

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA

ESCUELA DE POSTGRADO



PROGRAMA DE MAESTRÍA

MENCIÓN EN INGENIERÍA Y GERENCIA DE LA CONSTRUCCIÓN

TESIS

OPTIMIZACIÓN DEL DISEÑO DE MORTEROS CEMENTO – ARENA MEDIANTE UN MÉTODO GRÁFICO EN LA CIUDAD DE CAJAMARCA

Para optar el grado Académico de

MAESTRO EN CIENCIAS

Presentado por:

Maestrante:

Ing. Arturo Alejandro Sánchez Paniagua

Asesor:

M. en Ing. Héctor Albarino Pérez Loayza

Cajamarca – Perú

2017

COPYRIGHT © 2017 by
ARTURO ALEJANDRO SÁNCHEZ PANIAGUA
Todos los derechos reservados

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA

ESCUELA DE POST GRADO



MAESTRÍA EN CIENCIAS

SECCIÓN: INGENIERÍA

MENCIÓN: INGENIERÍA Y GERENCIA DE LA CONSTRUCCIÓN

TESIS APROBADA:

OPTIMIZACIÓN DEL DISEÑO DE MORTEROS CEMENTO – ARENA MEDIANTE UN MÉTODO GRÁFICO EN LA CIUDAD DE CAJAMARCA

Presentado por:

ING. ARTURO ALEJANDRO SÁNCHEZ PANIAGUA

Comité Científico

M. Ing. Héctor A. Pérez Loayza
Asesor

M.Cs. Mauro Centurión Vargas
Primer Miembro Titular

Dr. Wilfredo Fernández Muñoz
Presidente del Comité

M.Cs. José Marchena Araujo
Segundo Miembro Titular

Cajamarca, Perú

2017



Universidad Nacional de Cajamarca

Escuela de Posgrado

PROGRAMA DE MAESTRÍA EN CIENCIAS

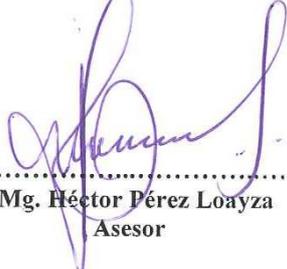
ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

Siendo las 11:00 am de la mañana del día 14 de diciembre de dos mil diecisiete, reunidos en el Auditorio de la Escuela de Posgrado de la Universidad Nacional de Cajamarca, el Jurado Evaluador presidido por el **Dr. WILFREDO FERNÁNDEZ MUÑOZ**, y como integrantes del Jurado Titular **M.Cs. MAURO CENTURIÓN VARGAS** y **M.Cs. JOSÉ MARCHENA ARAUJO**, en calidad de Asesor el **Mg. HÉCTOR PÉREZ LOAYZA**. Actuando de conformidad con el Reglamento Interno y el Reglamento de Tesis de Maestría de la Escuela de Posgrado de la Universidad Nacional de Cajamarca, se dio inicio a la Sustentación de la Tesis titulada “**OPTIMIZACIÓN DEL DISEÑO DE MORTEROS CEMENTO – ARENA MEDIANTE UN MÉTODO GRÁFICO EN LA CIUDAD DE CAJAMARCA**”, presentada por el **Bach. en Ingeniería Civil ARTURO ALEJANDRO SÁNCHEZ PANIAGUA**, con la finalidad de optar el Grado Académico de **MAESTRO EN CIENCIAS**, de la Unidad de Posgrado de la Facultad de Ingeniería, con Mención en **INGENIERÍA Y GERENCIA DE LA CONSTRUCCIÓN**.

Realizada la exposición de la Tesis y absueltas las preguntas formuladas por el Jurado Evaluador, y luego de la deliberación, se acordó APROBAR con la calificación de DIECISEN la mencionada Tesis; en tal virtud, el **Bach. en Ingeniería Civil ARTURO ALEJANDRO SÁNCHEZ PANIAGUA**, está apto para recibir en ceremonia especial el Diploma que lo acredita como **MAESTRO EN CIENCIAS**, de la Unidad de Posgrado de la Facultad de Ingeniería, con Mención en **INGENIERÍA Y GERENCIA DE LA CONSTRUCCIÓN**.

Siendo las 12:20 horas del mismo día, se dio por concluido el acto.


.....
Dr. Wilfredo Fernández Muñoz
JURADO EVALUADOR


.....
Mg. Héctor Pérez Loayza
Asesor


.....
M.Cs. José Marchena Araujo
JURADO EVALUADOR


.....
M.Cs. Mauro Centurión Vargas
JURADO EVALUADOR

DEDICATORIA

A NUESTRO DIOS CREADOR

Por la vida, el regalo más grande que me ha ofrecido, por enseñarme que su amor es infinito y por guiar mi camino con su palabra y su voluntad.

A MIS PADRES

Alejandro y Flor, por su esfuerzo y constancia en mi crecimiento personal y profesional, por sus consejos e incondicional apoyo.

A MI HERMANO

Por sus consejos brindados durante mi vida, por ser ejemplo de constancia y de ver la vida con gracia y optimismo.

A FIORELLA MORALES

Por el apoyo brindado durante el tiempo en que esta investigación ocupó mi esfuerzo y dedicación. Por ser mi compañera de objetivos, de sueños y por decidir tomar juntos el camino, de amor, respeto y de mejora continua.

AGRADECIMIENTO

A la Universidad Nacional de Cajamarca, alma máter en la que me formé y que fue de gran importancia en el desarrollo de este trabajo de investigación; así como, el uso de sus laboratorios y equipos.

A mi asesor Mg. Ing. Héctor Albarino Pérez Loayza por el constante apoyo en el aspecto técnico, dedicación al desarrollo de esta tesis y sus consejos en el crecimiento personal.

A los profesionales, Dr. Ing. Miguel Mosqueira Moreno y al Mg. Ing. Jaime Amorós Delgado, por su apoyo incondicional en la formulación, revisión y aportes brindados durante la elaboración de este trabajo de investigación.

A mis padres, por su apoyo en el aporte de los recursos necesarios para que este trabajo se haga realidad.

A la familia Tejada Arias, que colaboraron con sus conocimientos científicos para en el desarrollo de la investigación.

“Nunca consideres el estudio como una obligación, sino como una oportunidad para penetrar en el bello y maravilloso mundo del saber”

Albert Einstein.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE GENERAL	i
LISTA DE TABLAS	iv
LISTA DE FIGURAS	xi
RESUMEN	xiv
ABSTRAC SUMMARY	xv
CAPITULO I	1
INTRODUCCIÓN	1
1.1. Planteamiento del problema	1
1.1.1. Contextualización.	1
1.1.2. Descripción del problema.	2
1.1.3. Formulación del problema.	2
1.2. Justificación e importancia	3
1.2.1. Justificación científica.	3
1.2.2. Justificación técnica/práctica.	3
1.2.3. Justificación institucional y personal.	4
1.3. Delimitación de la investigación	5
1.4. Limitaciones de la investigación	6
1.5. Objetivos	7
CAPITULO II: MARCO TEÓRICO	8
2.1. Marco referencial	8
2.1.1. Antecedentes de estudios de la importancia del mortero.	8
2.1.2. Antecedentes de estudios sobre diseño de morteros.	8
2.2. Marco doctrinal	16
2.3. Marco conceptual	18
2.3.1. Lean Construcción y El PMC	18
2.3.2. El mortero.	20
2.3.3. Componentes del mortero.	20
2.3.4. Clasificación de morteros para fines estructurales.	21
2.3.5. Tecnología del mortero y clasificación.	22
2.3.6. Clasificación por fines estructurales del ladrillo.	24
2.3.7. Resistencia a compresión del concreto en función a edades en días.	25
2.3.8. Contenido de cemento y agua con relación al tamaño máximo del agregado de concreto con y sin aire incluido.	27
2.3.9. Cantidad de Especímenes según el diámetro de probetas de mortero.	27
2.4. Definición de términos básicos	28

