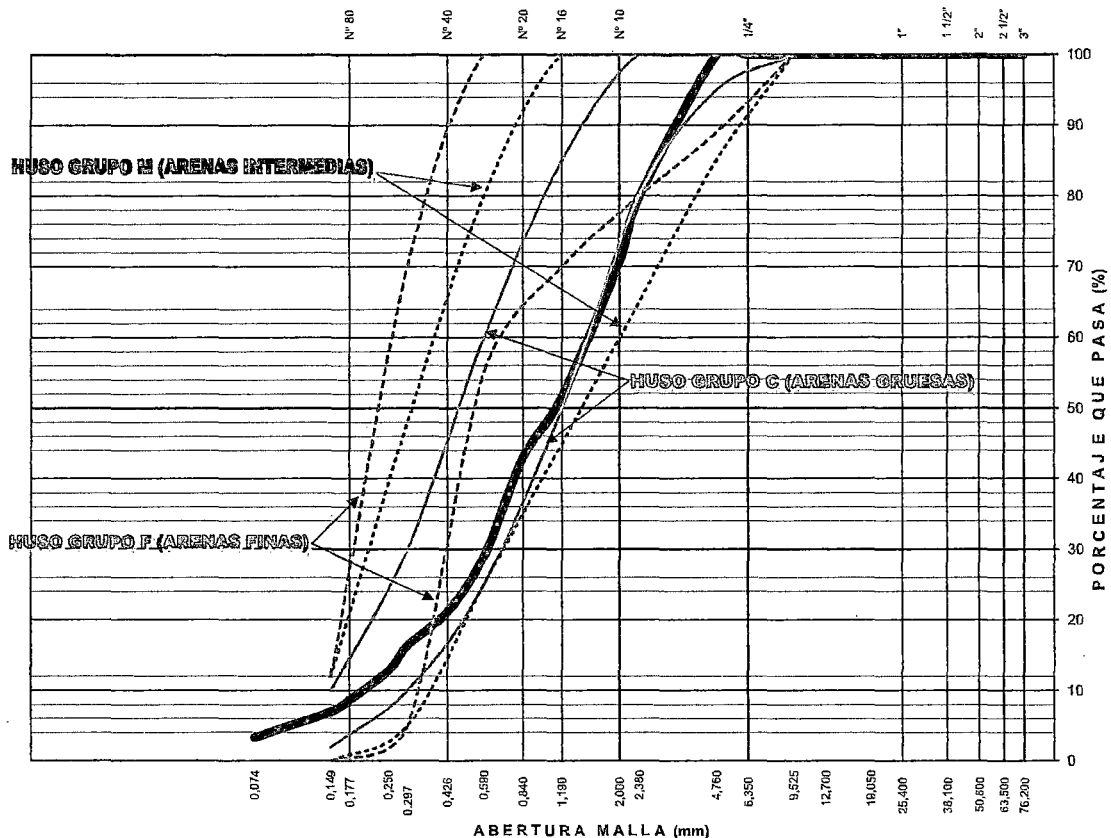
Distrito : HUANTA

Fecha : AGOSTO DEL 2015

Lugar : YANA RUMI

| TAMIZ<br>ASTM | Abertura<br>(mm) | PESO (gr)<br>RETENIDO | % RETEN<br>PARCIAL | % RETEN<br>ACUMULADO | % QUE<br>PASA | ESPECIF.<br>LIM. TOTAL | DATOS DEL ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO                |  |
|---------------|------------------|-----------------------|--------------------|----------------------|---------------|------------------------|--|--|
| 3"            | 76.200           | -                     | -                  | -                    | 100.00        |                        | <b>PESOS (gr)</b>                                |  |
| 2 1/2"        | 63.500           | -                     | -                  | -                    | 100.00        | Peso seco inicial 0.0  |  |  |
| 2"            | 50.800           | -                     | -                  | -                    | 100.00        |                        | Peso seco lavado 0.0                             |  |
| 1 1/2"        | 38.100           | -                     | -                  | -                    | 100.00        |                        | Pérdida por lavado 0.0                           |  |
| 1"            | 25.400           | -                     | -                  | -                    | 100.00        |                        | <b>ENSAYOS ESTÁNDAR</b>                          |  |
| 3/4"          | 19.050           | -                     | -                  | -                    | 100.00        |                        | % Grava 0.1                                      |  |
| 1/2"          | 12.700           | -                     | -                  | -                    | 100.00        |                        | % Arena 96.6                                     |  |
| 3/8"          | 9.525            | -                     | -                  | -                    | 100.00        | 100                    | % de Finos 3.3                                   |  |
| 1/4"          | 6.350            | -                     | -                  | -                    | 100.00        |                        | D <sub>10</sub> = D <sub>60(mm)</sub> = 0.1994   |  |
| Nº 4          | 4.760            | 3.82                  | 0.14               | 0.14                 | 99.86         | 89 - 100               | D <sub>30</sub> = 0.6074                         |  |
| Nº 8          | 2.380            | 548.34                | 20.09              | 20.23                | 79.77         | 65 - 100               | D <sub>60(mm)</sub> = 1.5441                     |  |
| Nº 10         | 2.000            | 247.62                | 9.07               | 29.30                | 70.70         |                        | Cu = 7.74  |  |
| Nº 16         | 1.190            | 518.84                | 19.01              | 48.31                | 51.69         | 45 - 100               | Cc = 1.20  |  |
| Nº 20         | 0.840            | 238.44                | 8.74               | 57.05                | 42.95         |                        | D <sub>15(mm)</sub> = 0.2793                     |  |
| Nº 30         | 0.590            | 380.06                | 13.92              | 70.97                | 29.03         | 25 - 100               | D <sub>50(mm)</sub> = 1.1223                     |  |
| Nº 40         | 0.426            | 213.28                | 7.81               | 78.79                | 21.21         |                        | D <sub>85(mm)</sub> = 2.9996                     |  |
| Nº 50         | 0.297            | 132.72                | 4.86               | 83.65                | 16.35         | 5 - 70                 | Clasificación SUCS <b>SW</b>                     |  |
| Nº 60         | 0.250            | 98.10                 | 3.59               | 87.24                | 12.76         |                        | <b>ARENA BIEN GRADUADA</b>                       |  |
| Nº 80         | 0.177            | 108.56                | 3.98               | 91.22                | 8.78          |                        | Gravedad específica 2.57                         |  |
| Nº 100        | 0.149            | 47.66                 | 1.75               | 92.97                | 7.03          | 0 - 12                 | Módulo de Fineza 3.16                            |  |
| Nº 200        | 0.075            | 102.20                | 3.74               | 96.71                | 3.29          |                        | Superficie específica (cm <sup>2</sup> /gr) 56.6 |  |
| Lavado        |                  | 89.80                 | 3.29               | 100.00               | 0.00          |                        |  |  |
| <b>TOTAL</b>  |                  | <b>2,729.44</b>       | <b>100.00</b>      |                      |               |                        |  |  |

**CURVA GRANULOMÉTRICA DEL AGREGADO FINO (ARENA)**





## PESO ESPECIFICO Y ABSORCIÓN DE AGREGADOS

Proyecto : PRODUCCION Y VENTA DE AGREGADOS

|   |                    |
|---|--------------------|
| Solicitante : NEGOCIACIONES PEDREGAL EIRL | Región : AYACUCHO  |
| Cantera : CANTERA RIO CACHI               | Provincia : HUANTA |
| Material : AGREGADO FINO (ARENA)          | Distrito : HUANTA  |
| Fecha : AGOSTO DEL 2015                   | Lugar : YANA RUMI  |

### AGREGADO GRUESO (MTC E 206 - 2000, NTP 400.021)

OBJETIVO: Obtención de los Pesos Especificos aparente y nominal, así como la absorción después de 24 horas de sumergidos en agua.

DEFINICIONES: En un sólido permeable, si se incluye en su volumen la parte de vacíos accesibles al agua en las condiciones que se establezcan, se define el volumen denominado aparente, si se excluye este volumen de vacíos al volumen resultante, se le denomina nominal.

| IDENTIFICACIÓN |   | ENSAYO Nº 01 | ENSAYO Nº 02 | ENSAYO Nº 03 | PROMEDIO |
|----------------|---|--------------|--------------|--------------|----------|
| A              | Peso en el aire de la muestra seca (gr)       | 362.69       | 331.19       |              |          |
| B              | Peso en el aire de la muestra SSS (gr)        | 367.79       | 337.26       |              |          |
| C              | Peso sumergido en agua de la muestra SSS (gr) | 228.10       | 208.10       |              |          |
|                | Peso Especifico Aparente = A/(B-C)            | 2.60         | 2.56         |              | 2.58     |
|                | Peso Especifico Aparente SSS = B/(B-C)        | 2.63         | 2.61         |              | 2.62     |
|                | Peso Especifico Nominal = A/(A-C)             | 2.69         | 2.69         |              | 2.69     |
|                | % de Absorción = ((B - A)/A) x 100            | 1.41         | 1.83         |              | 1.62     |

### AGREGADO FINO (MTC E 205 - 2000)

| IDENTIFICACIÓN |  | ENSAYO Nº 01 | ENSAYO Nº 02 | ENSAYO Nº 03 | PROMEDIO |
|----------------|--|--------------|--------------|--------------|----------|
| A              | Peso al aire de la muestra secada (gr)         | 125.40       | 58.25        |              |          |
| B              | Peso del Picnometro aforado lleno de agua (gr) | 665.67       | 335.23       |              |          |
| C              | Peso del Picnometro con la muestra y agua (gr) | 743.78       | 372.62       |              |          |
| D              | Peso de la muestra en SSS (gr)                 | 125.44       | 60.78        |              |          |
|                | Peso Especifico Aparente = A/(B-C+S)           | 2.65         | 2.49         |              | 2.57     |
|                | Peso Especifico Aparente SSS = S/(B-C+S)       | 2.65         | 2.60         |              | 2.62     |
|                | Peso Especifico Nominal = A/(A-C+B)            | 2.65         | 2.79         |              | 2.72     |
|                | % de Absorción = ((S - A)/A) x 100             | 0.03         | 4.34         |              | 2.19     |

|   |             |
|---|-------------|
| Porcentaje Retenido en la Malla Nº4 (%)   | 0.14        |
| Porcentaje que pasa la Malla Nº4 (%)      | 99.86       |
| <b>Gravedad especifica de los sólidos</b> | <b>2.57</b> |



**DURABILIDAD AL SULFATO DE MAGNESIO (MTC E  
209, NTP 400.016, ASTM C-89)**

Proyecto : PRODUCCION Y VENTA DE AGREGADOS

|             |                               |           |             |
|-------------|-------------------------------|-----------|-------------|
| Solicitante | : NEGOCIACIONES PEDREGAL EIRL | Region    | : AYACUCHO  |
| Calicata    | : CANTERA RIO CACHI           | Provincia | : HUANTA    |
| Estrato     | : AGREGADO FINO (ARENA)       | Distrito  | : HUANTA    |
| Fecha       | : AGOSTO DEL 2015             | Lugar     | : YANA RUMI |

**MATERIAL AGREGADO FINO (ANALISIS CUANTITATIVO)**

| Fraccion |         | Gradacion original (%) | Peso de la fraccion ensayada (gr) | Peso retenido despues del ensayo (gr) | Perdida total (%) | Perdida corregida (%) |
|----------|---------|------------------------|-----------------------------------|---------------------------------------|-------------------|-----------------------|
| Pasa     | Retiene |                        |                                   |                                       |                   |                       |
| 3/8"     | N° 4    | 0.1                    | 0.0                               | 0.0                                   | 0.0               | 0.0                   |
| N° 4     | N° 8    | 20.8                   | 100.0                             | 92.8                                  | 7.2               | 1.5                   |
| N° 8     | N° 16   | 19.7                   | 100.0                             | 98.1                                  | 1.9               | 0.4                   |
| N° 16    | N° 30   | 14.4                   | 100.0                             | 97.6                                  | 2.4               | 0.3                   |
| N° 30    | N° 50   | 5.0                    | 100.0                             | 90.5                                  | 9.5               | 0.5                   |
| N° 50    | N° 100  | 1.8                    | 100.0                             | 88.9                                  | 11.1              | 0.2                   |
| Totales  |         |                        | 500.0                             | 467.9                                 |                   | 2.9                   |

**DESGASTE DEL MATERIAL AL SULFATO DE MAGNESIO 2.9 %**



**DETERMINACIÓN DEL PORCENTAJE DE TERRONES DE  
ARCILLA (MTC E 212)**

Proyecto : **PRODUCCION Y VENTA DE AGREGADOS**

Solicitant : **NEGOCIACIONES PEDREGAL EIRL**

Región : **AYACUCHO**

Material : **CANtera RIO CACHI**

Provincia : **HUANTA**

: **AGREGADO FINO (ARENA)**

Distrito : **HUANTA**

Fecha : **AGOSTO DEL 2015**

Lugar : **YANA RUMI**

| AGREGADO GRUESO                          |        |                       |                         |         |         |             |
|--|--------|-----------------------|-------------------------|---------|---------|-------------|
| Tamaño del Agregado                      |        | Peso antes del ensayo | Peso despues del ensayo | A       | E       | ACUMULADO   |
| TAMICES                                  |        | (g)                   | (g)                     | (W - R) | (A / W) |             |
| 1 1/2"                                   |        |                       |                         |         |         |             |
| 3/4"                                     | 1 1/2" | 0.0                   | 0.0                     | 0.0     | 0.0     | 0.0         |
| 3/8"                                     | 3/4"   | 444.0                 | 443.0                   | 0.9     | 0.2     | 0.2         |
| Nro. 4                                   | 3/8"   | 449.2                 | 449.0                   | 0.2     | 0.0     | 0.3         |
| Total:                                   |        | 893.2                 |                         |         |         |             |
| <b>Porcentaje de Terrones de Arcilla</b> |        |                       |                         |         |         | <b>0.26</b> |

| AGREGADO FINO                            |         |                       |                         |         |         |             |
|--|---------|-----------------------|-------------------------|---------|---------|-------------|
| Tamaño del Agregado                      |         | Peso antes del ensayo | Peso despues del ensayo | A       | E       | ACUMULADO   |
| TAMICES                                  |         | (g)                   | (g)                     | (W - R) | (A / W) |             |
| Nro. 4                                   | Nro. 16 | 559.5                 | 550.9                   | 8.6     | 1.5     | 1.5         |
| Total:                                   |         | 559.5                 |                         |         |         |             |
| <b>Porcentaje de Terrones de Arcilla</b> |         |                       |                         |         |         | <b>1.54</b> |



**IMPUREZAS ORGANICAS (ASTM C-40, MTC E 213)**

Proyecto : PRODUCCION Y VENTA DE AGREGADOS

Solicitante : NEGOCIACIONES PEDREGAL EIRL

Region : AYACUCHO

Calicata : CANTERA RIO CACHI

Provincia : HUANTA

Estrato : AGREGADO FINO (ARENA)