CAPITULO III	30
PLANTEAMIENTO DE LA HIPOTESIS	30
3.1. Hipótesis	30
3.2. Variables	30
3.3. Operacionalización / categorización	31
3.3.1. Definición conceptual de las variables de estudio.	31
3.3.2. Definición operacional de las variables de estudio.....	31
CAPITULO IV	32
MARCO METODOLÓGICO	32
4.1. Ubicación geográfica.....	32
4.2. Diseño de la investigación.....	32
4.2.1. Tipo de investigación.....	32
4.2.2. Etapas de investigación.....	33
4.2.3. Estrategias, actividades y procedimientos para la obtención de datos.....	35
4.2.4. Criterios de selección de las unidades de análisis y observación.....	36
4.3. Métodos de investigación	37
4.4. Población, muestra, unidad de análisis y unidad de observación	37
4.5. Técnicas e instrumentos de recopilación de información	38
4.6. Técnicas para el procesamiento y análisis de la información	39
4.6.1. Análisis estadístico de los resultados.	39
4.6.2. Análisis estadístico de la varianza y prueba de Rango Múltiple de Tukey.	39
4.6.3. Análisis y elaboración del Gráfico de los datos obtenidos.	41
4.6.4. Análisis y elaboración del cuadro de optimización del proceso de diseño de morteros utilizando el método gráfico con respecto a la Norma E070.....	41
4.7. Equipos, materiales, insumos, etc.....	42
4.7.1. Equipos.....	42
4.7.2. Materiales.	43
4.8. Matriz de consistencia metodológica.....	44
CAPÍTULO V	45
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	45
5.1. Presentación de resultados.....	45
5.1.1. Módulo de finura.	45
5.1.2. Contenido de humedad.	45
5.1.3. Material más fino que pasa la Malla N° 200.	45
5.1.4. Peso específico de masa, peso específico aparente y absorción.....	46
5.1.5. Relación agua / cemento de diseño.....	46

5.1.6. Peso unitario compactado seco y peso unitario suelto seco.....	46
5.1.7. Resistencia de los especímenes de mortero a los 28 días.	47
5.1.8. Resistencia de los especímenes de mortero a los 60 días.	48
5.2. Análisis, interpretación y discusión de resultados	49
5.2.1. Análisis sobre el módulo de finura.	49
5.2.2. Análisis sobre valores de material más fino que pasa la malla N° 200.....	50
5.2.3. Análisis sobre relación A/C (consistencia de la mezcla).	50
5.2.4. Análisis desarrollo de la resistencia de los especímenes de mortero a edades de 28 días y 60 días.	51
5.2.5. Análisis estadístico o ANOVA de las variables.....	55
5.2.6. Análisis gráficos f_c vs proporción de todas las canteras.	62
5.2.7. Análisis comparación gráficos resistencia a compresión de especímenes de mortero con ladrillo Tipo IV y ladrillo Tipo V.	64
5.2.8. Análisis optimización de costo de elaboración de mortero por material de cantera y resistencia requerida para un ladrillo Tipo V.	66
5.2.9. Análisis y elaboración del cuadro de optimización del diseño de morteros mediante un método gráfico.	67
5.3. Contratación de Hipótesis	70
CAPÍTULO VI.....	71
6.1. Propuesta: Manual para el Diseño de Morteros.....	71
6.2. Costos de implementación de la propuesta.....	73
6.3. Beneficios que puede aportar el método propuesto.....	73
CONCLUSIONES.....	74
RECOMENDACIONES Y/O SUGERENCIAS	75
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	76
APÉNDICE 01: CÁLCULO DEL ANÁLISIS FÍSICO DE LOS AGREGADOS Y RESULTADOS VALORES DE RESISTENCIA	80
APÉNDICE 02: COSTOS DE MATERIAL PARA ELABORACIÓN DE MORTERO.	129
APÉNDICE 03: GRÁFICAS f_c VS PROPORCIÓN.....	132
APÉNDICE 04: PROGRAMA EXCEL	137
APÉNDICE 06: FOTOGRAFÍAS	138
ANEXO 01: FICHA TÉCNICA DEL CEMENTO PORTLAND TIPO I.....	146
ANEXO 02: VIVIENDAS SEGÚN MATERIAL PREDOMINANTE INEI 2015	148
ANEXO 03: ESTUDIO TECNOLÓGICO DE LAS CANTERAS EN ESTUDIO	151
ANEXO 04: CONSTANCIA DEL LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES UNC	155

LISTA DE TABLAS

Tabla N° 1. Granulometría de la arena media	20
Tabla N° 2. Tipos de Mortero.	21
Tabla N° 3. Proporción para morteros en volumen según NTP – E.070.	22
Tabla N° 4. Proporción para morteros en volumen según ASTM C -270.....	23
Tabla N° 5. Clase de unidad de albañilería para fines estructurales.	24
Tabla N° 6. Cantidad de especímenes según el diámetro.	27
Tabla N° 7. Operacionalización y categorización de los componentes de la hipótesis.	31
Tabla N° 8. Estándares para el control del concreto a la edad de 28 días (ACI 214-77).	40
Tabla N° 9. Estándares de valores del Coeficiente de Variación.....	40
Tabla N° 10. Matriz de consistencia metodológica.....	44
Tabla N° 11. Módulo de finura de las arenas de las canteras.	45
Tabla N° 12. Contenido de Humedad de las arenas de las canteras.	45
Tabla N° 13. Material más fino que pasa la Malla N° 200.....	45
Tabla N° 14. Peso específico de masa, aparente y absorción.....	46
Tabla N° 15. Relación A/C de diseño por proporción.....	46
Tabla N° 16. Peso unitario compactado seco y peso unitario suelto seco.	46
Tabla N° 17. Resistencia a los 28 días, desviación estándar y coeficiente de variación de la cantera “El Guitarrero”.	47
Tabla N° 18. Resistencia a los 28 días, desviación estándar y coeficiente de variación de la cantera “El Gavilán”.	47
Tabla N° 19. Resistencia a los 28 días, desviación estándar y coeficiente de variación de la cantera “Río Chonta”.....	47
Tabla N° 20. Resistencia a los 28 días, desviación estándar y coeficiente de variación de la cantera “Río Cajamarquino”.....	47
Tabla N° 21. Resistencia a los 60 días, desviación estándar y coeficiente de variación de la cantera “El Gavilán”.	48
Tabla N° 22. Resistencia a los 60 días, desviación estándar y coeficiente de variación de la cantera “El Guitarrero”.	48
Tabla N° 23. Resistencia a los 60 días, desviación estándar y coeficiente de variación de la cantera “Río Chonta”.....	48
Tabla N° 24. Resistencia a los 60 días, desviación estándar y coeficiente de variación de la cantera “Río Cajamarquino”.....	48
Tabla N° 25. Análisis de la varianza de las resistencias obtenidas del ensayo de los 600 especímenes elaboradas con los agregados de las cuatro canteras.....	55

Tabla N° 26. Agrupación de información de resistencia de los especímenes de mortero a 28 días con la variable de Canteras, según el método de Tukey y una confianza del 95%.....	56
Tabla N° 27. Agrupación de información de Canteras & Dosificación 1:6 de los especímenes de mortero ensayadas a 28 días, según el método de Tukey y una confianza del 95%.....	57
Tabla N° 28. Agrupación de información de Canteras & Dosificación 1:5 de los especímenes de mortero ensayadas a 28 días, según el método de Tukey y una confianza del 95%.....	58
Tabla N° 29. Agrupación de información de Canteras & Dosificación 1:4 de los especímenes de mortero ensayadas a 28 días, según el método de Tukey y una confianza del 95%.....	59
Tabla N° 30. Agrupación de información de Canteras & Dosificación 1:3 de los especímenes de mortero ensayadas a 28 días, según el método de Tukey y una confianza del 95%.....	60
Tabla N° 31. Agrupación de información de Canteras & Dosificación 1:2 de los especímenes de mortero ensayadas a 28 días, según el método de Tukey y una confianza del 95%.....	61
Tabla N° 32. Valores de optimización de costos de elaboración de mortero por material de cantera.....	66
Tabla N° 33. Contrastación de la hipótesis del estudio.....	70
Tabla N° 34. Costos de implementación de la propuesta.....	73
Tabla N° 35. Cálculo del módulo de finura del agregado fino de la cantera “El Gavilán”.	81
Tabla N° 36. Cálculo del contenido de humedad del agregado fino de la cantera “El Gavilán”.	82
Tabla N° 37. Material que pasa la malla N° 200 de la cantera “El Gavilán”.	82
Tabla N° 38. Cálculo del peso específico de masa del agregado fino de la cantera “El Gavilán”.	82
Tabla N° 39. Cálculo de la absorción y del peso específico aparente del agregado fino de la cantera “El Gavilán”.	83
Tabla N° 40. Cálculo de la relación A/C de diseño por proporción para la elaboración de especímenes con agregado de la cantera “El Gavilán”.	83
Tabla N° 41. Cálculo del peso específico del agua.....	83
Tabla N° 42. Cálculo del factor (f).....	84
Tabla N° 43. Cálculo del peso unitario suelto seco del agregado fino de la cantera “El Gavilán”.	84
Tabla N° 44. Cálculo del peso unitario compactado del agregado fino de la cantera “El Gavilán”.	84