Distrito : HUANTA

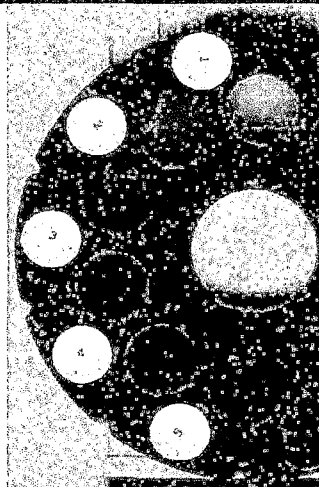
Fecha : AGOSTO DEL 2015

Lugar : YANA RUMI

**METODO COLORIMETRO**

| TABLA DE COLORES                                     | <----- MAS CLARO     |   | COLOR ESTANDAR DE REFERENCIA. | -----> MAS OSCURO                   |   | NOTA  |
|--|----------------------|---|-------------------------------|-------------------------------------|---|---|
|  | 1                    | 2 | 3                             | 4                                   | 5 |   |
| COLOR DE LA MUESTRA                                  | <b>X</b>             |   |                               |                                     |   | LA MUESTRA NO PRESENTA MATERIA ORGANICA DAÑINA PARA EL CONCRETO |
| INTERPRETACION DEL CONTENIDO DEL COMPONENTE ORGANICO | POCO O NINGUNO       |   | ACEPTABLE                     | POSIBILIDAD DAÑINA                  |   |   |
| RECOMENDACION  | APROBADO PARA SU USO |   |                               | HACER OTRAS PRUEBAS DE VERIFICACION |   |   |

**INFORME FOTOGRAFICO**





**CONTENIDO DE HUMEDAD  
(ASTM D-2216, MTC E 108-2000)**

Proyecto : PRODUCCION Y VENTA DE AGREGADOS

Solicitante : NEGOCIACIONES PEDREGAL EIRL Región : AYACUCHO

Calicata : CANTERA RIO CACHI Provincia : HUANTA

Estrato : AGREGADO GRUESO (PIEDRA CHANCADA) Distrito : HUANTA

Fecha : AGOSTO DEL 2015 Lugar : YANA RUMI

**DETERMINACION DE LA HUMEDAD**

|                             |  |          |             |        |
|-----------------------------|--|----------|-------------|--------|
|                             | RECIPIENTE                                 | Nº       | 3.0         | 81.0   |
| 1                           | PESO SUELO HUMEDO+RECIPIENTE DE LA MUESTRA | gr       | 105.99      | 103.19 |
| 2                           | PESO SUELO SECO+RECIPIENTE DE LA MUESTRA   | gr       | 105.34      | 102.77 |
| 3                           | PESO RECIPIENTE                            | gr       | 42.272      | 49.252 |
| 4                           | PESO AGUA EN LA MUESTRA                    | gr       | 0.65        | 0.42   |
| 5                           | PESO SECO DE LA MUESTRA                    | gr       | 63.07       | 53.52  |
| 6                           | HUMEDAD                                    | %        | 1.0%        | 0.8%   |
| <b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b> |  | <b>%</b> | <b>0.9%</b> |        |

## ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DEL AGREGADO GRUESO (MTC E 204 - 2000)

Proyecto : PRODUCCION Y VENTA DE AGREGADOS

Solicitante : NEGOCIACIONES PEDREGAL EIRL

Region : AYACUCHO

Cantera : CANTERA RIO CACHI

Provincia : HUANTA

Material : AGREGADO GRUESO (PIEDRA CHANCADA)

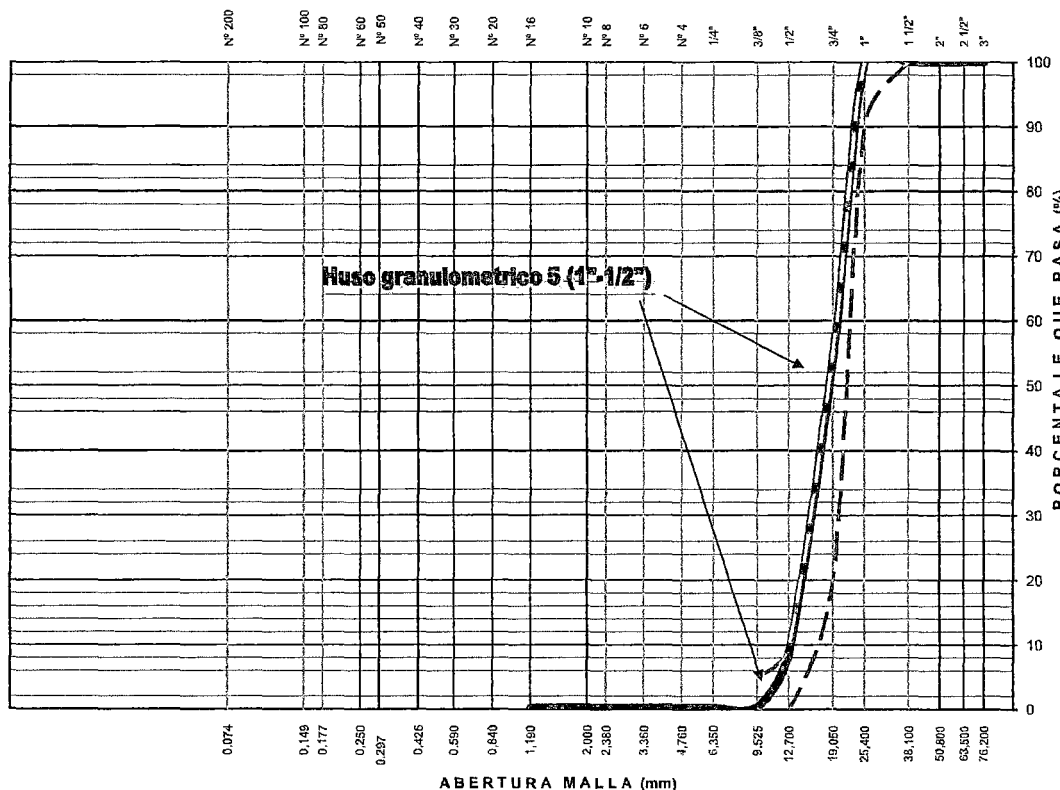
Distrito : HUANTA

Fecha : AGOSTO DEL 2015

Lugar : YANA RUMI

| TAMIZ<br>ASTM | Abertura<br>(mm) | PESO<br>RETENIDO (gr) | % RETEN<br>PARCIAL | % RETEN<br>ACUMULADO | % QUE<br>PASA | HUSO 5<br>(1" a 1/2") | DATOS DEL ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO                |
|---------------|------------------|-----------------------|--------------------|----------------------|---------------|-----------------------|--|
| 3"            | 76.200           | -                     | -                  | -                    | 100.00        |                       | <b>PESOS (gr)</b>                                |
| 2 1/2"        | 63.500           | -                     | -                  | -                    | 100.00        |                       |  |
| 2"            | 50.800           | -                     | -                  | -                    | 100.00        |                       | Peso seco lavado 3254.4                          |
| 1 1/2"        | 38.100           | -                     | -                  | -                    | 100.00        | 100 - 100             | Pérdida por lavado 0.6                           |
| 1"            | 25.400           | -                     | -                  | -                    | 100.00        | 90 - 100              | <b>ENSAYOS ESTÁNDAR</b>                          |
| 3/4"          | 19.050           | 1,486.08              | 45.65              | 45.65                | 54.35         | 20 - 55               | % Grava 99.9                                     |
| 1/2"          | 12.700           | 1,479.00              | 45.44              | 91.09                | 8.91          | 0 - 10                | % Arena 0.1                                      |
| 3/8"          | 9.525            | 278.04                | 8.54               | 99.63                | 0.37          | 0 - 5                 | % de Finos 0.0                                   |
| 1/4"          | 6.350            | 6.00                  | 0.18               | 99.82                | 0.18          |                       | D <sub>10</sub> = D <sub>85(rem)</sub> = 12.8526 |
| Nº 4          | 4.760            | 1.14                  | 0.04               | 99.85                | 0.15          |                       | D <sub>30(mm)</sub> = 15.6477                    |
| Nº 8          | 2.380            | 0.60                  | 0.02               | 99.87                | 0.13          |                       | D <sub>60(mm)</sub> = 19.8365                    |
| Nº 10         | 2.000            | 0.24                  | 0.01               | 99.88                | 0.12          |                       | Cu = 1.54  |
| Nº 16         | 1.190            | 0.20                  | 0.01               | 99.89                | 0.11          |                       | Cc = 0.96  |
| Nº 20         | 0.840            | 0.16                  | 0.00               | 99.89                | 0.11          |                       | D <sub>15(mm)</sub> = 13.5514                    |
| Nº 30         | 0.590            | 0.64                  | 0.02               | 99.91                | 0.09          |                       | D <sub>50(mm)</sub> = 18.4427                    |
| Nº 40         | 0.426            | 0.50                  | 0.02               | 99.93                | 0.07          |                       | D <sub>85(mm)</sub> = 23.3137                    |
| Nº 50         | 0.297            | 0.36                  | 0.01               | 99.94                | 0.06          |                       | Clasificación SUCS <b>GP</b>                     |
| Nº 60         | 0.250            | 0.32                  | 0.01               | 99.95                | 0.05          |                       | <b>GRAVA MAL GRADUADA</b>                        |
| Nº 80         | 0.177            | 0.36                  | 0.01               | 99.96                | 0.04          |                       | Tamaño Maximo (Pulg)" 1                          |
| Nº 100        | 0.149            | 0.16                  | 0.00               | 99.96                | 0.04          |                       | Tamaño Maximo Nominal (Pulg)" 3/4                |
| Nº 200        | 0.075            | 0.64                  | 0.02               | 99.98                | 0.02          |                       | Gravedad específica 2.58                         |
| Lavado        |                  | 0.60                  | 0.02               | 100.00               | -             |                       | Módulo de Fineza 7.45                            |
| <b>TOTAL</b>  |                  | <b>3255.0</b>         | <b>100.0</b>       |                      |               |                       | Superficie específica (cm <sup>2</sup> /gr) 1.54 |

### CURVA GRANULOMÉTRICA DEL AGREGADO GRUESO





## PESO ESPECIFICO Y ABSORCIÓN DE AGREGADOS

Proyecto : PRODUCCION Y VENTA DE AGREGADOS

|  |                    |
|--|--------------------|
| Solicitante : NEGOCIACIONES PEDREGAL EIRL    | Región : AYACUCHO  |
| Cantera : CANTERA RIO CACHI                  | Provincia : HUANTA |
| Material : AGREGADO GRUESO (PIEDRA CHANCADA) | Distrito : HUANTA  |
| Fecha : AGOSTO DEL 2015                      | Lugar : YANA RUMI  |

### AGREGADO GRUESO (MTC E 206 - 2000, NTP 400.021)

OBJETIVO: Obtención de los Pesos Específicos aparente y nominal, así como la absorción después de 24 horas de sumergidos en agua.

DEFINICIONES: En un sólido permeable, si se incluye en su volumen la parte de vacíos accesibles al agua en las condiciones que se establezcan, se define el volumen denominado aparente, si se excluye este volumen de vacíos al volumen resultante, se le denomina nominal.

| IDENTIFICACIÓN |   | ENSAYO Nº 01 | ENSAYO Nº 02 | ENSAYO Nº 03 | PROMEDIO |
|----------------|---|--------------|--------------|--------------|----------|
| A              | Peso en el aire de la muestra seca (gr)       | 362.69       | 331.19       |              |          |
| B              | Peso en el aire de la muestra SSS (gr)        | 367.79       | 337.26       |              |          |
| C              | Peso sumergido en agua de la muestra SSS (gr) | 228.10       | 208.10       |              |          |
|                | Peso Específico Aparente = A/(B-C)            | 2.60         | 2.56         |              | 2.58     |
|                | Peso Específico Aparente SSS = B/(B-C)        | 2.63         | 2.61         |              | 2.62     |
|                | Peso Específico Nominal = A/(A-C)             | 2.69         | 2.69         |              | 2.69     |
|                | % de Absorción = ((B - A)/A) x 100            | 1.41         | 1.83         |              | 1.62     |

### AGREGADO FINO (MTC E 205 - 2000)

| IDENTIFICACIÓN |  | ENSAYO Nº 01 | ENSAYO Nº 02 | ENSAYO Nº 03 | PROMEDIO |
|----------------|--|--------------|--------------|--------------|----------|
| A              | Peso al aire de la muestra secada (gr)         | 125.40       | 58.25        |              |          |
| B              | Peso del Picnómetro aforado lleno de agua (gr) | 665.67       | 335.23       |              |          |
| C              | Peso del Picnómetro con la muestra y agua (gr) | 743.78       | 372.62       |              |          |
| D              | Peso de la muestra en SSS (gr)                 | 125.44       | 60.78        |              |          |
|                | Peso Específico Aparente = A/(B-C+S)           | 2.65         | 2.49         |              | 2.57     |
|                | Peso Específico Aparente SSS = S/(B-C+S)       | 2.65         | 2.60         |              | 2.62     |
|                | Peso Específico Nominal = A/(A-C+B)            | 2.65         | 2.79         |              | 2.72     |
|                | % de Absorción = ((S - A)/A) x 100             | 0.03         | 4.34         |              | 2.19     |

|   |             |
|---|-------------|
| Porcentaje Retenido en la Malla Nº4 (%)   | 99.85       |
| Porcentaje que pasa la Malla Nº4 (%)      | 0.15        |
| <b>Gravedad específica de los sólidos</b> | <b>2.58</b> |





**ABRASION LOS ANGELES (L.A) AL DESGASTE DE LOS  
AGREGADOS MENORES A 1 1/2" (MTC E 207-2000)**

Proyecto : PRODUCCION Y VENTA DE AGREGADOS

Solicitante : NEGOCIACIONES PEDREGAL EIRL

Región : AYACUCHO

Material : CANTERA RIO CACHI

Provincia : HUANTA

: AGREGADO GRUESO (PIEDRA CHANCADA)

Distrito : HUANTA

Fecha : AGOSTO DEL 2015

Lugar : YANA RUMI

**Granulometria de la muestra del agregado para ensayo**

| Pasa Tamiz     |        | Retenido Tamiz |        | A (12 esf)<br>Peso (gr) | B (11 esf)<br>Peso (gr) | C (8 esf)<br>Peso (gr) | D (6 esf)<br>Peso (gr) |
|----------------|--------|----------------|--------|-------------------------|-------------------------|------------------------|------------------------|
| 1 1/2"         | 37.5mm | 1"             | 25mm   |                         |                         |                        |                        |
| 1"             | 25mm   | 3/4"           | 19mm   |                         |                         |                        |                        |
| 3/4"           | 19mm   | 1/2"           | 12.5mm |                         | 2500.00                 |                        |                        |
| 1/2"           | 12.5mm | 3/8"           | 9.5mm  |                         | 2500.00                 |                        |                        |
| 3/8"           | 9.5mm  | 1/4"           | 6.3mm  |                         |                         |                        |                        |
| 1/4"           | 6.3mm  | Nº 4           | 4.75mm |                         |                         |                        |                        |
| Nº 4           | 4.75mm | Nº 8           | 2.36mm |                         |                         |                        |                        |
| TOTAL (gramos) |        |                |        | -                       | 5,000.00                | -                      | -                      |

**Muestra despues del ensayo**

|                                       |           |
|---------------------------------------|-----------|
| Peso de la muestra despues del ensayo | 4,058.4   |
| <b>% de Desgaste</b>                  | <b>19</b> |



**DURABILIDAD AL SULFATO DE MAGNESIO (MTC E  
209, NTP 400.016, ASTM C-88)**

Proyecto : PRODUCCION Y VENTA DE AGREGADOS

|             |                                     |           |             |
|-------------|-------------------------------------|-----------|-------------|
| Solicitante | : NEGOCIACIONES PEDREGAL EIRL       | Region    | : AYACUCHO  |
| Calicata    | : CANTERA RIO CACHI                 | Provincia | : HUANTA    |
| Estrato     | : AGREGADO GRUESO (PIEDRA CHANCADA) | Distrito  | : HUANTA    |
| Fecha       | : AGOSTO DEL 2015                   | Lugar     | : YANA RUMI |

**MATERIAL AGREGADO GRUESO (ANALISIS CUANTITATIVO)**

| Fraccion |         | Gradacion original (%) | Peso de la fraccion ensayada (gr) | Peso retenido despues del ensayo (gr) | Perdida total (%) | Perdida corregida (%) |
|----------|---------|------------------------|-----------------------------------|---------------------------------------|-------------------|-----------------------|
| Pasa     | Retiene |                        |                                   |                                       |                   |                       |
| 2 1/2"   | 2"      | 0.0                    | 0.0                               | 0.0                                   | 0.0               |                       |
| 2"       | 1 1/2"  | 0.0                    | 0.0                               | 0.0                                   | 0.0               |                       |
| 1 1/2"   | 1"      | 0.0                    | 0.0                               | 0.0                                   | 0.0               | 0.0                   |
| 1"       | 3/4"    | 45.7                   | 800.0                             | 781.0                                 | 2.4               | 1.1                   |
| 3/4"     | 1/2"    | 45.5                   | 800.0                             | 789.5                                 | 1.3               | 0.6                   |
| 1/2"     | 3/8"    | 8.6                    | 160.0                             | 152.9                                 | 4.4               | 0.4                   |
| 3/8"     | N° 4    | 0.2                    | 0.0                               | 0.0                                   | 0.0               | 0.0                   |
| Totales  |         |                        | 1,760.0                           | 1,723.4                               |                   | 2.1                   |

**DESGASTE DEL MATERIAL AL SULFATO DE MAGNESIO 2.1 %**



## DETERMINACIÓN DEL PORCENTAJE DE CARAS FRACTURADAS MTC E 210

Proyecto : PRODUCCION Y VENTA DE AGREGADOS

|   |                    |
|---|--------------------|
| Solicitante : NEGOCIACIONES PEDREGAL EIRL   | Región : AYACUCHO  |
| Calicata : CANTERA RIO CACHI                | Provincia : HUANTA |
| Estrato : AGREGADO GRUESO (PIEDRA CHANCADA) | Distrito : HUANTA  |
| Fecha : AGOSTO DEL 2015                     | Lugar : YANA RUMI  |

### a.- Con una cara fracturada

| Tamaño del Agregado |             | A             | B            | C           | D            | E           |
|---------------------|-------------|---------------|--------------|-------------|--------------|-------------|
| Pasa Tamiz          | Retenido T. | (g)           | (g)          | ( B/A)*100) | % Parcial    | CxD         |
| 1 1/2"              | 1"          | 0.00          | 0.00         | 0.0         | 0.0          | 0.0         |
| 1"                  | 3/4"        | 515.51        | 387.31       | 75.1        | 45.8         | 34.4        |
| 3/4"                | 1/2"        | 511.95        | 339.51       | 66.3        | 45.6         | 30.2        |
| 1/2"                | 3/8"        | 140.78        | 100.68       | 71.5        | 8.6          | 6.1         |
| <b>Total:</b>       |             | <b>1168.2</b> | <b>827.5</b> |             | <b>100.0</b> | <b>70.8</b> |

Porcentaje con una cara fracturada =  $\frac{\text{TOTAL E}}{\text{TOTAL D}}$  = 71 %

### b.- Con dos o más caras fracturadas

| Tamaño del Agregado |             | A             | B            | C           | D            | E           |
|---------------------|-------------|---------------|--------------|-------------|--------------|-------------|
| Pasa Tamiz          | Retenido T. | (g)           | (g)          | ( B/A)*100) | % Parcial    | CxD         |
| 1 1/2"              | 1"          | 0.00          | 0.00         | 0.0         | 0.0          | 0.0         |
| 1"                  | 3/4"        | 515.51        | 315.87       | 61.3        | 45.8         | 28.1        |
| 3/4"                | 1/2"        | 511.95        | 292.69       | 57.2        | 45.6         | 26.1        |
| 1/2"                | 3/8"        | 140.78        | 79.99        | 56.8        | 8.6          | 4.9         |
| <b>Total:</b>       |             | <b>1168.2</b> | <b>688.6</b> |             | <b>100.0</b> | <b>59.0</b> |

Porcentaje con dos o más caras fracturadas =  $\frac{\text{TOTAL E}}{\text{TOTAL D}}$  = 59 %

Observaciones : Material Chancado



**DETERMINACIÓN DEL PORCENTAJE DE TERRONES DE  
ARCILLA (MTC E 212)**

Proyecto : PRODUCCION Y VENTA DE AGREGADOS

|               |                                     |             |           |
|---------------|-------------------------------------|-------------|-----------|
| Solicitante : | NEGOCIACIONES PEDREGAL EIRL         | Región :    | AYACUCHO  |
| Material :    | CANTERA RIO CACHI                   | Provincia : | HUANTA    |
|               | : AGREGADO GRUESO (PIEDRA CHANCADA) | Distrito :  | HUANTA    |
| Fecha :       | AGOSTO DEL 2015                     | Lugar :     | YANA RUMI |

| AGREGADO GRUESO                          |        |                       |                         |         |         |             |
|--|--------|-----------------------|-------------------------|---------|---------|-------------|
| Tamaño del Agregado                      |        | Peso antes del ensayo | Peso despues del ensayo | A       | E       | ACUMULADO   |
| TAMICES                                  |        | (g)                   | (g)                     | (W - R) | (A / W) |             |
| 1 1/2"                                   |        |                       |                         |         |         |             |
| 3/4"                                     | 1 1/2" | 0.0                   | 0.0                     | 0.0     | 0.0     | 0.0         |
| 3/8"                                     | 3/4"   | 444.0                 | 443.0                   | 0.9     | 0.2     | 0.2         |
| Nro. 4                                   | 3/8"   | 449.2                 | 449.0                   | 0.2     | 0.0     | 0.3         |
| Total:                                   |        | 893.2                 |                         |         |         |             |
| <b>Porcentaje de Terrones de Arcilla</b> |        |                       |                         |         |         | <b>0.26</b> |

| AGREGADO FINO                            |         |                       |                         |         |         |             |
|--|---------|-----------------------|-------------------------|---------|---------|-------------|
| Tamaño del Agregado                      |         | Peso antes del ensayo | Peso despues del ensayo | A       | E       | ACUMULADO   |
| TAMICES                                  |         | (g)                   | (g)                     | (W - R) | (A / W) |             |
| Nro. 4                                   | Nro. 16 | 559.5                 | 550.9                   | 8.6     | 1.5     | 1.5         |
| Total:                                   |         | 559.5                 |                         |         |         |             |
| <b>Porcentaje de Terrones de Arcilla</b> |         |                       |                         |         |         | <b>1.54</b> |

D.2. ENSAYOS DE LOS AGREGADOS



**PORCENTAJE DE CHATAS Y ALARGADAS EN LOS AGREGADOS  
(MTC E 221)**

Proyecto : PRODUCCION Y VENTA DE AGREGADOS

Solicitante : NEGOCIACIONES PEDREGAL EIRL

Región : AYACUCHO

Material : CANTERA RIO CACHI

Provincia : HUANTA

: AGREGADO GRUESO (PIEDRA CHANCADA)

Distrito : HUANTA

Fecha : AGOSTO DEL 2015

Lugar : YANA RUMI

| Fraccion                                |         | Gradacion original (%) | Planas                            |                                       |                |                    | Alargadas                         |                                       |                   |                       |
|---|---------|------------------------|-----------------------------------|---------------------------------------|----------------|--------------------|-----------------------------------|---------------------------------------|-------------------|-----------------------|
| Pasa                                    | Retiene |                        | Peso de la fraccion ensayada (gr) | Peso retenido despues del ensayo (gr) | % Planas total | % Planas Corregido | Peso de la fraccion ensayada (gr) | Peso retenido despues del ensayo (gr) | % Alargadas total | % Alargadas Corregido |
| 2 1/2"                                  | 2"      | 0.00                   | 0.0                               | 0.0                                   | 0.0            | 0.0                | 0.0                               | 0.0                                   | 0.0               | 0.0                   |
| 2"                                      | 1 1/2"  | 0.00                   | 0.0                               | 0.0                                   | 0.0            | 0.0                | 0.0                               | 0.0                                   | 0.0               | 0.0                   |
| 1 1/2"                                  | 1"      | 0.00                   | 0.0                               | 0.0                                   | 0.0            | 0.0                | 0.0                               | 0.0                                   | 0.0               | 0.0                   |
| 1"                                      | 3/4"    | 45.74                  | 505.1                             | 7.6                                   | 1.5            | 0.7                | 505.1                             | 0.0                                   | 0.0               | 0.0                   |
| 3/4"                                    | 1/2"    | 45.52                  | 506.6                             | 4.4                                   | 0.9            | 0.4                | 506.6                             | 0.0                                   | 0.0               | 0.0                   |
| 1/2"                                    | 3/8"    | 8.56                   | 161.7                             | 2.6                                   | 1.6            | 0.1                | 161.7                             | 0.0                                   | 0.0               | 0.0                   |
| 3/8"                                    | 1/4"    | 0.18                   | 0.0                               | 0.0                                   | 0.0            | 0.0                | 0.0                               | 0.0                                   | 0.0               | 0.0                   |
| <b>Sub Total:</b>                       |         | <b>100.00</b>          |                                   |                                       |                | <b>1.2</b>         |                                   |                                       |                   | <b>0.0</b>            |
| <b>Porcentaje de chatas y alargadas</b> |         |                        |                                   |                                       |                |                    |                                   |                                       | <b>1.2</b>        | <b>%</b>              |

**D.3. ENSAYOS DE RESISTENCIA A LA COM-  
PRESIÓN**



**ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN SIMPLE DEL CONCRETO**  
**NORMAS ASTM C 39 / MTC E 704 - 2000**

PROYECTO : PRODUCCION Y VENTA DE AGREGADOS

|          |  |           |             |
|----------|--|-----------|-------------|
| SOLICITA | : NEGOCIACIONES PEDREGAL EIRL                | REGION    | : AYACUCHO  |
| MUESTRA  | : TESTIGOS CILINDRICOS DE CONCRETO           | PROVINCIA | : HUANTA    |
|          | : MEZCLAS DE PRUEBA DISEÑOS DE AG TMN = 1/2" | DISTRITO  | : HUANTA    |
| FECHA    | : AGOSTO DEL 2015                            | LUGAR     | : YANA RUMI |

| Nº | ESTRUCTURA DE PROCEDENCIA | FECHA DE MOLDEO | FECHA DE ROTURA | EDAD (Días) | DIÁMETRO ESPECIM. (cm) | ALTURA DEL ESPECIM. (cm) | PESO DEL ESPECIM. (kg) | PESO UNITARIO APARENTE (tn/m3) | LECTURA DIGITAL (KN) | RESISTENCIA DEL ESPECIMEN (Kg/cm2) | PROMEDIO DE RESISTENCIA f <sub>c</sub> (Kg/cm2) | RESISTENCIA DE DISEÑO f <sub>c</sub> (Kg/cm2) | % RESISTENCIA f <sub>c</sub> | RESISTENCIA ESPECIFICADA f <sub>cr</sub> (Kg/cm2) | % RESISTENCIA f <sub>cr</sub> |
|----|---------------------------|-----------------|-----------------|-------------|------------------------|--------------------------|------------------------|--------------------------------|----------------------|------------------------------------|---|---|------------------------------|---|-------------------------------|
| 1  | MP-1 (PRUEBA)             | 07/08/2015      | 14/08/2015      | 7           | 15.12                  | 30.37                    | 13.021                 | 2.39                           | 270.09               | 153.59                             | 159   | 140.0   | 114%                         | 210.0   | 76%                           |
| 2  | MP-1 (PRUEBA)             | 07/08/2015      | 14/08/2015      | 7           | 14.98                  | 30.54                    | 13.132                 | 2.44                           | 272.11               | 157.50                             |   | 140.0   |                              | 210.0   |                               |
| 3  | MP-1 (PRUEBA)             | 07/08/2015      | 14/08/2015      | 7           | 10.31                  | 20.15                    | 3.962                  | 2.36                           | 135.48               | 165.75                             |   | 140.0   |                              | 210.0   |                               |
| 4  | MP-2                      | 07/08/2015      | 14/08/2015      | 7           | 15.09                  | 30.60                    | 13.031                 | 2.38                           | 294.65               | 168.23                             | 187   | 175.0   | 107%                         | 245.0   | 76%                           |
| 5  | MP-2                      | 07/08/2015      | 14/08/2015      | 7           | 15.01                  | 30.66                    | 13.039                 | 2.40                           | 344.44               | 198.63                             |   | 175.0   |                              | 245.0   |                               |
| 6  | MP-2                      | 07/08/2015      | 14/08/2015      | 7           | 10.30                  | 20.48                    | 4.026                  | 2.36                           | 154.44               | 189.24                             |   | 175.0   |                              | 245.0   |                               |
| 7  | MP-2                      | 07/08/2015      | 14/08/2015      | 7           | 10.18                  | 20.31                    | 3.989                  | 2.41                           | 152.54               | 191.28                             |   | 175.0   |                              | 245.0   |                               |
| 8  | MP-3                      | 07/08/2015      | 14/08/2015      | 7           | 15.08                  | 30.53                    | 13.138                 | 2.41                           | 467.81               | 267.27                             | 258   | 210.0   | 123%                         | 294.0   | 88%                           |
| 9  | MP-3                      | 07/08/2015      | 14/08/2015      | 7           | 14.98                  | 30.51                    | 12.965                 | 2.41                           | 430.89               | 249.41                             |   | 210.0   |                              | 294.0   |                               |
| 10 | MP-3                      | 07/08/2015      | 14/08/2015      | 7           | 10.31                  | 20.50                    | 4.057                  | 2.37                           | 202.55               | 247.66                             |   | 210.0   |                              | 294.0   |                               |
| 11 | MP-3                      | 07/08/2015      | 14/08/2015      | 7           | 10.15                  | 20.27                    | 3.998                  | 2.44                           | 211.37               | 266.55                             |   | 210.0   |                              | 294.0   |                               |