Tabla N° 45. Cálculo del Promedio, Desviación Estándar y Coeficiente de Variación de las resistencias a compresión de los especímenes de la cantera “El Gavilán” en proporción 1:6 a los 28 días.....	85
Tabla N° 46. Cálculo del Promedio, Desviación Estándar y Coeficiente de Variación de las resistencias a compresión de los especímenes de la cantera “El Gavilán” en proporción 1:5 a los 28 días.....	86
Tabla N° 47. Cálculo del Promedio, Desviación Estándar y Coeficiente de Variación de las resistencias a compresión de los especímenes de la cantera “El Gavilán” en proporción 1:4 a los 28 días.....	87
Tabla N° 48. Cálculo del Promedio, Desviación Estándar y Coeficiente de Variación de las resistencias a compresión de los especímenes de la cantera “El Gavilán” en proporción 1:3 a los 28 días.....	88
Tabla N° 49. Cálculo del Promedio, Desviación Estándar y Coeficiente de Variación de las resistencias a compresión de los especímenes de la cantera “El Gavilán” en proporción 1:2 a los 28 días.....	89
Tabla N° 50. Cálculo del Promedio, Desviación Estándar y Coeficiente de Variación de las resistencias a compresión de los especímenes de la cantera “El Gavilán” en proporción 1:6 a los 60 días.....	90
Tabla N° 51. Cálculo del Promedio, Desviación Estándar y Coeficiente de Variación de las resistencias a compresión de los especímenes de la cantera “El Gavilán” en proporción 1:5 a los 60 días.....	90
Tabla N° 52. Cálculo del Promedio, Desviación Estándar y Coeficiente de Variación de las resistencias a compresión de los especímenes de la cantera “El Gavilán” en proporción 1:4 a los 60 días.....	91
Tabla N° 53. Cálculo del Promedio, Desviación Estándar y Coeficiente de Variación de las resistencias a compresión de los especímenes de la cantera “El Gavilán” en proporción 1:3 a los 60 días.....	91
Tabla N° 54. Cálculo del Promedio, Desviación Estándar y Coeficiente de Variación de las resistencias a compresión de los especímenes de la cantera “El Gavilán” en proporción 1:2 a los 60 días.....	92
Tabla N° 55. Cálculo del módulo de finura del agregado fino de la cantera “El Guitarrero”	93
Tabla N° 56. Cálculo del contenido de humedad del agregado fino de la cantera “El Guitarrero”	94
Tabla N° 57. Material que pasa la malla N° 200 de la cantera “El Guitarrero”.	94
Tabla N° 58. Cálculo del peso específico de masa del agregado fino de la cantera “El Guitarrero”	94
Tabla N° 59. Cálculo de la absorción y peso específico aparente del agregado fino de la cantera “El Guitarrero”	95
Tabla N° 60. Cálculo de la relación A/C de diseño por proporción para la elaboración de especímenes con agregado de la cantera “El Guitarrero”.	95

Tabla N° 61. Cálculo del peso específico del agua.....	95
Tabla N° 62. Cálculo del factor (f).....	96
Tabla N° 63. Cálculo del peso unitario suelto seco del agregado fino de la cantera “El Guitarrero”.....	96
Tabla N° 64. Cálculo del peso unitario compactado del agregado fino de la cantera “El Guitarrero”.....	96
Tabla N° 65. Cálculo del Promedio, Desviación Estándar y Coeficiente de Variación de las resistencias a compresión de los especímenes de la cantera “El Guitarrero” en proporción 1:6 a los 28 días.....	97
Tabla N° 66. Cálculo del Promedio, Desviación Estándar y Coeficiente de Variación de las resistencias a compresión de los especímenes de la cantera “El Guitarrero” en proporción 1:5 a los 28 días.....	98
Tabla N° 67. Cálculo del Promedio, Desviación Estándar y Coeficiente de Variación de las resistencias a compresión de los especímenes de la cantera “El Guitarrero” en proporción 1:4 a los 28 días.....	99
Tabla N° 68. Cálculo del Promedio, Desviación Estándar y Coeficiente de Variación de las resistencias a compresión de los especímenes de la cantera “El Guitarrero” en proporción 1:3 a los 28 días.....	100
Tabla N° 69. Cálculo del Promedio, Desviación Estándar y Coeficiente de Variación de las resistencias a compresión de los especímenes de la cantera “El Guitarrero” en proporción 1:2 a los 28 días.....	101
Tabla N° 70. Cálculo del Promedio, Desviación Estándar y Coeficiente de Variación de las resistencias a compresión de los especímenes de la cantera “El Guitarrero” en proporción 1:6 a los 60 días.....	102
Tabla N° 71. Cálculo del Promedio, Desviación Estándar y Coeficiente de Variación de las resistencias a compresión de los especímenes de la cantera “El Guitarrero” en proporción 1:5 a los 60 días.....	102
Tabla N° 72. Cálculo del Promedio, Desviación Estándar y Coeficiente de Variación de las resistencias a compresión de los especímenes de la cantera “El Guitarrero” en proporción 1:4 a los 60 días.....	103
Tabla N° 73. Cálculo del Promedio, Desviación Estándar y Coeficiente de Variación de las resistencias a compresión de los especímenes de la cantera “El Guitarrero” en proporción 1:3 a los 60 días.....	103
Tabla N° 74. Cálculo del Promedio, Desviación Estándar y Coeficiente de Variación de las resistencias a compresión de los especímenes de la cantera “El Guitarrero” en proporción 1:2 a los 60 días.....	104
Tabla N° 75. Cálculo del módulo de finura del agregado fino de la cantera “Río Chonta”.....	105
Tabla N° 76. Cálculo del contenido de humedad del agregado fino de la cantera “Río Chonta”.....	106
Tabla N° 77. Material que pasa la malla N° 200 de la cantera “Río Chonta”.	106

Tabla N° 78. Cálculo del peso específico de masa del agregado fino de la cantera “Río Chonta”.....	106
Tabla N° 79. Cálculo de la absorción y del peso específico aparente del agregado fino de la cantera “Río Chonta”.....	107
Tabla N° 80. Cálculo de la relación A/C de diseño por proporción para la elaboración de especímenes con agregado de la cantera “Río Chonta” .	107
Tabla N° 81. Cálculo del peso específico del agua.....	107
Tabla N° 82. Cálculo del factor (f).....	108
Tabla N° 83. Cálculo del peso unitario suelto seco del agregado fino de la cantera “Río Chonta”.....	108
Tabla N° 84. Cálculo del peso unitario compactado del agregado fino de la cantera “Río Chonta”.....	108
Tabla N° 85. Cálculo del Promedio, Desviación Estándar y Coeficiente de Variación de las resistencias a compresión de los especímenes de la cantera “Río Chonta” en proporción 1:6 a los 28 días.....	109
Tabla N° 86. Cálculo del Promedio, Desviación Estándar y Coeficiente de Variación de las resistencias a compresión de los especímenes de la cantera “Río Chonta” en proporción 1:5 a los 28 días.....	110
Tabla N° 87. Cálculo del Promedio, Desviación Estándar y Coeficiente de Variación de las resistencias a compresión de los especímenes de la cantera “Río Chonta” en proporción 1:4 a los 28 días.....	111
Tabla N° 88. Cálculo del Promedio, Desviación Estándar y Coeficiente de Variación de las resistencias a compresión de los especímenes de la cantera “Río Chonta” en proporción 1:3 a los 28 días.....	112
Tabla N° 89. Cálculo del Promedio, Desviación Estándar y Coeficiente de Variación de las resistencias a compresión de los especímenes de la cantera “Río Chonta” en proporción 1:2 a los 28 días.....	113
Tabla N° 90. Cálculo del Promedio, Desviación Estándar y Coeficiente de Variación de las resistencias a compresión de los especímenes de la cantera “Río Chonta” en proporción 1:6 a los 60 días.....	114
Tabla N° 91. Cálculo del Promedio, Desviación Estándar y Coeficiente de Variación de las resistencias a compresión de los especímenes de la cantera “Río Chonta” en proporción 1:5 a los 60 días.....	114
Tabla N° 92. Cálculo del Promedio, Desviación Estándar y Coeficiente de Variación de las resistencias a compresión de los especímenes de la cantera “Río Chonta” en proporción 1:4 a los 60 días.....	115
Tabla N° 93. Cálculo del Promedio, Desviación Estándar y Coeficiente de Variación de las resistencias a compresión de los especímenes de la cantera “Río Chonta” en proporción 1:3 a los 60 días.....	115

Tabla N° 94. Cálculo del Promedio, Desviación Estándar y Coeficiente de Variación de las resistencias a compresión de los especímenes de la cantera “Río Chonta” en proporción 1:2 a los 60 días.....	116
Tabla N° 95. Cálculo del módulo de finura del agregado fino de la cantera “Río Cajamarquino”.....	117
Tabla N° 96. Cálculo del contenido de humedad del agregado fino de la cantera “Río Cajamarquino”.....	118
Tabla N° 97. Material que pasa la malla N° 200 de la cantera “Río Chonta”.	118
Tabla N° 98. Cálculo del peso específico de masa del agregado fino de la cantera “Río Cajamarquino”.....	118
Tabla N° 99. Cálculo de la absorción y del peso específico aparente del agregado fino de la cantera “Río Cajamarquino”.....	119
Tabla N° 100. Cálculo de la relación A/C de diseño por proporción para la elaboración de especímenes con agregado de la cantera “Río Cajamarquino”.	119
Tabla N° 101. Cálculo del peso específico del agua.....	119
Tabla N° 102. Cálculo del factor (f).....	120
Tabla N° 103. Cálculo del peso unitario suelto seco del agregado fino de la cantera “Río Cajamarquino”.....	120
Tabla N° 104. Cálculo del peso unitario compactado del agregado fino de la cantera “Río Cajamarquino”.....	120
Tabla N° 105. Cálculo del Promedio, Desviación Estándar y Coeficiente de Variación de las resistencias a compresión de los especímenes de la cantera “Río Cajamarquino” en proporción 1:6 a los 28 días.	121
Tabla N° 106. Cálculo del Promedio, Desviación Estándar y Coeficiente de Variación de las resistencias a compresión de los especímenes de la cantera “Río Cajamarquino” en proporción 1:5 a los 28 días.	122
Tabla N° 107. Cálculo del Promedio, Desviación Estándar y Coeficiente de Variación de las resistencias a compresión de los especímenes de la cantera “Río Cajamarquino” en proporción 1:4 a los 28 días.	123
Tabla N° 108. Cálculo del Promedio, Desviación Estándar y Coeficiente de Variación de las resistencias a compresión de los especímenes de la cantera “Río Cajamarquino” en proporción 1:3 a los 28 días.	124
Tabla N° 109. Cálculo del Promedio, Desviación Estándar y Coeficiente de Variación de las resistencias a compresión de los especímenes de la cantera “Río Cajamarquino” en proporción 1:2 a los 28 días.	125
Tabla N° 110. Cálculo del Promedio, Desviación Estándar y Coeficiente de Variación de las resistencias a compresión de los especímenes de la cantera “Río Cajamarquino” en proporción 1:6 a los 60 días.	126
Tabla N° 111. Cálculo del Promedio, Desviación Estándar y Coeficiente de Variación de las resistencias a compresión de los especímenes de la cantera “Río Cajamarquino” en proporción 1:5 a los 60 días.	126

Tabla N° 112. Cálculo del Promedio, Desviación Estándar y Coeficiente de Variación de las resistencias a compresión de los especímenes de la cantera “Río Cajamarquino” en proporción 1:4 a los 60 días.	127
Tabla N° 113. Cálculo del Promedio, Desviación Estándar y Coeficiente de Variación de las resistencias a compresión de los especímenes de la cantera “Río Cajamarquino” en proporción 1:3 a los 60 días.	127
Tabla N° 114. Cálculo del Promedio, Desviación Estándar y Coeficiente de Variación de las resistencias a compresión de los especímenes de la cantera “Río Cajamarquino” en proporción 1:2 a los 60 días.	128
Tabla N° 115. Cálculo del factor de materiales de mortero para un volumen de 1 m ³	130
Tabla N° 116. Cálculo de costos de materiales para 1 m ³ de la cantera El Gavilán.	130
Tabla N° 117. Cálculo de costos de materiales para 1 m ³ de la cantera El Guitarrero.	130
Tabla N° 118. Cálculo de costos de materiales para 1 m ³ de la cantera Río Chonta.	130
Tabla N° 119. Cálculo de costos de materiales para 1 m ³ de la cantera Río Cajamarquino.	131
Tabla N° 120. Cálculo de costos de materiales para 1 m ³ norma E070.	131

LISTA DE FIGURAS

Figura N° 1. Gráfico R28 vs Proporción (Salamanca R. 1984).....	9
Figura N° 2. Gráfico R28 vs Contenido de Cemento, según módulo de finura (Salamanca R. 1984).	9
Figura N° 3. Gráfico R28 vs Relación agua/cemento (Salamanca R. 1984).	10
Figura N° 4. Porcentaje de Humedad vs Peso Unitario Suelto Seco (Salazar A.1989 pág. 49).	11
Figura N° 5. Porcentaje de Hinchamiento vs Porcentaje de Humedad de la arena (Salazar A.1989 pág. 50).	12
Figura N° 6. Relación Arena/Cemento vs. Resistencia a la compresión a los 28 días (Salazar A.1989 pág. 51).	12
Figura N° 7. Variación porcentual de resistencia a la compresión 28 días vs Adición de agua de reemplado (Salazar A.1989 pág. 50).	13
Figura N° 8. Variación porcentual de resistencia a la compresión 28 días vs Adición de agua de reemplado (Salazar A.1989 pág. 50).	13
Figura N° 9. Gráfico Resistencia a la compresión vs Relación agua/cemento, con límites mínimos y límites máximos (Rivera G. 1989).	15
Figura N° 10. Gráfica Resistencia a Compresión vs. Contenido de Cemento, teniendo en cuenta el módulo de finura (Rivera G. 1989).	15
Figura N° 11. Diagrama de Mejora de Procesos. Chang, R. (1996).....	19
Figura N° 12. Desarrollo de la resistencia a compresión de varios concretos, expreso como porcentaje de la resistencia los 28 días (Lange 1994).....	25
Figura N° 13. Variación de resistencias típicas para relaciones agua-cemento de concreto de cemento portland basadas en más de 100 diferentes mezclas de concreto moldeadas entre 1985 y 1999.	26
Figura N° 14. Contenidos de cemento y agua con relación al tamaño máximo del agregado de concreto con y sin aire incluido. Se requiere menos cemento y agua en mezclas con agregados gruesos grandes (Bureau of Reclamation 1981).....	27
Figura N° 15. Diagrama optimización del diseño de morteros.	32
Figura N° 16. Diagrama de flujo de Etapas de investigación.	33
Figura N° 17. Máquina Universal de ensayo a compresión axial.	42
Figura N° 18. Moldes para la elaboración de especímenes de mortero.	42
Figura N° 19. Gráfica de las curvas de distribución granulométrica de agregados de las canteras con valores de módulo de finura.	49
Figura N° 20. Gráfica curva Relación A/C vs Proporción.	50
Figura N° 21. Gráfica variación de resistencias a diferentes edades cantera “El Gavilán”.	51

Figura N° 22. Gráfica variación de resistencias a diferentes edades cantera “El Guitarrero”	52
Figura N° 23. Gráfica variación de resistencias a diferentes edades cantera “Río Chonta”	53
Figura N° 24. Gráfica variación de resistencias a diferentes edades cantera “Río Cajamarquino”	54
Figura N° 25. Gráfico de Cajas y Bigotes de resistencia con la variable de canteras..	56
Figura N° 26. Gráfico de Cajas y Bigotes de resistencia con la variable Cantera & Dosificación 1:6.	57
Figura N° 27. Gráfico de Cajas y Bigotes de resistencia con la variable Cantera & Dosificación 1:5.	58
Figura N° 28. Gráfico de Cajas y Bigotes de resistencia con la variable Cantera & Dosificación 1:4.	59
Figura N° 29. Gráfico de Cajas y Bigotes de resistencia con la variable Cantera & Dosificación 1:3.	60
Figura N° 30. Gráfico de Cajas y Bigotes de resistencia con la variable Cantera & Dosificación 1:2.	61
Figura N° 31. Gráfica f'c vs Proporción de las canteras.....	63
Figura N° 32. Gráfica f'c vs Proporción y Ladrillos Tipo V y Tipo IV.	65
Figura N° 33. Diagrama proceso de optimización del diseño de morteros.....	67
Figura N° 34. Curva de distribución granulométrica del agregado fino de la cantera “El Gavilán”.	81
Figura N° 35. Curva de distribución granulométrica del agregado fino de la cantera “El Guitarrero”.	93
Figura N° 36. Curva de distribución granulométrica del agregado fino de la cantera “Río Chonta”.....	105
Figura N° 37. Curva de distribución granulométrica del agregado fino de la cantera “Río Cajamarquino”.....	117
Figura N° 38. Gráfico Resistencia a Compresión vs Proporción de la cantera “El Gavilán”.	133
Figura N° 39. Gráfico Resistencia a Compresión vs Proporción de la cantera “El Guitarrero”	134
Figura N° 40. Gráfico Resistencia a Compresión vs Proporción de la cantera “Río Chonta”	135
Figura N° 41. Gráfico Resistencia a Compresión vs Proporción de la cantera “Río Cajamarquino”.....	136

LISTA DE ABREVIATURAS Y SIGLAS

A/C: Relación de cantidad de agua y cantidad de cemento de una mezcla de mortero.