TRAZABILIDAD:

BALANZA: MARCA OHAUS, MODELO: R31930, SERIE: 8335070020, CALIBRACION: CERTIFICADO N° 099-2014 PLM

MAQUINA DE ENSAYO A LA COMPRESION: MARCA PINZUAR LTDA, MODELO PC-142-D, SERIE: 173, CALIBRACION: CERTIFICADO N° 080-2014 PLF

D.3. ENSAYOS DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN



**ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN SIMPLE DEL CONCRETO**  
**NORMAS ASTM C 39 / MTC E 704 - 2000**

PROYECTO : PRODUCCION Y VENTA DE AGREGADOS

|          |   |           |             |
|----------|---|-----------|-------------|
| SOLICITA | : NEGOCIACIONES PEDREGAL EIRL                   | REGION    | : AYACUCHO  |
| MUESTRA  | : TESTIGOS CILINDRICOS DE CONCRETO              | PROVINCIA | : HUANTA    |
|          | : DE MEZCLAS DE PRUEBA DISEÑOS DE AG TMN = 1/2" | DISTRITO  | : HUANTA    |
| FECHA    | : AGOSTO DEL 2015                               | LUGAR     | : YANA RUMI |

| Nº | ESTRUCTURA DE PROCEDENCIA | FECHA DE MOLDEO | FECHA DE ROTURA | EDAD (Dias) | DIÁMETRO ESPECIM. (cm) | ALTURA DEL ESPECIM. (cm) | PESO DEL ESPECIM. (kg) | PESO UNITARIO APARENTE (tn/m3) | LECTURA DIGITAL (KN) | RESISTENCIA DEL ESPECIMEN (Kg/cm2) | PROMEDIO DE RESISTENCIA f <sub>c</sub> (Kg/cm2) | RESISTENCIA DE DISEÑO f <sub>c</sub> (Kg/cm2) | % RESISTENCIA f <sub>c</sub> | RESISTENCIA ESPECIFICADA f <sub>cr</sub> (Kg/cm2) | % RESISTENCIA f <sub>cr</sub> |
|----|---------------------------|-----------------|-----------------|-------------|------------------------|--------------------------|------------------------|--------------------------------|----------------------|------------------------------------|---|---|------------------------------|---|-------------------------------|
| 12 | MP-4                      | 07/08/2015      | 14/08/2015      | 7           | 15.03                  | 30.44                    | 13.108                 | 2.43                           | 545.18               | 313.51                             | 316   | 280.0   | 113%                         | 364.0   | 87%                           |
| 13 | MP-4                      | 07/08/2015      | 14/08/2015      | 7           | 15.05                  | 30.01                    | 13.128                 | 2.46                           | 544.21               | 312.28                             |   | 280.0   |                              | 364.0   |                               |
| 14 | MP-4                      | 07/08/2015      | 14/08/2015      | 7           | 10.10                  | 20.38                    | 4.032                  | 2.47                           | 250.10               | 318.28                             |   | 280.0   |                              | 364.0   |                               |
| 15 | MP-4                      | 07/08/2015      | 14/08/2015      | 7           | 10.21                  | 20.51                    | 4.034                  | 2.40                           | 256.00               | 319.24                             |   | 280.0   |                              | 364.0   |                               |
| 16 | MP-5                      | 07/08/2015      | 14/08/2015      | 7           | 15.22                  | 30.68                    | 13.258                 | 2.38                           | 618.80               | 347.15                             | 355   | 315.0   | 113%                         | 399.0   | 89%                           |
| 17 | MP-5                      | 07/08/2015      | 14/08/2015      | 7           | 15.05                  | 30.62                    | 13.266                 | 2.43                           | 644.19               | 369.36                             |   | 315.0   |                              | 399.0   |                               |
| 18 | MP-5                      | 07/08/2015      | 14/08/2015      | 7           | 10.23                  | 20.56                    | 4.065                  | 2.41                           | 275.49               | 342.00                             |   | 315.0   |                              | 399.0   |                               |
| 19 | MP-5                      | 07/08/2015      | 14/08/2015      | 7           | 9.94                   | 20.16                    | 3.816                  | 2.44                           | 275.73               | 362.57                             |   | 315.0   |                              | 399.0   |                               |

TRAZABILIDAD:

BALANZA: MARCA OHAUS, MODELO: R31930, SERIE: 8335070020, CALIBRACION: CERTIFICADO N° 099-2014 PLM

MAQUINA DE ENSAYO A LA COMPRESION: MARCA PINZUAR LTDA, MODELO PC-142-D, SERIE: 173, CALIBRACION: CERTIFICADO N° 080-2014 PLF



## **Apéndice E**

# **CUADROS USADOS EN EL DISEÑO DE MEZCLA**

APÉNDICE E. CUADROS USADOS EN EL DISEÑO DE MEZCLA

Cuadro E.1: SELECCIÓN DEL ASENTAMIENTO

ACI 211.1, ACI 211.2, M. Fineza y Agregado Global

| Tipo de construccion                                     | Asentamiento |        |
|--|--------------|--------|
|  | Maximo       | Minimo |
| Zapatas y muros de cimentacion armados                   | 3"           | 1"     |
| Cimentaciones simples, cajones y subestructuras de muros | 3"           | 1"     |
| Vigas y muros armados                                    | 4"           | 1"     |
| Columnas de edificios                                    | 4"           | 1"     |
| Losas y pavimentos                                       | 3"           | 1"     |
| Concretos ciclopeos                                      | 2"           | 1"     |

(Fuente: Diseño de Mezclas, Tabla 9.2.2, p.77.)[10]

El asentamiento puede incrementarse en 1" si se emplea un método de consolidación diferente a la vibración.

Cuadro E.2: SELECCIÓN DE VOLUMEN UNITARIO DE AGUA

ACI 211.1, M. Fineza y Agregado Global

| Asentamiento<br>SLUMP          | Agua, en l/m <sup>3</sup> , para los tamaños max. Nominales<br>de agregado grueso y consistencia indicados |      |      |     |        |     |     |     |
|--------------------------------|--|------|------|-----|--------|-----|-----|-----|
|                                | 3/8"   | 1/2" | 3/4" | 1"  | 1 1/2" | 2"  | 3"  | 6"  |
| Concretos sin aire incorporado |  |      |      |     |        |     |     |     |
| 1" a 2"                        | 207  | 199  | 190  | 179 | 166    | 154 | 130 | 113 |
| 3" a 4"                        | 228  | 216  | 205  | 193 | 181    | 169 | 145 | 124 |
| 6" a 7"                        | 243  | 228  | 216  | 202 | 190    | 178 | 160 | —   |
| Concretos con aire incorporado |  |      |      |     |        |     |     |     |
| 1" a 2"                        | 181  | 175  | 168  | 160 | 150    | 142 | 122 | 107 |
| 3" a 4"                        | 202  | 193  | 184  | 175 | 165    | 157 | 133 | 119 |
| 6" a 7"                        | 216  | 205  | 197  | 184 | 174    | 166 | 154 | —   |

(Fuente: Diseño de Mezclas, Tabla 10.2.1, p.82.)[10]

Esta tabla ha sido confeccionada por el Comité 211 del ACI. Son agregados máximos y correspondientes a agregado grueso de perfil angular y granulometría comprendida dentro de los límites de la Norma ASTM C33.

APÉNDICE E. CUADROS USADOS EN EL DISEÑO DE MEZCLA

Cuadro E.3: REQUISITOS APROXIMADOS DE AGUA Y CONTENIDO DE AIRE DE MEZCLA PARA DIFERENTES ASENTAMIENTOS Y TAMAÑOS MÁXIMOS NOMINALES DE AGREGADOS LIVIANOS

ACI 211.2

| Agua, en l/m <sup>3</sup> , para los tamaños max. Nominales de agregado grueso y consistencia indicados |      |      |      |
|---|------|------|------|
| Slump   | 3/8" | 1/2" | 3/4" |
| Concretos sin aire incorporado  |      |      |      |
| 1" a 2"   | 208  | 199  | 187  |
| 3" a 4"   | 228  | 217  | 202  |
| 5" a 6"   | 237  | 222  | 208  |
| Cantidad aproximada de aire en el concreto  |      |      |      |
| Aire atrapado   | 3    | 2.5  | 2    |
| Concretos con aire atrapado   |      |      |      |
| 1" a 2"   | 181  | 175  | 166  |
| 3" a 4"   | 202  | 193  | 181  |
| 5" a 6"   | 211  | 199  | 187  |
| Cantidad aproximada de aire incorporado, por nivel de exposición  |      |      |      |
| Exposición leve   | 4.5  | 4    | 4    |
| Exposición moderada   | 6    | 5.5  | 5    |
| Exposición extrema  | 7.5  | 7    | 6    |

(Fuente: ACI Committee 211.2 - R98, Tabla 3.2.2.2, 1998.)[3]

Cuadro E.4: CONTENIDO DE AIRE ATRAPADO

ACI 211.1, ACI 211.2, M. Fineza y Agregado Global

| Tamaño máximo nominal | Aire atrapado |
|-----------------------|---------------|
| 3/8"                  | 3.0 %         |
| 1/2"                  | 2.5 %         |
| 3/4"                  | 2.0 %         |
| 1"                    | 1.5 %         |
| 1 1/2"                | 1.0 %         |
| 2"                    | 0.5 %         |
| 3"                    | 0.3 %         |
| 6"                    | 0.2 %         |

(Fuente: Diseño de Mezclas, Tabla 11.2.1, p.89.)[10]

APÉNDICE E. CUADROS USADOS EN EL DISEÑO DE MEZCLA

Cuadro E.5: CONTENIDO DE AIRE INCORPORADO TOTAL

ACI 211.1, ACI 211.2, M. Fineza y Agregado Global

| Tamaño<br>maximo<br>nominal | Contenido de aire total en % |                        |                      |
|-----------------------------|------------------------------|------------------------|----------------------|
|                             | Exposicion<br>Normal         | Exposicion<br>Moderada | Exposicion<br>Severa |
| 3/8"                        | 4.5 %                        | 6.0 %                  | 7.5 %                |
| 1/2"                        | 4.0 %                        | 5.5 %                  | 7.0 %                |
| 3/4"                        | 3.5 %                        | 5.0 %                  | 6.0 %                |
| 1"                          | 3.0 %                        | 4.5 %                  | 6.0 %                |
| 1 1/2"                      | 2.5 %                        | 4.5 %                  | 5.5 %                |
| 2"                          | 2.0 %                        | 4.0 %                  | 5.0 %                |
| 3"                          | 1.5 %                        | 3.5 %                  | 4.5 %                |
| 6"                          | 1.0 %                        | 3.0 %                  | 4.0 %                |

(Fuente: Diseño de Mezclas, Tabla 11.3.1, p.89.)(10]

El contenido de aire incorporado se determina restando del valor de esta tabla, el del aire atrapado dado por la tabla 11.2.1.

Cuadro E.6: RELACIÓN AGUA-CEMENTO POR RESISTENCIA

ACI 211.1, M. Fineza y Agregado Global

| f'cr<br>(28 días) | Relacion Agua-Cemento<br>diseño en peso |                                   |
|-------------------|---|-----------------------------------|
|                   | Concretos sin aire<br>incorporado       | Concretos con aire<br>incorporado |
| 150               | 0.80                                    | 0.71                              |
| 200               | 0.70                                    | 0.61                              |
| 250               | 0.62                                    | 0.53                              |
| 300               | 0.55                                    | 0.46                              |
| 350               | 0.48                                    | 0.40                              |
| 400               | 0.43                                    | 0.36                              |
| 450               | 0.38                                    | 0.32                              |

(Fuente: Diseño de Mezclas, Tabla 12.2.2, p.95.)(10]

APÉNDICE E. CUADROS USADOS EN EL DISEÑO DE MEZCLA

Cuadro E.7: RESISTENCIA AGUA - CEMENTO POR DURABILIDAD EN CONDICIONES ESPECIALES DE EXPOSICIÓN

ACI 211.1, M. Fineza y Agregado Global

| Condiciones de exposicion   | Relación w/c maxima, con agregados peso normal | Resistencia en compresión mínima en concretos con agregado liviano |
|---|--|--|
| Concreto de baja de permeabilidad   |  |  |
| a) Expuesto a agua dulce  | 0.50   | 260  |
| b) Expuesto a agua de mar o aguas solubles  | 0.45   |  |
| c) Expuestos a la accion de aguas cloacales   | 0.45   |  |
| Concretos expuestos a procesos de congelación y deshielo en condición húmeda  |  | 300  |
| a) Sardineles, cunetas, secciones delgadas  | 0.45   |  |
| b) Otros elementos  | 0.50   |  |
| Protección contra la corrosión de concreto expuesto a la acción de agua de mar, aguas salobres, salobres, neblina o rocío de estas agua | 0.40   | 325  |
| Si el recubrimiento mínimo incrementar en 15 cm   | 0.45   | 300  |

(Fuente: Diseño de Mezclas, Tabla 13.2.5, p.105.)[10]

La resistencia debe ser  $f'c > 245 \text{ kg/m}^3$  por razones de durabilidad.

Cuadro E.8: RESISTENCIA AGUA - CEMENTO POR RESISTENCIA EN CONCRETO LIVIANO

ACI 211.2

| f'c<br>(28 días) | Relacion Agua-Cemento<br>diseño en peso |                                |
|------------------|---|--------------------------------|
|                  | Concretos sin aire incorporado          | Concretos con aire incorporado |
| 140              | 0.82                                    | 0.74                           |
| 210              | 0.68                                    | 0.59                           |
| 280              | 0.57                                    | 0.48                           |
| 350              | 0.47                                    | 0.40                           |
| 420              | 0.41                                    | —                              |

(Fuente: ACI Committee 211.2 - R98, Tabla 3.2.2.3(a),1998.)[3]

APÉNDICE E. CUADROS USADOS EN EL DISEÑO DE MEZCLA

Cuadro E.9: RESISTENCIA AGUA - CEMENTO POR DURABILIDAD EN CONDICIONES ESPECIALES DE EXPOSICIÓN

ACI 211.2

| Tipo de estructura   | Estructurado húmedo continua o frecuente; expuesto a la congelación y descongelación | Estructura expuesta a agua de mar o sulfatos |
|--|--|--|
| Secciones delgadas (barandillas, bordillos, marcos, cornisas, trabajo ornamental) y secciones con menos de 1" recubrimiento sobre el acero | 0.45   | 0.40   |
| Todas las demás estructuras  | 0.50   | 0.45   |

(Fuente: ACI Committee 211.2 - R98, Tabla 3.2.2.3(b),1998.)[3]

Cuadro E.10: PESO DEL AGREGADO GRUESO POR UNIDAD DE VOLUMEN DEL CONCRETO

ACI 211.1

| Tamaño máximo nominal del agregado grueso | Volumen de agregado grueso seco y compactado por unidad de volumen de concreto para diferentes Modulos de Finezas del Agregado Fino $b/b_o$ |      |      |      |
|---|---|------|------|------|
|   | 2.4   | 2.6  | 2.8  | 3.0  |
| 3/8"                                      | 0.50  | 0.48 | 0.46 | 0.44 |
| 1/2"                                      | 0.59  | 0.57 | 0.55 | 0.53 |
| 3/4"                                      | 0.66  | 0.64 | 0.62 | 0.60 |
| 1"  | 0.71  | 0.69 | 0.67 | 0.65 |
| 1 1/2"                                    | 0.76  | 0.74 | 0.72 | 0.70 |
| 2"  | 0.78  | 0.76 | 0.74 | 0.72 |
| 3"  | 0.81  | 0.79 | 0.77 | 0.75 |
| 6"  | 0.87  | 0.85 | 0.83 | 0.81 |

(Fuente: Diseño de Mezclas, Tabla 16.2.2, p.120.)[10]

Para concretos menos trabajables,tales como los que se requiere en pavimentos, la relación puede incrementarse en un 10 %.