ACI: En inglés American Concrete Institute, Instituto Americano del Concreto, es una organización de Estados Unidos de América que publica normas y recomendaciones técnicas con referencia al concreto y mortero.

ANOVA: Análisis estadístico de la varianza de un grupo de datos.

ASTM: En inglés American Section of the International Association for Testing Materials o ASTM International es un organismo de normalización de los Estados Unidos de América.

f'b: Resistencia a compresión del ladrillo.

f'c: Resistencia a compresión del mortero.

W%: Porcentaje del contenido de humedad.

Kg/cm²: Kilogramo por centímetro cuadrado.

Kg: Kilogramo.

L: Litro.

Mf: Módulo de finura

Mpa: Megapascal

NTP: Norma Técnica Peruana.

UNC: Universidad Nacional de Cajamarca.

RESUMEN

El mortero es un material de gran importancia para construcción de albañilería armada, confinada, no confinada y simple, que en el Perú estas construcciones de albañilería representan el 51.7% (INEI 2015) de las viviendas particulares. Sin embargo, hasta el momento, no existen procedimientos técnicos de diseño, producción y control que garanticen una buena calidad de este material, como es así para el concreto. En Perú no se cuenta con metodologías para el diseño de morteros; es por eso que, esta investigación optimiza el proceso del diseño de morteros cemento – arena mediante la propuesta de un método gráfico. Para lo cual se elaboró diagramas f_c vs Proporción, mediante el ensayo de resistencia a compresión de especímenes de mortero fabricados con el material de 04 canteras (“El Gavilán”, “El Guitarrero”, “Río Chonta” y “Río Cajamarquino”), las gráficas ayudaron a generar un manual de diseño, a determinar la optimización en el proceso del diseño de morteros y la optimización en costos, comparándolos con la Norma E070. Concluyendo que, utilizando el método gráfico, logramos optimizar el proceso en la toma de datos en las características de los agregados (Contenido de Humedad, Absorción, Módulo de Finura), en la precisión al obtener la dosificación de los materiales (1:6 a 1:2) y la precisión al obtener el valor de la resistencia, obteniéndose los siguientes valores promedios: cantera “El Gavilán” (1:6= 178.76 Kg/cm²; 1:5= 220.95 Kg/cm²; 1:4= 260.84 Kg/cm²; 1:3= 307.44 Kg/cm² y 1:2= 353.03 Kg/cm²), “El Guitarrero” (1:6= 171.46 Kg/cm²; 1:5= 213.23 Kg/cm²; 1:4= 253.04 Kg/cm²; 1:3= 291.40 Kg/cm² y 1:2= 344.45 Kg/cm²), “Río Chonta” (1:6= 111.03 Kg/cm²; 1:5= 151.60 Kg/cm²; 1:4= 192.51 Kg/cm²; 1:3= 234.11 Kg/cm² y 1:2= 295.31 Kg/cm²) y “Río Cajamarquino” (1:6= 91.93 Kg/cm²; 1:5= 128.09 Kg/cm²; 1:4= 170.70 Kg/cm²; 1:3= 241.92 Kg/cm² y 1:2= 296.41 Kg/cm²); así como, el valor de la optimización en costos de los morteros elaborados con material de cerro presentan un valor del 8.24 % para la cantera “El Gavilán” y de 8.17 % para la cantera “El Guitarrero”, para los morteros elaborados con material de las canteras de Río, no presentan una optimización en costo.

PALABRAS CLAVE:

Optimización, proceso, método gráfico, especímenes de mortero, resistencia a compresión, proporción y cantera.

ABSTRACT SUMMARY

The Mortar is a material of great importance for the construction of masonry armed, confined, not confined and simple, that in Peru these masonry constructions represent 51.7% (INEI 2015) of private homes. However, so far, there are no technical procedures of design, production and control to ensure a good quality of this material, as it is for concrete. In Peru, there are no methodologies for mortar design; that is why, this research optimizes the process of the design of cement - sand mortar by means of the proposal of a graphic method. For that, f'c vs. Proportion diagrams were elaborated by the compression strength test of mortar specimens made with the material of 04 quarries ("El Gavilán", "El Guitarrero", "Río Chonta" y "Río Cajamarquino"), the graphs helped to generate a design manual, to determine the optimization in the process of the mortar design and the optimization in costs, comparing them with the Standard E070. In conclusion, using the graphic method, we optimized the data acquisition process in the aggregate characteristics (Moisture Content, Absorption, Fineness Module), in the accuracy of obtaining the dosage of the materials (1: 6 a 1: 2) and the accuracy when obtaining the resistance value, obtaining the following average values: quarry "El Gavilán" (1:6= 178.76 Kg/cm²; 1:5= 220.95 Kg/cm²; 1:4= 260.84 Kg/cm²; 1:3= 307.44 Kg/cm² y 1:2= 353.03 Kg/cm²), "El Guitarrero" (1:6= 171.46 Kg/cm²; 1:5= 213.23 Kg/cm²; 1:4= 253.04 Kg/cm²; 1:3= 291.40 Kg/cm² y 1:2= 344.45 Kg/cm²), "Río Chonta" (1:6= 111.03 Kg/cm²; 1:5= 151.60 Kg/cm²; 1:4= 192.51 Kg/cm²; 1:3= 234.11 Kg/cm² y 1:2= 295.31 Kg/cm²) y "Río Cajamarquino" (1:6= 91.93 Kg/cm²; 1:5= 128.09 Kg/cm²; 1:4= 170.70 Kg/cm²; 1:3= 241.92 Kg/cm² y 1:2= 296.41 Kg/cm²); as well as the value of the cost optimization of mortars made of hill material present a value of 8.24 % for the "El Gavilán" quarry and 8.17 % for the "El Guitarrero" quarry for mortars made of the quarries of Rio do not present an optimization in cost.

KEYWORDS:

Optimization, process, graphical method, specimens of mortar, resistance to compression, proportion and quarry.

CAPITULO I

INTRODUCCIÓN

1.1. Planteamiento del problema

1.1.1. Contextualización.

En el Perú las construcciones fabricadas con material de albañilería cemento – arena representa el 51.7 % del total de viviendas particulares construidas según el INEI (2015), debido a esto el consumo de los materiales que lo componen ha aumentado.

En los estudios de vulnerabilidad realizados en la ciudad de Cajamarca, el 69 % de las viviendas presentan alta vulnerabilidad sísmica debido a la baja calidad de las construcciones de la albañilería conformada por ladrillos y mortero cemento - arena.

Según Tafur E. & Narro V. (2006)

El mortero es un material de gran importancia para la construcción de albañilería confinada, no confinada, armada y simple. Actualmente el conocimiento científico y técnico de los morteros ha evolucionado en gran medida. Uno de los avances que se tiene en morteros, es lo referente al diseño, con el análisis de procesos de diseño podemos seleccionar los materiales que lo componen y sus proporciones, con el objetivo de lograr que los morteros cumplan con los estándares internacionales de resistencia, permeabilidad ente otros. Según León et al. (2012) y Vázquez, A. (2012).

Por todo lo expuesto anteriormente, es necesario desarrollar metodologías para optimizar el proceso de diseño de morteros cemento – arena en la ciudad de Cajamarca.

1.1.2. Descripción del problema.

El consumo de mortero se ha incrementado enormemente, debido al auge que ha tomado en los últimos años el uso de la albañilería estructural principalmente en edificaciones. Sin embargo, hasta el momento, no existen procedimientos técnicos de diseño, producción y control que garanticen una buena calidad de este material, como así se tienen para el concreto. Rivera G. (1989 pág. 199).