Para concretos más trabajables, tales como los concretos bombeados, la relación puede reducirse en un 10 %.

Cuadro E.11: MODULO DE FINEZA

| Tamaño<br>máximo<br>nominal<br>del<br>agregado<br>grueso | Módulo de finezas de la combinación<br>de agregados que da las mejores<br>condiciones de trabajabilidad<br>para los contenidos de<br>cemento ( <i>sacos/m<sup>3</sup></i> ) indicados |      |      |      |
|--|---|------|------|------|
|  | 6   | 7    | 8    | 9    |
| 3/8"   | 3.96  | 4.04 | 4.11 | 4.19 |
| 1/2"   | 4.46  | 4.54 | 4.61 | 4.69 |
| 3/4"   | 4.96  | 5.04 | 5.11 | 5.19 |
| 1"   | 5.26  | 5.34 | 5.41 | 5.49 |
| 1 1/2"   | 5.64  | 5.64 | 5.71 | 5.79 |
| 2"   | 5.56  | 5.94 | 6.01 | 6.09 |
| 3"   | 5.86  | 6.24 | 6.31 | 6.39 |

(Fuente: Diseño de Mezclas, Tabla 16.3.10, p.123.)[10]

Los valores de la Tabla están referidos a agregado grueso de perfil angular y adecuadamente graduado.

Los valores indicados deben incrementarse o disminuirse en 0.1 por cada 5% de disminución o incremento en el porcentaje de vacíos. Los valores de la Tabla pueden dar mezclas ligeramente sobrearenosas para pavimentos o estructuras ciclópeos.

Para condiciones de colocación favorables pueden ser incrementados en 0.2.

Cuadro E.12: VOLUMEN DE AGREGADO GRUESO SECO Y COMPACTADO POR UNIDAD DE VOLUMEN DE CONCRETO PARA DIFERENTES MODULOS DE FINEZA DEL AGREGADO FINO

ACI 211.2

| Tamaño<br>máximo<br>nominal | Modulo de Fineza del<br>Agregado Fino $b/b_o$ |      |      |      |
|-----------------------------|---|------|------|------|
|                             | 2.4   | 2.6  | 2.8  | 3.0  |
| 3/8"                        | 0.58  | 0.56 | 0.54 | 0.52 |
| 1/2"                        | 0.67  | 0.65 | 0.63 | 0.61 |
| 3/4"                        | 0.74  | 0.72 | 0.72 | 0.68 |

(Fuente: ACI Committee 211.2 - R98, Tabla 3.2.2.4, 1998.)[3]

Cuadro E.13: PRIMERA ESTIMACIÓN DEL PESO DE CONCRETO LIVIANO FRESCO COMPUESTO DE AGREGADO GRUESO LIVIANO Y AGREGADO FINO DE PESO NORMAL

ACI 211.2

| Factor de gravedad específica | Primera estimación de concreto liviano(kg/m <sup>3</sup> )<br>Con aire incorporado |      |      |
|-------------------------------|--|------|------|
|                               | 4 %  | 6 %  | 8 %  |
| 1.00                          | 1596   | 1560 | 1519 |
| 1.20                          | 1679   | 1643 | 1608 |
| 1.40                          | 1768   | 1726 | 1691 |
| 1.60                          | 1851   | 1809 | 1774 |
| 1.80                          | 1934   | 1989 | 1857 |
| 2.00                          | 2023   | 1982 | 1940 |

(Fuente: ACI Committee 211.2 - R98, Tabla 3.2.2.5,1998.)[3]



## Apéndice F

# PANEL FOTOGRAFICO

## F.1. Obtención de los Agregados Livianos (Roca Pómez)



Figura F.1: Extracción del agregado del cerro Acuchimay (Rojo)



Figura F.2: Extracción del agregado del cerro Acuchimay (Azul)

F.1. Obtención de los Agregados Livianos (Roca Pómez)

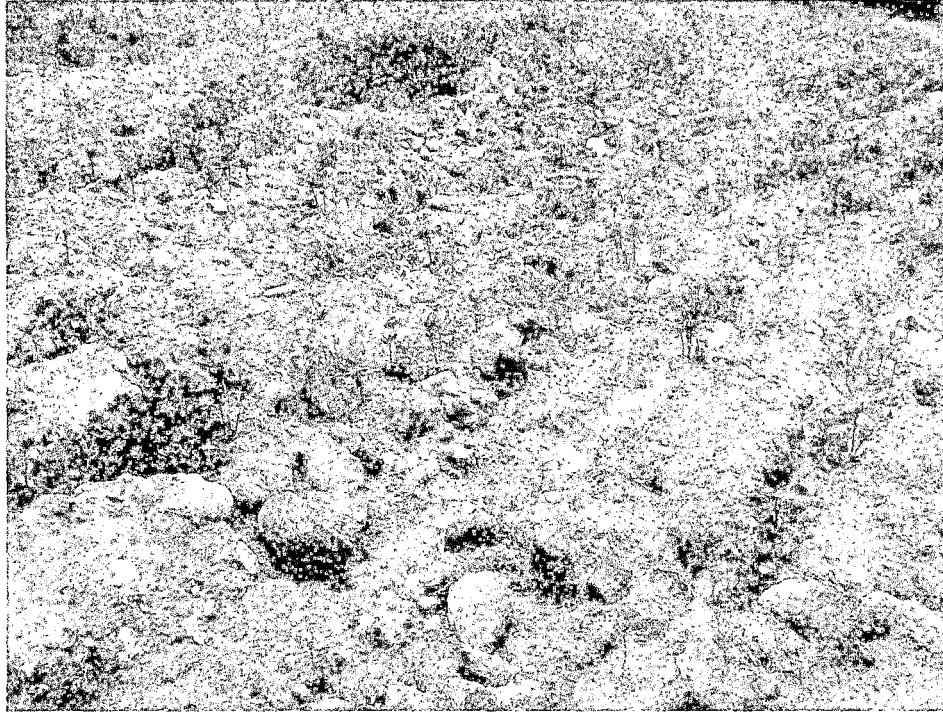


Figura F.3: Extracción del agregado del cerro Acuchimay - Quicapata (Azul)



Figura F.4: Extracción del agregado del cerro Acuchimay - Quicapata (Azul)

*F.1. Obtención de los Agregados Livianos (Roca Pómez)*

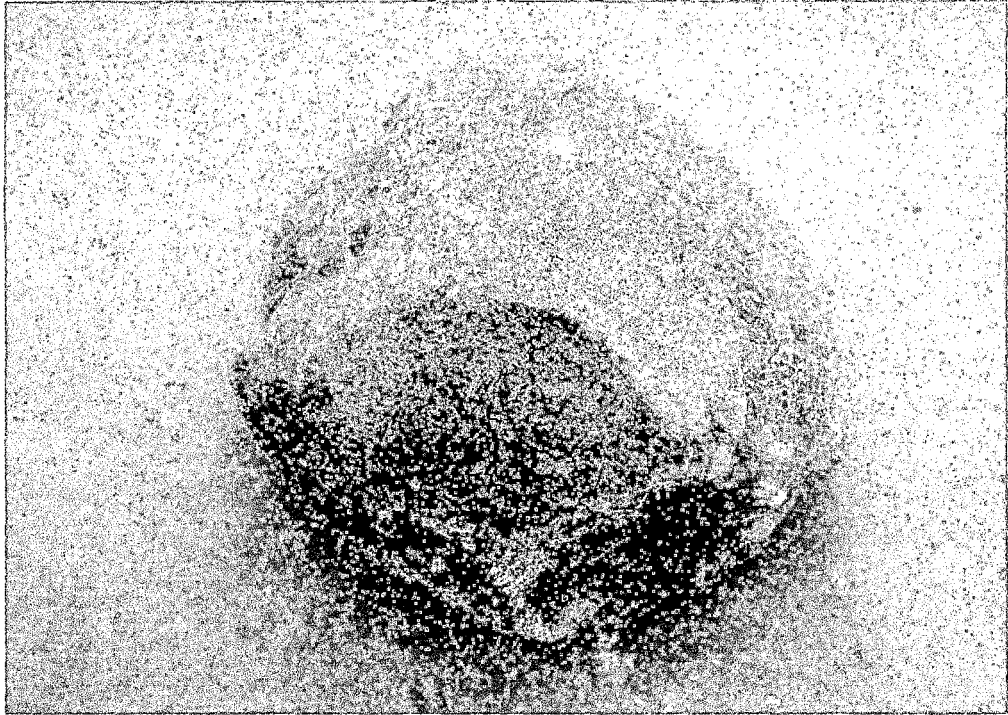


Figura F.5: Muestra de las rocas extraídas del cerro Acuchimay (Rojo)

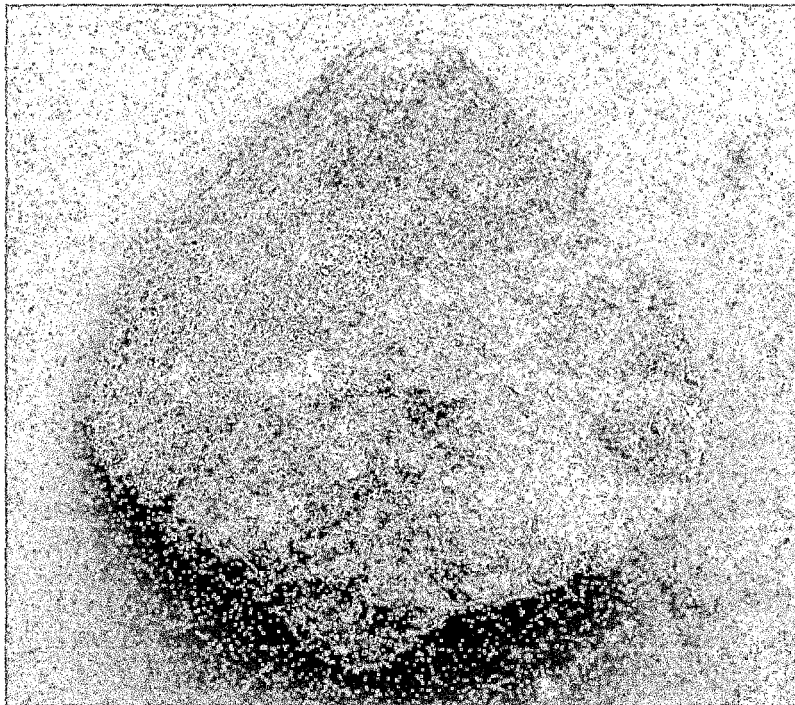


Figura F.6: Muestra de las rocas extraídas del cerro Acuchimay (Azul)

F.1. Obtención de los Agregados Livianos (Roca Pómez)

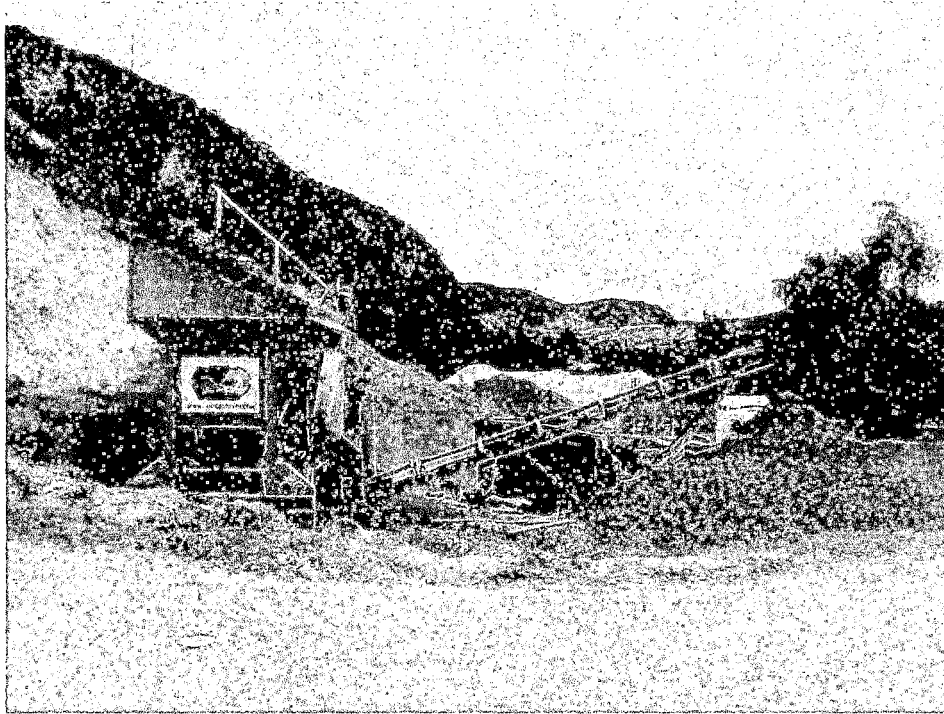


Figura F.7: Material llevado a la chancadora ubicado en Compañía de la empresa CHV Ingenieros

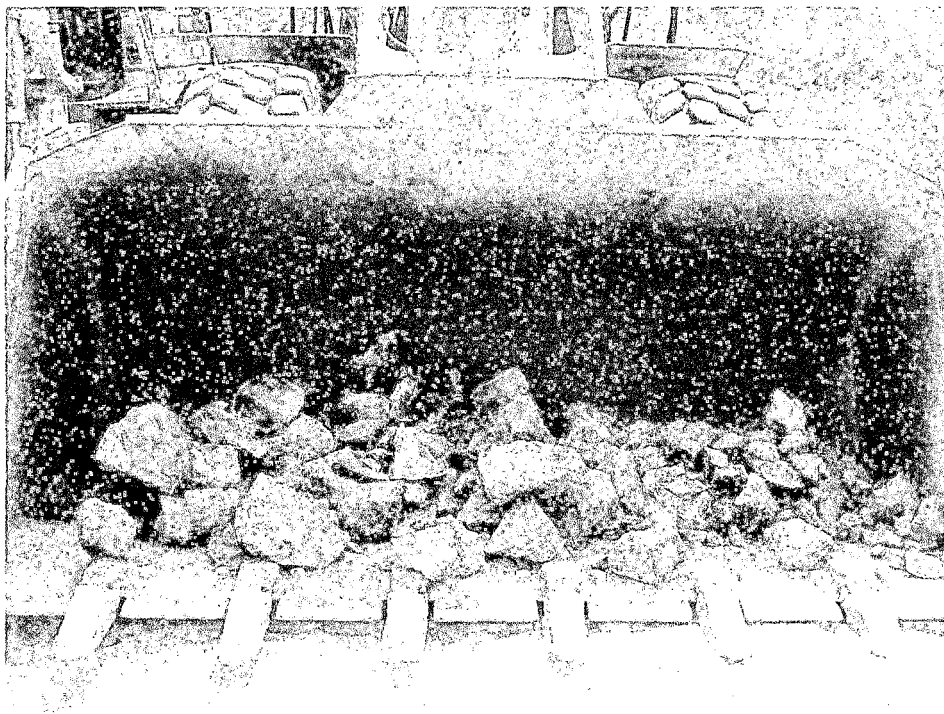


Figura F.8: Roca transportado a la parte superior de la chancadora

F.1. Obtención de los Agregados Livianos (Roca Pómez)

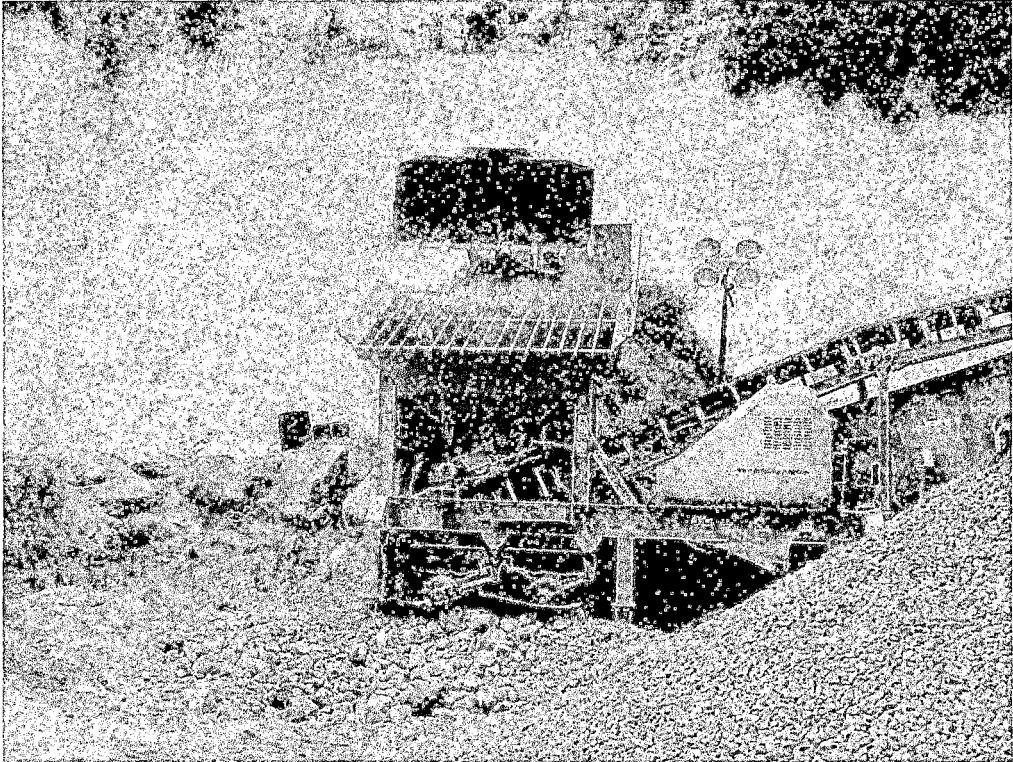


Figura F.9: Roca transportado a la parte superior de la chancadora



Figura F.10: Material obtenido después de la trituración mecánica

F.1. Obtención de los Agregados Livianos (Roca Pómez)



Figura F.11: Agregado grueso obtenido de la trituración mecánica

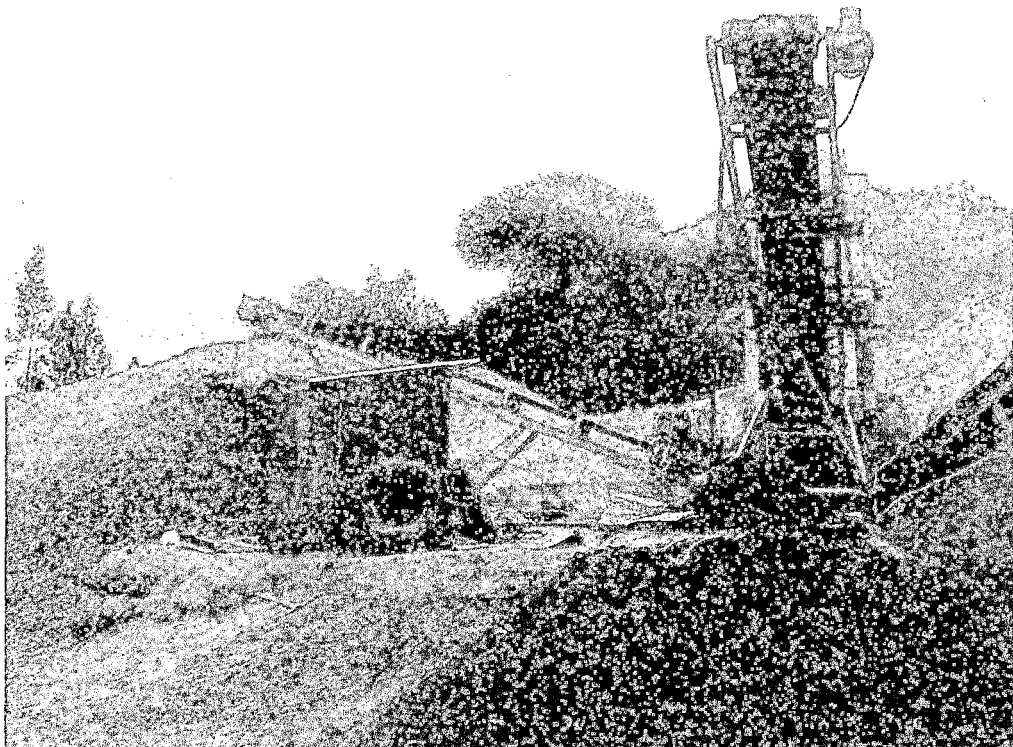


Figura F.12: De la misma trituración se obtiene el agregado fino de la roca volcánica del cerro Acuchimay (Rojo)

F.1. Obtención de los Agregados Livianos (Roca Pómez)

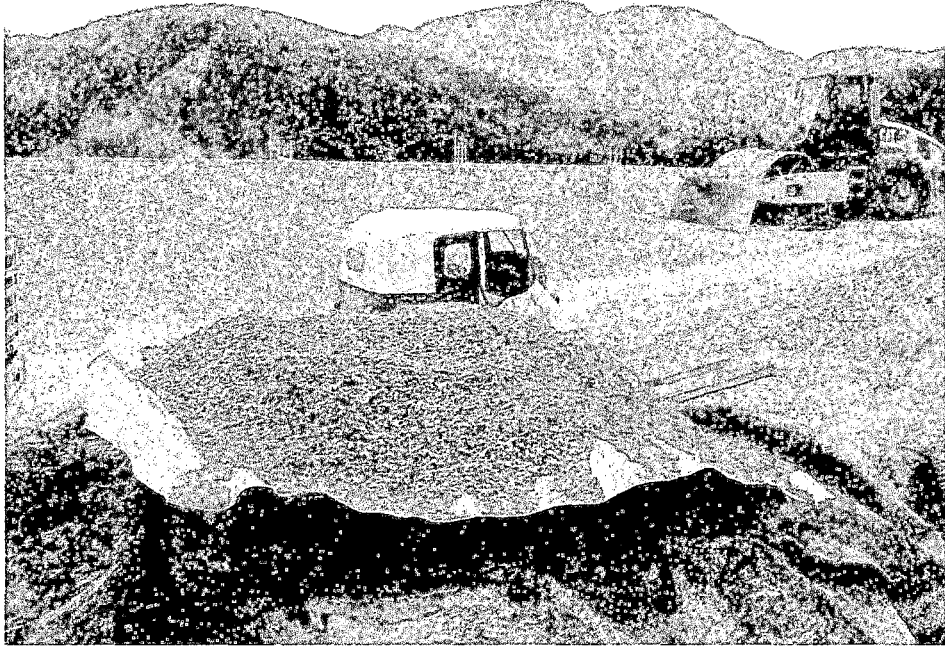


Figura F.13: Agregado fino obtenido después de la trituración mecánica



Figura F.14: Proporción de agregados, contenido de cemento y agua



## F.2. Preparación de Especímenes Cilíndricos de Concreto



Figura F.15: Peso de agregados, contenido de cemento y agua de acuerdo a lo obtenido