Salamanca R. (1984), en su investigación, hace referencia a la necesidad de implementar un método de dosificación de los morteros a partir del valor de resistencia que se requiera de ellos y no, como es habitual, dosificarlos por partes de cemento y arena sin prever su resistencia.

Actualmente en Perú no contamos con metodologías gráficas para el diseño de morteros, la Norma E.070 (2006 pág. 16,17), solamente establece proporciones en volumen según la finalidad de la albañilería; mas no, precisa las resistencias que puede alcanzar el mortero.

Debido a ese vacío normativo en el Perú, esta investigación propone la elaboración un método gráfico para la optimización del proceso para el diseño de morteros cemento – arena en la ciudad de Cajamarca.

1.1.3. Formulación del problema.

¿Mediante qué metodología y cómo lograremos optimizar el proceso para el diseño de morteros cemento – arena en la ciudad de Cajamarca?

1.2. Justificación e importancia

1.2.1. Justificación científica.

Éste estudio se justifica de forma científica por lo siguiente:

- a. El conocimiento científico que aporta esta investigación es importante, debido a que optimiza el proceso para el diseño de morteros mediante un método gráfico en la ciudad de Cajamarca.
- b. Llena el vacío existente en las normativas vigentes respecto al proceso de diseño de morteros, en factores como, la precisión de cantidad de materiales y precisión en la obtención de resistencias.
- c. La investigación es original debido a que no presenta antecedentes locales ni nacionales; la norma vigente, no contempla metodologías en las que se precisen cantidades de materiales o resistencias.

1.2.2. Justificación técnica/práctica.

Éste estudio se justifica de forma técnica y práctica por lo siguiente:

- a. Al hacer uso de este nuevo conocimiento, logramos la optimización del proceso de diseño de morteros, esto beneficia a la construcción de muros de albañilería, al cálculo de materiales, a la dosificación de materiales para la elaboración de morteros y seguridad del comportamiento estructural.

1.2.3. Justificación institucional y personal.

Éste estudio se justifica de forma institucional por lo siguiente:

- a. La Universidad Nacional de Cajamarca (UNC) a través de su Escuela de Postgrado y de sus estudiantes, hace posible el desarrollo de trabajos e investigaciones que logren resolver problemas de carácter ingenieriles, sociales y económicos; siendo el caso de la optimización del diseño de morteros cemento – arena mediante un método gráfico, el cual logra optimizar el proceso de diseño de morteros.
- b. El tesista que desarrolló el presente trabajo de investigación tenía conocimientos previos que obtuvo en la tesis de pregrado titulado “Comparación de Adherencia entre 2 tipos de Ladrillo – 2 tipos de mortero”, donde el diseño del mortero era un tema, que al ahondarlo captó el interés personal y encontré la motivación para cumplir con los objetivos de la investigación.
- c. Para complementar y fortalecer el conocimiento que se forja en la Universidad Nacional de Cajamarca, como base teórica y como antecedentes, en el desarrollo de trabajos similares.

1.3. Delimitación de la investigación

Las delimitaciones de la presente investigación son las siguientes:

- a. La elección del agregado fino se realizó, teniendo en cuenta, el origen del material y la importancia de las canteras, por lo que se utilizó material de canteras de cerro (“El Gavilán” y “Guitarrero”) y canteras de río (“Chonta” y “Cajamarquino”). Los resultados obtenidos en la investigación son exclusivas para estas canteras, y no será representativo para agregados de otras canteras.
- b. Para la elaboración de los especímenes de mortero se usó cemento Pacasmayo Tipo I, el cual es de uso común y sin adiciones.
- c. Los ensayos a compresión de los especímenes de mortero serán a edades de 28 días, datos que serán utilizados para la elaboración de las gráficas, también se realizaron ensayos a los 60 días para observar el comportamiento y el desarrollo de las resistencias a una edad mayor.
- d. Las dosificaciones en peso utilizadas en la elaboración de especímenes de mortero (1:6, 1:5, 1:4, 1:3 y 1:2) han sido basadas según las recomendaciones de la Norma E070.
- e. La elaboración de las gráficas que se planteó en la investigación se realizó con los valores de Resistencia a Compresión y Proporción de la mezcla, pudiéndose haber elaborado, otros métodos gráficos como: $f'c$ vs A/C o $f'c$ vs Mf.

1.4. Limitaciones de la investigación

Las limitaciones de la presente investigación son las siguientes:

- a. Las normatividades vigentes presentan un vacío en lo que respecta al método de diseño de morteros; sin embargo, la Norma E070 es la única fuente nacional de comparación en lo referente a un método de diseño de morteros.

1.5. Objetivos

1.5.1. General.

Optimizar el proceso del diseño de morteros cemento – arena mediante la propuesta de un método gráfico en la Ciudad de Cajamarca.

1.5.2. Específico.

Los objetivos específicos de la investigación se formulan en los tres enunciados siguientes:

- a. Determinar las características físicas del agregado fino de las canteras en estudio.
- b. Elaborar los diagramas de $f'c$ vs Proporción de los especímenes de mortero de las canteras e identificar la influencia de las proporciones cemento – arena en el nivel de resistencia.
- c. Determinar el valor de la optimización de costo de elaboración de mortero por material de cantera para una resistencia del Ladrillo Tipo V.
- d. Elaborar un manual de diseño de morteros cemento – arena con el método gráfico propuesto en esta investigación.

CAPITULO II: MARCO TEÓRICO

2.1. Marco referencial

2.1.1. Antecedentes de estudios de la importancia del mortero.

León Consuegra, L., Vázquez Rodríguez, A. y Torres Fuentes, M. (2012), en su artículo “Estudio del surgimiento y desarrollo de los morteros en la construcción”. Concluyen que los morteros son materiales de gran importancia en la construcción y su evolución se debe principalmente al desarrollo de sus componentes, así surgen los morteros de yeso, cal, puzolánicos, de cemento portland y los de limo los cuales fueron empleados con fines estructurales y estéticos. El desarrollo de los morteros está influenciado por los avances tecnológicos, la aparición de nuevos materiales y el desarrollo de la industria química para la construcción donde se destacan los morteros restauradores de estructuras.

2.1.2. Antecedentes de estudios sobre diseño de morteros.

Salamanca R. (1984), en su proyecto de tesis “Dosificación de mortero, diseño de mezclas de mortero”. Establece la necesidad de implementar un método de dosificación de los morteros a partir del valor de resistencia que se requiera de ellos y no, como es habitual, dosificarlos por partes de cemento y arena sin prever su resistencia. Se presentan en la Figura N° 1, Figura N° 2 y Figura N° 3, gráficas que permiten dosificar el mortero en la forma descrita, según la finura de la arena que se use, según la proporción que se use y con la relación agua/cemento de la mezcla; siempre en función de la resistencia obtenida a los 28 días.

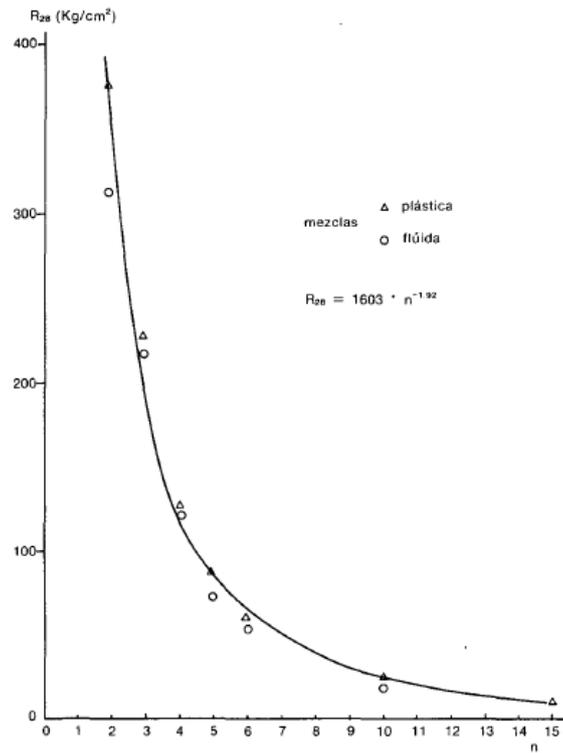


Figura N° 1. Gráfico R_{28} vs Proporción (Salamanca R. 1984).