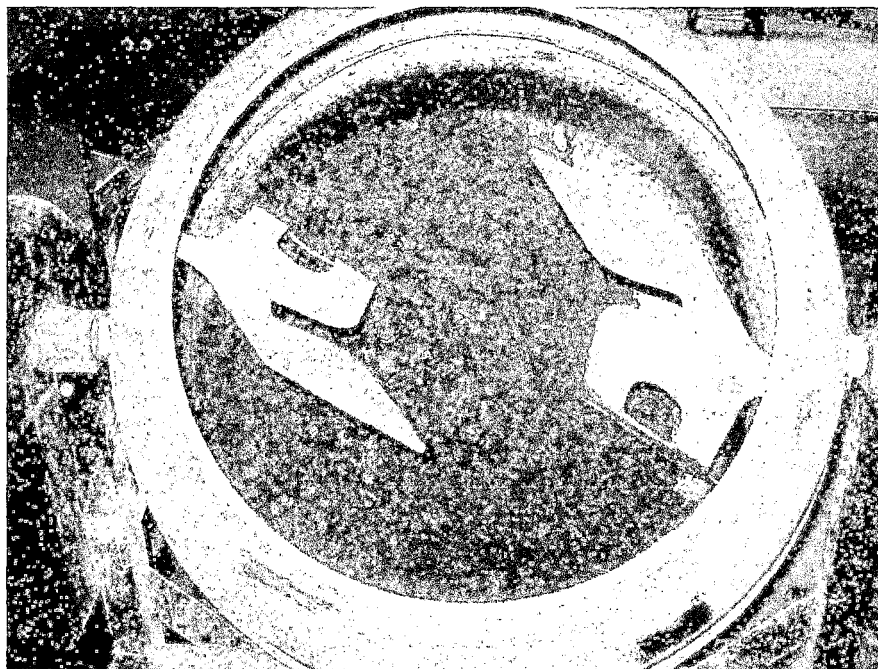


Figura F.16: Agregados del cerro Acuchimay y agua en plena mezcla en el trompo

F.2. Preparación de Especímenes Cilíndricos de Concreto

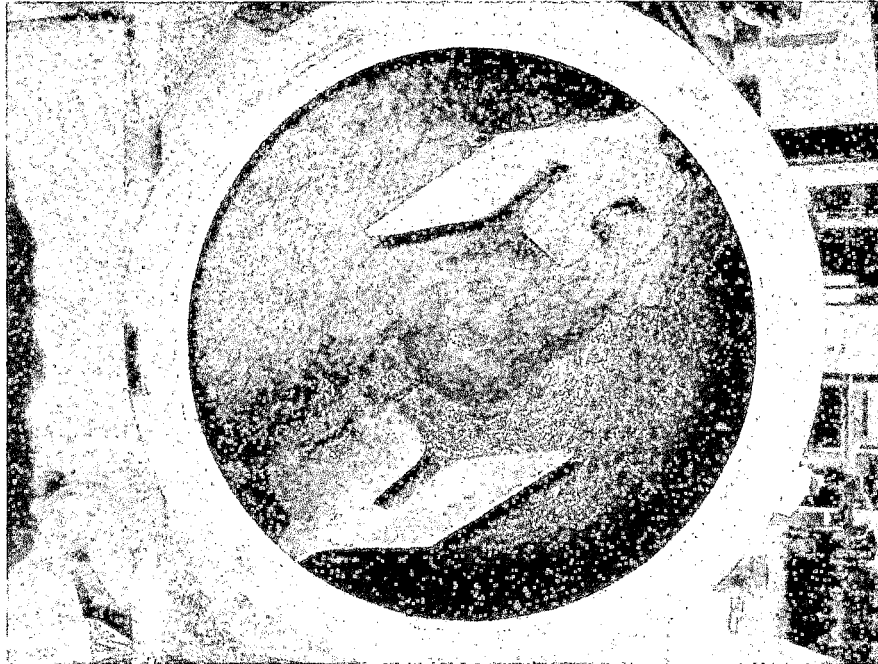


Figura F.17: Mezcla del concreto liviano en el trompo

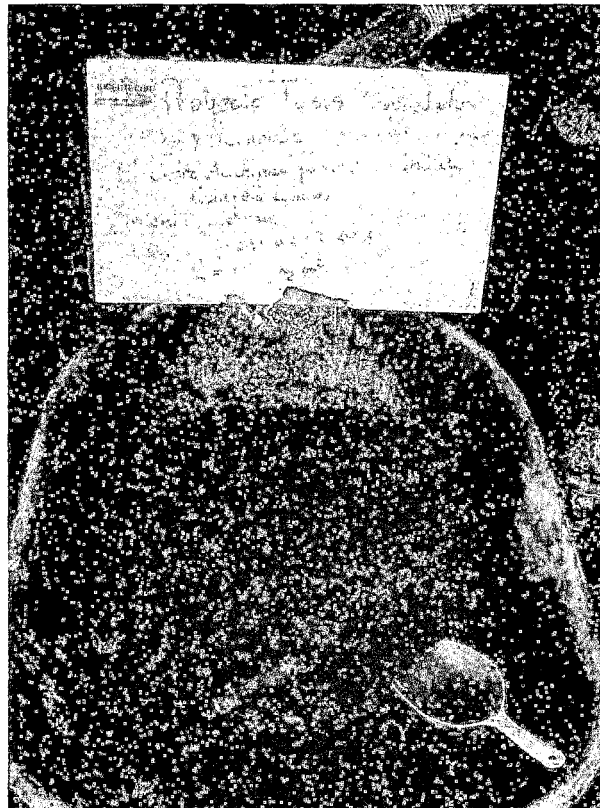


Figura F.18: Vaciado de la muestra en la carretilla

F.2. Preparación de Especímenes Cilíndricos de Concreto

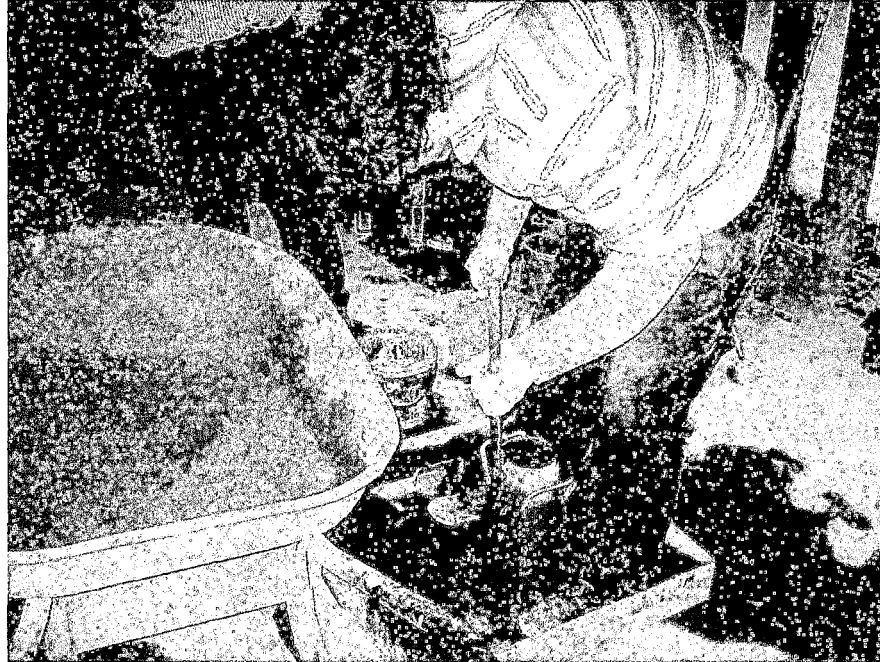


Figura F.19: Realizando el ensayo del slump

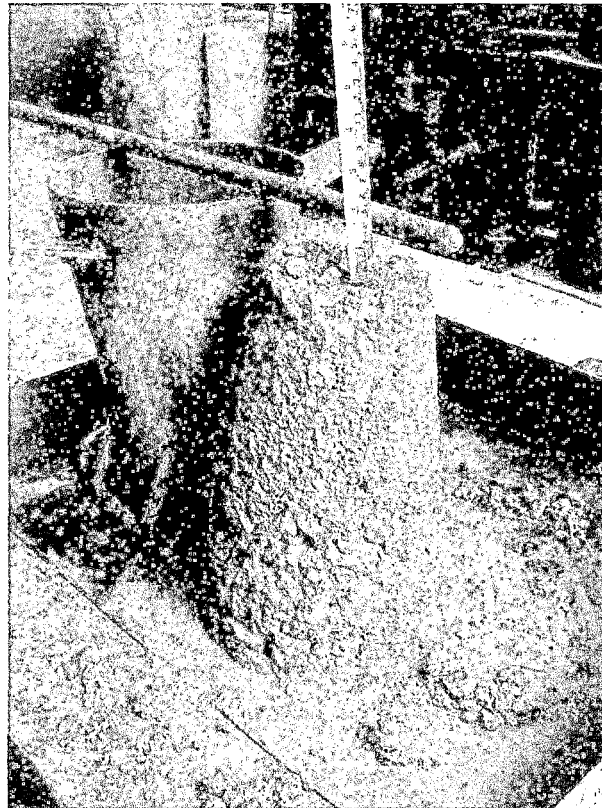


Figura F.20: Primera mezcla de prueba para un asentamiento de 3" a 4" (consistencia plástica) obteniendo un asentamiento de 2" (consistencia seca), necesita reajuste

F.2. Preparación de Especímenes Cilíndricos de Concreto

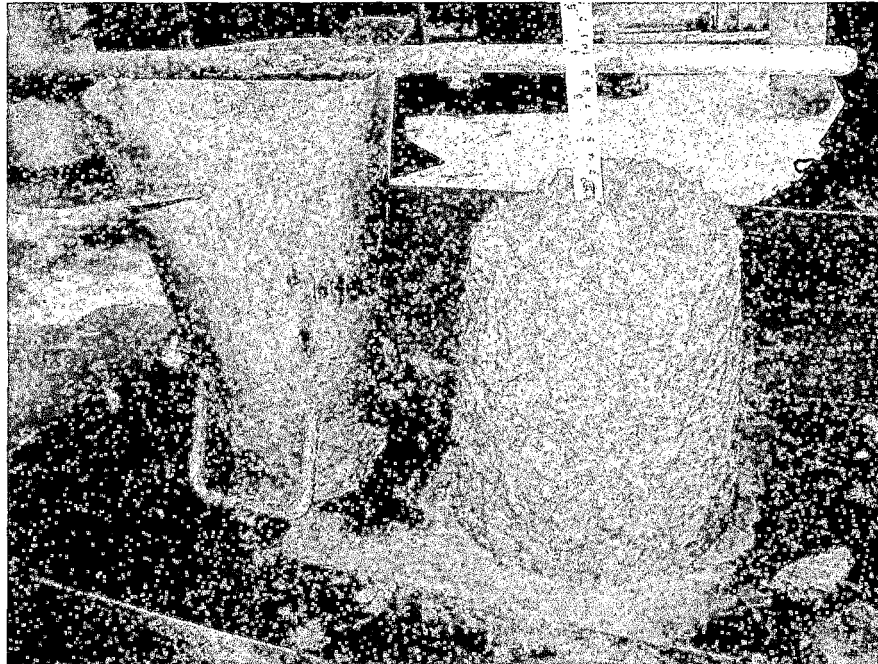


Figura F.21: Mezcla de prueba reajustada obteniendo la consistencia plástica (4<sup>ta</sup>) deseada



Figura F.22: Ensayo de la densidad del concreto fresco

### F.3. Desencofrado y Curado de los Especímenes Cilíndricos de Concreto



Figura F.23: Una vez obtenido la mezcla reajustada se obtiene las probetas 2 (6"x12") y 1 (4"x8")



Figura F.24: Finalizado la elaboración de especímenes se cubre con bolsas plásticas para evitar la pérdida de humedad

F.3. *Desencofrado y Curado de los Especímenes Cilíndricos de Concreto*



Figura F.25: Después de desencofrar los especímenes de CL es curado en tanques de almacenamiento de agua

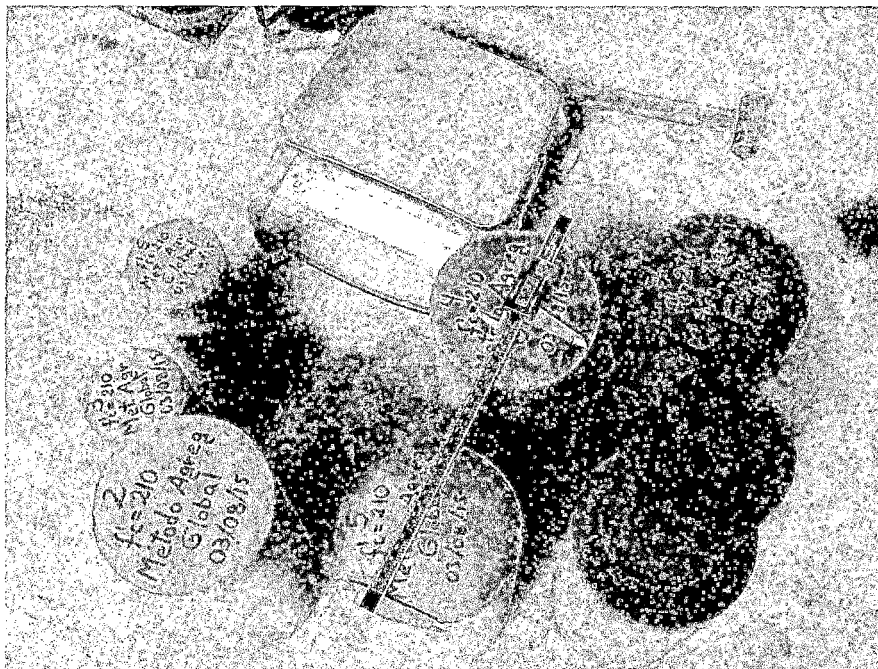


Figura F.26: Se toma medida del diámetro, altura y peso de las probetas para el ensayo de resistencia a la compresión

## F.4. Ensayo de Resistencia a la Compresión

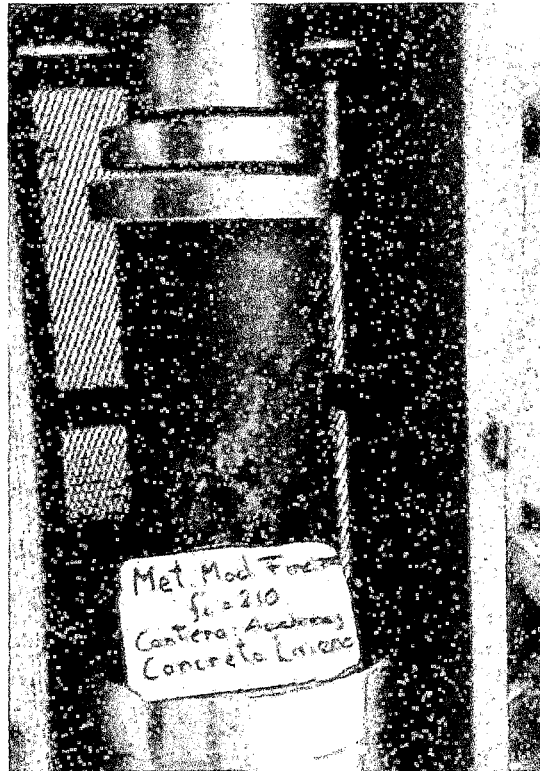


Figura F.27: Resistencia a la compresión de concreto liviano, fractura en la parte inferior y descascaramiento del espécimen

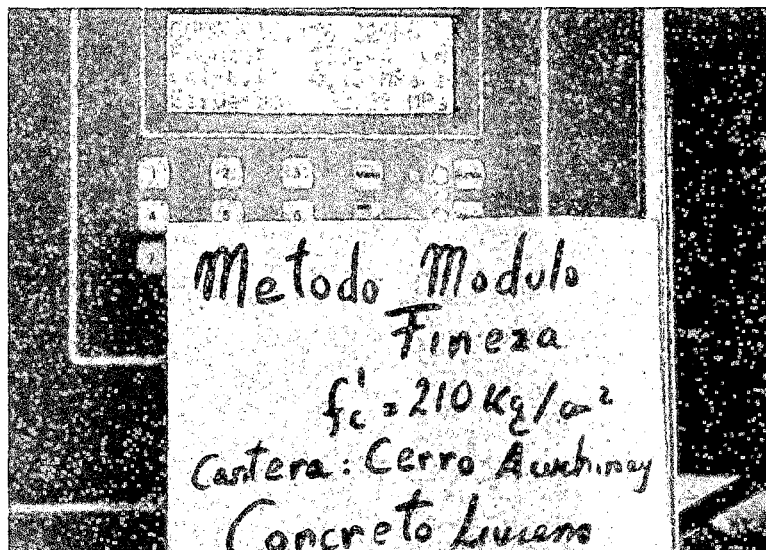


Figura F.28: Lectura de la resistencia de la probeta diseñada por el método módulo de fineza  $f'_c = 210 \text{ kg/cm}^2$



Figura F.29: Resistencia a la compresión del concreto liviano, fractura en la parte superior del espécimen

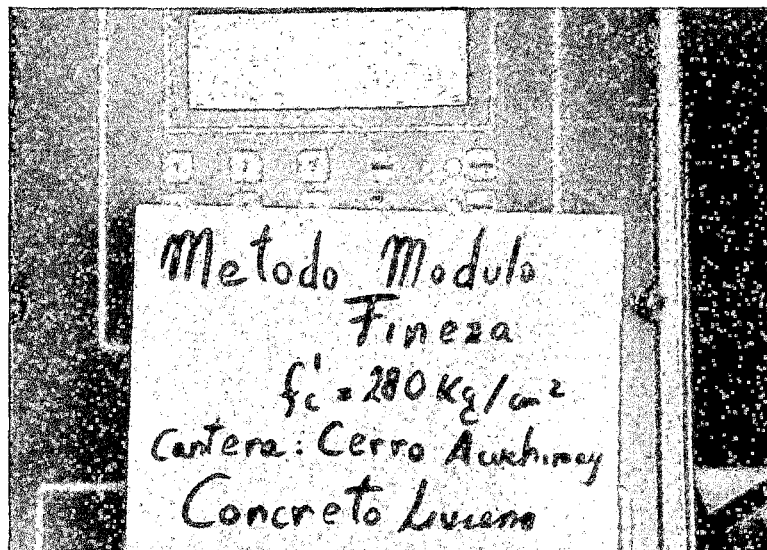


Figura F.30: Lectura de la resistencia de la probeta diseñada por el método módulo de fineza  $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$



F.4. Ensayo de Resistencia a la Compresión



Figura F.31: Resistencia a la compresión del concreto liviano, fractura en la parte superior del espécimen

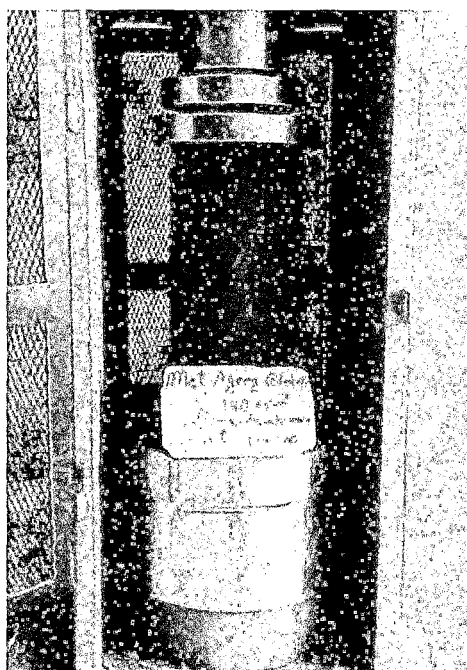


Figura F.32: Resistencia a la compresión del concreto liviano, fractura en la parte superior del espécimen



Figura F.33: Se observa la distribución de los componentes de mezcla CL en un espécimen, sometido al ensayo de resistencia a la compresión