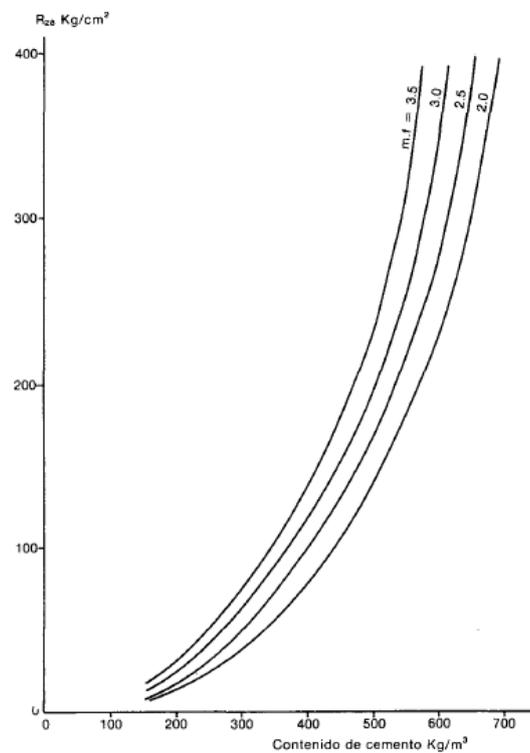


Figura N° 2. Gráfico R_{28} vs Contenido de Cemento, según módulo de finura (Salamanca R. 1984).

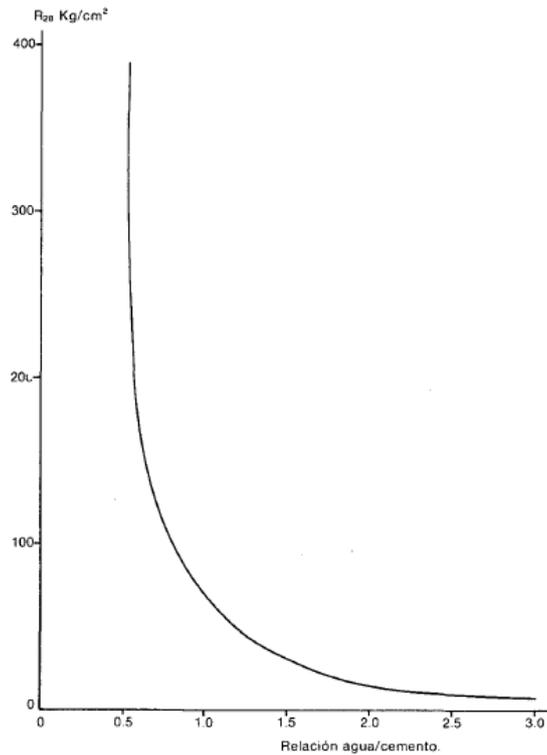


Figura N° 3. Gráfico R_{28} vs Relación agua/cemento (Salamanca R. 1984).

Salamanca R. (2004), concluye que la resistencia a compresión del mortero se ve afectada por múltiples factores como:

- Proporción cemento:arena (1:n), en tanto la mezcla sea más rica en cemento (menor valor de n), su resistencia a la compresión será mayor, y su variación es de forma exponencial.
- Finura de la arena (módulo de finura), presentan mayor resistencia los morteros con un alto valor del módulo de finura; es decir, las arenas gruesas, contrariamente a los diseñados con arenas de bajos módulos de finura.
- Fluidez del mortero, aun cuando es un factor cuya incidencia no es tan marcada como las anteriores, se encontró que las mezclas plásticas (fluidez normal) presentan mayor resistencia que las mezclas fluidas.

Salazar A. (1985), en su informe final de investigación plantea un método empírico para el procesamiento de mezclas para morteros, en esta investigación, se realizó un análisis de las variables que inciden en el comportamiento de los morteros y se formuló una experimentación que permitiera comprobar y correlacionar la interdependencia entre éstas. Con mamposteros profesionales, se estableció el rango de fluidez apropiado y se comprobó el efecto del reemplado en las propiedades resistentes de los morteros. Se presenta un método de dosificación que satisface óptimamente los aspectos técnicos como económicos y a su vez considera los métodos tradicionales de trabajo de nuestro obrero de construcción.

Y plantea las siguientes gráficas que permiten realizar el diseño de morteros:

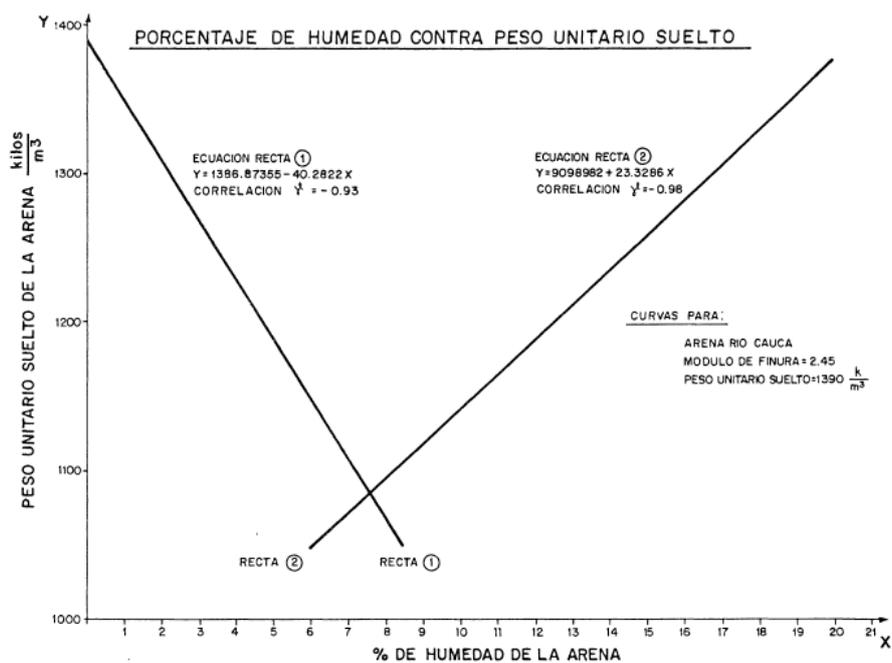


Figura N° 4. Porcentaje de Humedad vs Peso Unitario Suelto Seco (Salazar A. 1989 pág. 49).

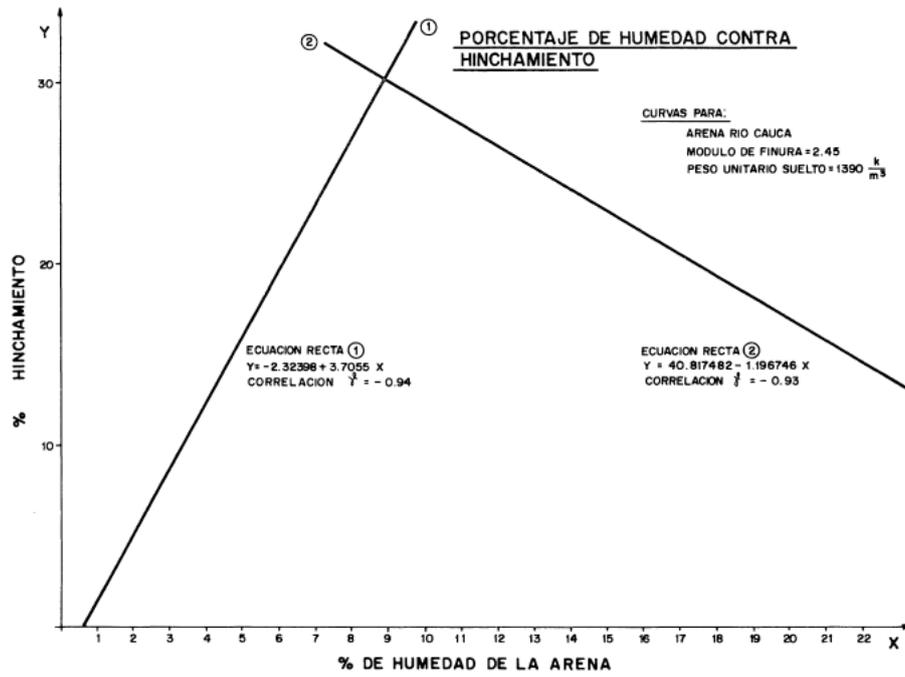


Figura N° 5. Porcentaje de Hinchamiento vs Porcentaje de Humedad de la arena (Salazar A. 1989 pág. 50).