## F.5. Roca Pómez de Quicapata (Azul) Realizados en los Laboratorios de la UNSCH

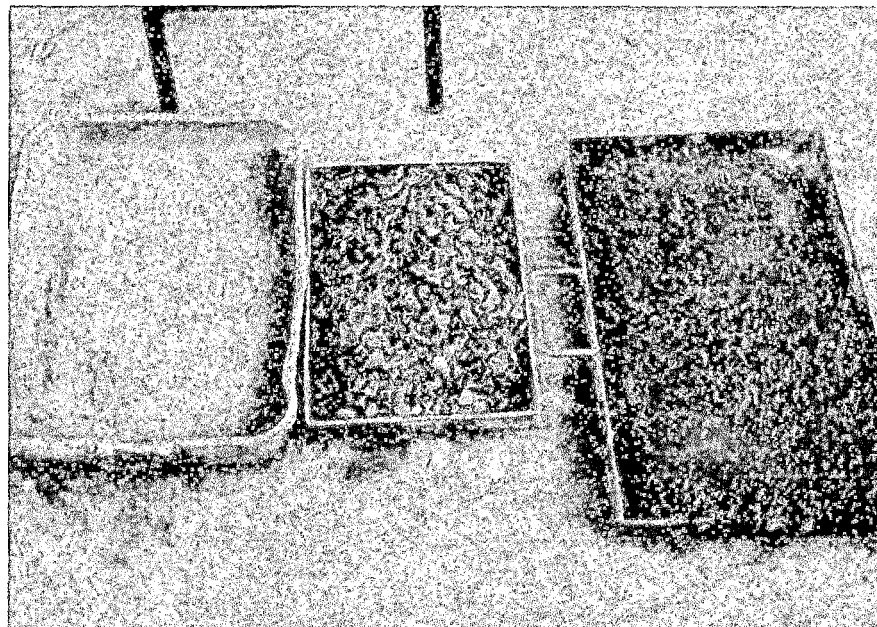


Figura F.34: Proporción para el diseño de mezcla para el CL

F.5. Roca Pómez de Quicapata (Azul) Realizados en los Laboratorios de la  
UNSCH

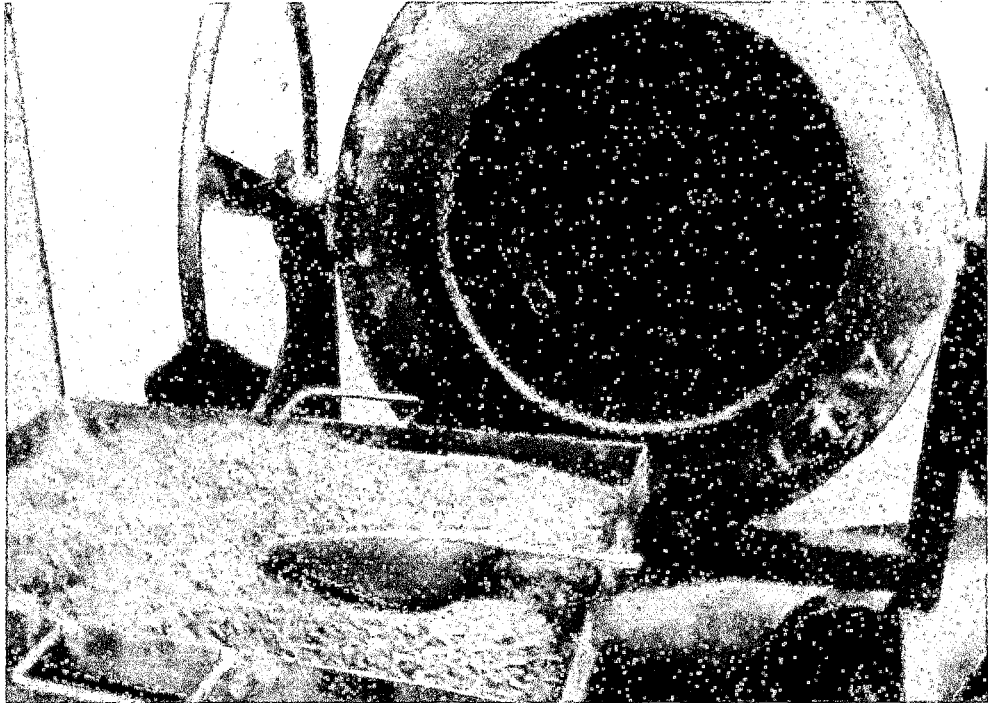


Figura F.35: Realizando la mezcla



Figura F.36: Se puede visualizar que la mezcla presenta una buena trabajabilidad



Figura F.37: Ensayo a Slump, 4" consistencia plástica



Figura F.38: Probetas desencofradas y listos para pones al curado

F.5. Roca Pómez de Quicapata (Azul) Realizados en los Laboratorios de la UNSCH

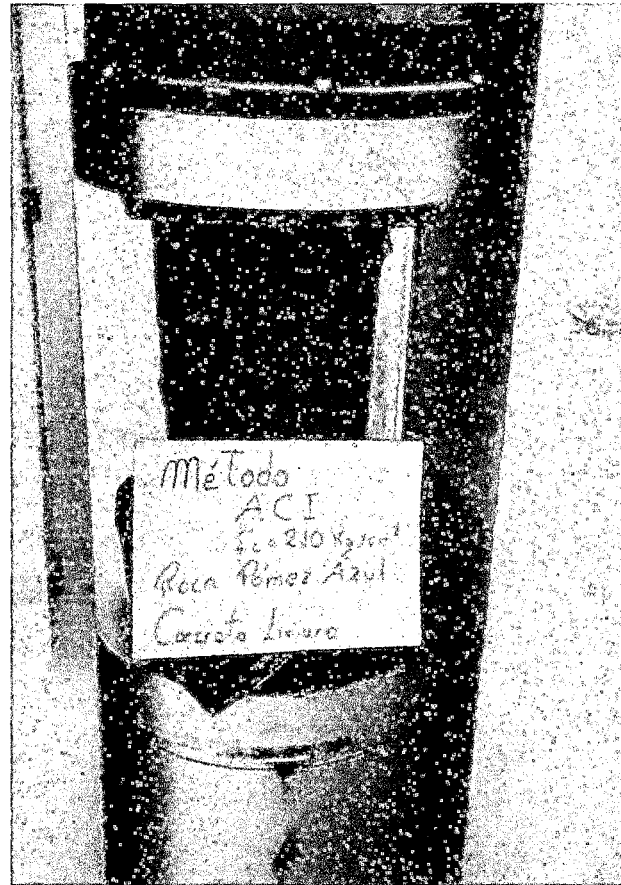


Figura F.39: Resistencia a la compresión del concreto liviano, fractura total del espécimen

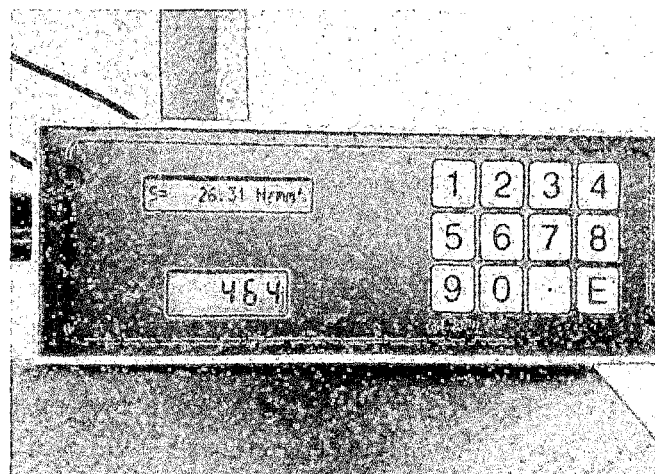


Figura F.40: Lectura de la resistencia de la probeta diseñada por el método ACI  $f'_c = 210 \text{ kg/cm}^2$

F.5. Roca Pómez de Quicapata (Azul) Realizados en los Laboratorios de la UNSCH

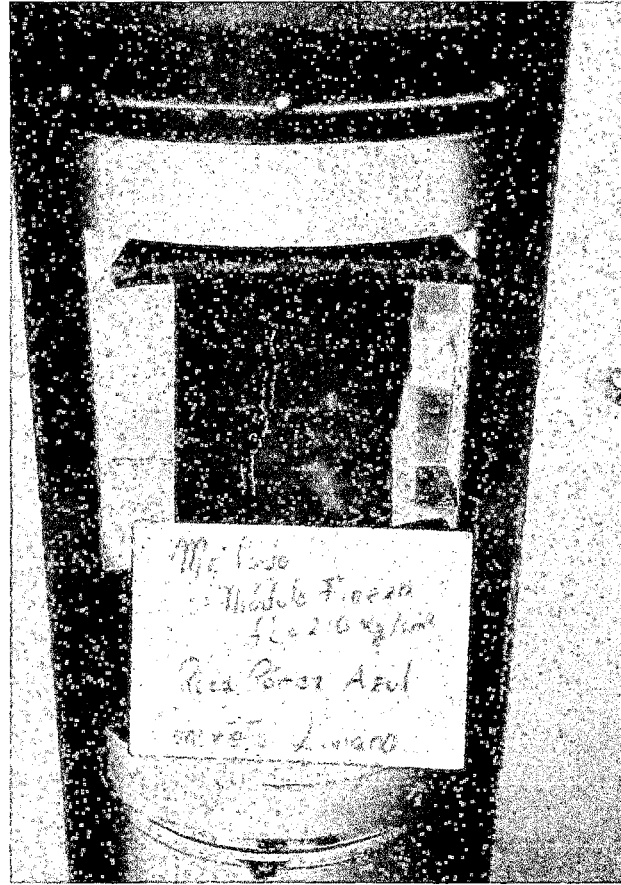


Figura F.41: Resistencia a la compresión del concreto liviano, fractura total del espécimen

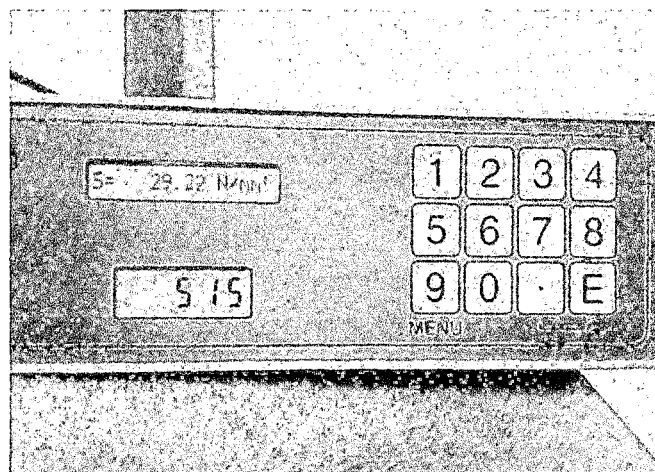


Figura F.42: Lectura de la resistencia de la probeta diseñada por el método Módulo de Fineza  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$

## F.6. Mecánica de Rocas - Laboratorio UNSCH



Figura F.43: Ensayo a carga puntual

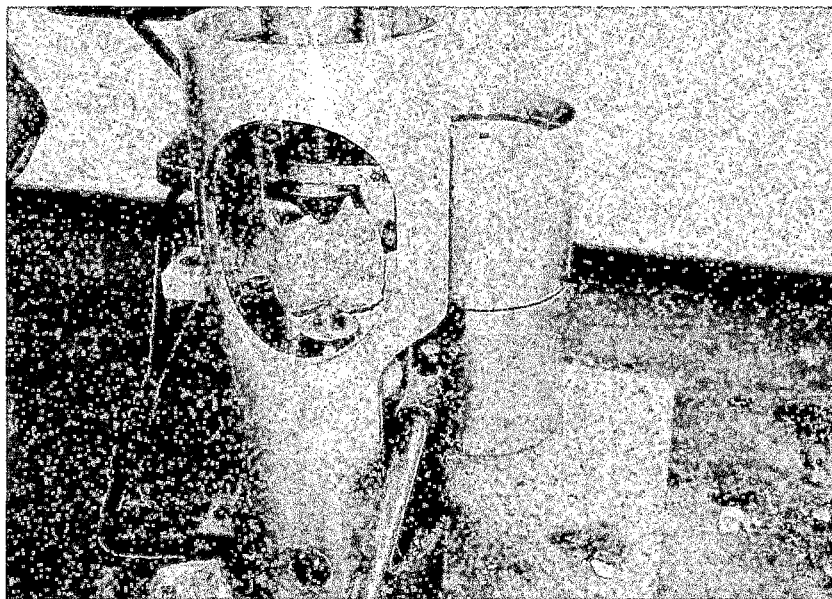


Figura F.44: Ensayo de carga puntual de la roca pómez del cerro Acuchimay (Rojo)



Figura F.45: Igualmente se realiza a la roca pómez del cerro Acuchimay - Quicapata (Azul)



Figura F.46: Extracción de la probeta de la roca pómez del cerro Acuchimay(Rojo) para el ensayo de resistencia a la compresión simple



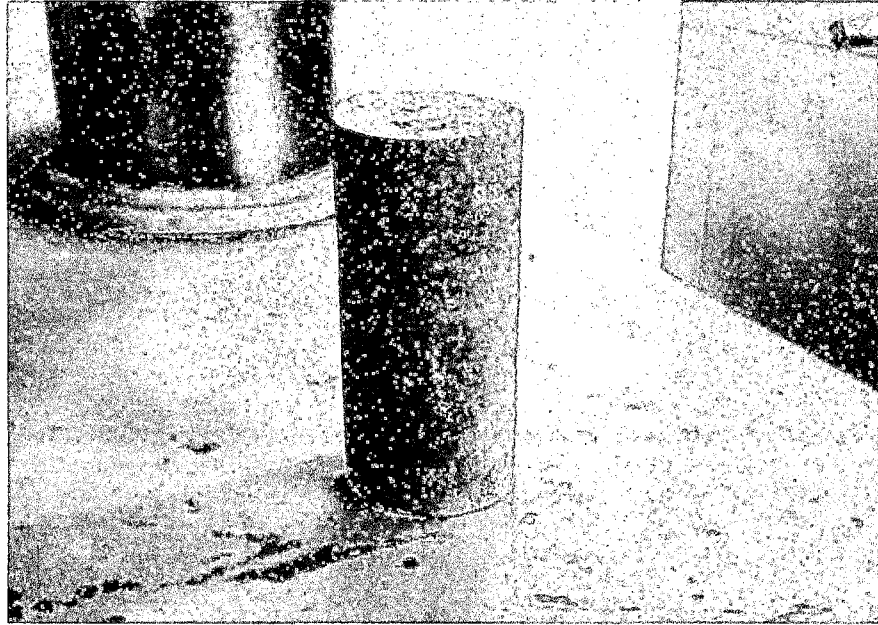


Figura F.47: Probeta de la roca pómez extraída



Figura F.48: Ensayo de la resistencia a la compresión simple

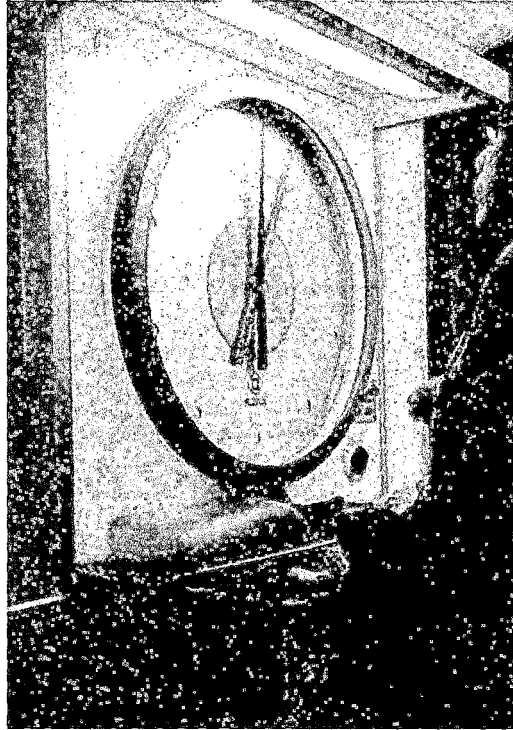


Figura F.49: Toma de medida del equipo a la compresión



Figura F.50: Resistencia a la compresión del concreto liviano, fractura total del espécimen