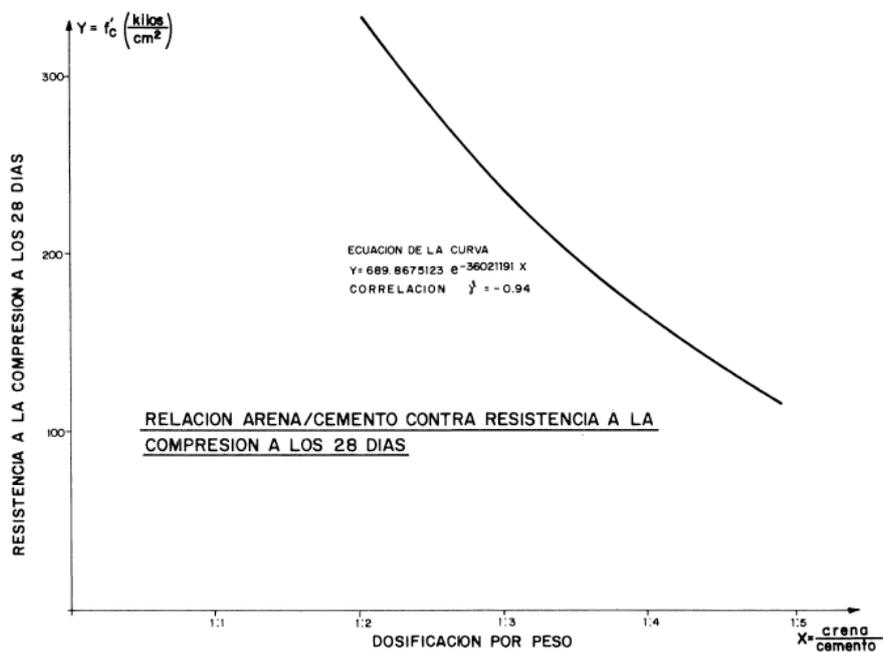
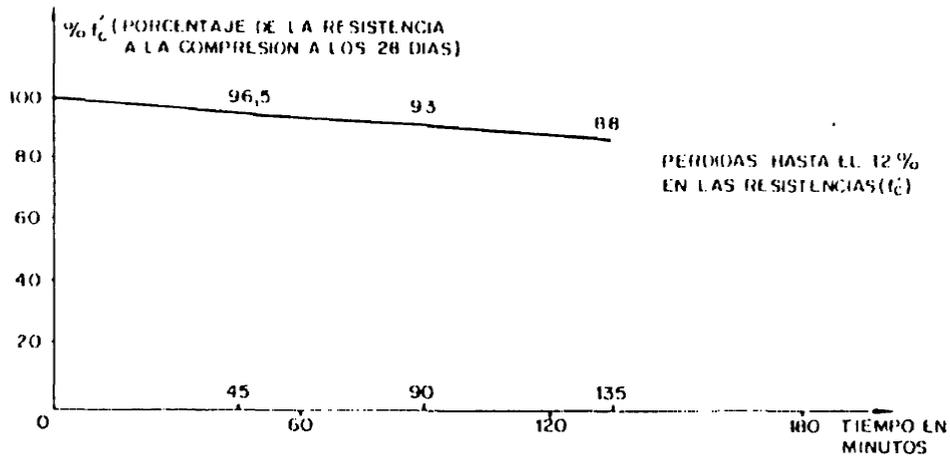
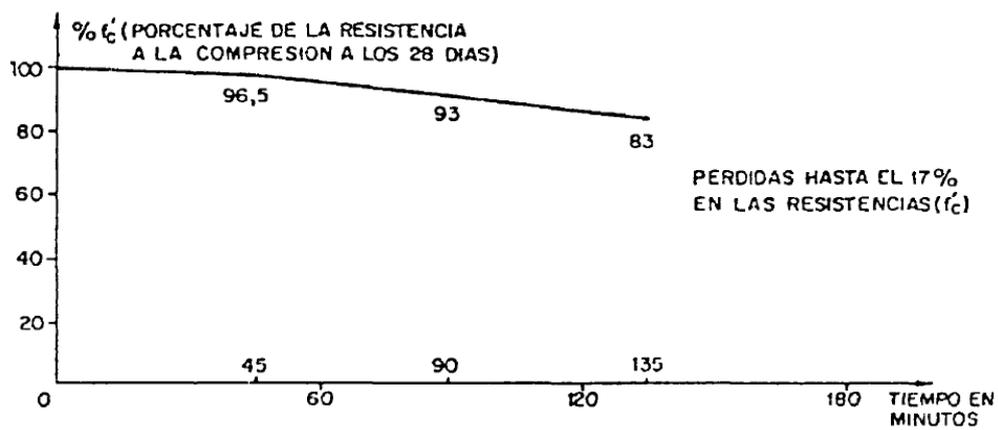


Figura N° 6. Relación Arena/Cemento vs. Resistencia a la compresión a los 28 días (Salazar A. 1989 pág. 51).



MEZCLA ORIGINAL SIN RETEMPLAR

Figura N° 7. Variación porcentual de resistencia a la compresión 28 días vs Adición de agua de reemplado (Salazar A. 1989 pág. 50).



MEZCLA ORIGINAL RETEMPLADA A LOS 135 MIN.

Figura N° 8. Variación porcentual de resistencia a la compresión 28 días vs Adición de agua de reemplado (Salazar A. 1989 pág. 50).

Sánchez D. (1986), en su libro establece otro procedimiento para la dosificación de morteros:

- Paso I: Determinación del tipo de arena
- Paso II: Determinación de la relación agua – cemento
- Paso III: Selección de la resistencia
- Paso IV: Determinación de los factores que influyen en el contenido de agua
- Paso V: Determinación de la proporción 1:n
- Paso VI: Cálculo del contenido de cemento
- Paso VII: Determinación del contenido de agua
- Paso VIII: Determinación del contenido de arena
- Paso IX: Ajustes por humedad de la arena
- Paso X: Ajustes a las mezclas de prueba

Rivera G. (1989 pág. 199-216), establece un procedimiento para la dosificación de morteros, que sigue los siguientes pasos:

- Selección de la fluidez
- Determinación de la resistencia de dosificación
- Selección de relación A/C
- Estimación del contenido de cemento
- Cálculo de la cantidad agua
- Cálculo de la cantidad de agregado
- Cálculo de las proporciones iniciales
- Primera mezcla de prueba. Ajuste por humedad del agregado
- Ajuste a las mezclas de prueba

Y utiliza las siguientes gráficas que se pueden visualizar en la Figura N° 9 y Figura N° 10.

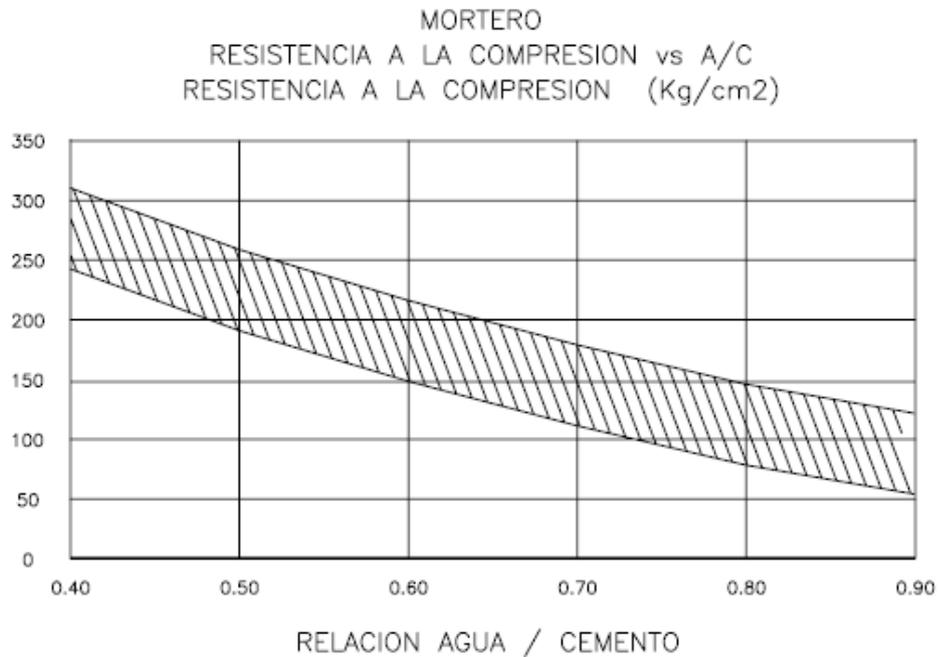


Figura N° 9. Gráfico Resistencia a la compresión vs Relación agua/cemento, con límites mínimos y límites máximos (Rivera G. 1989).

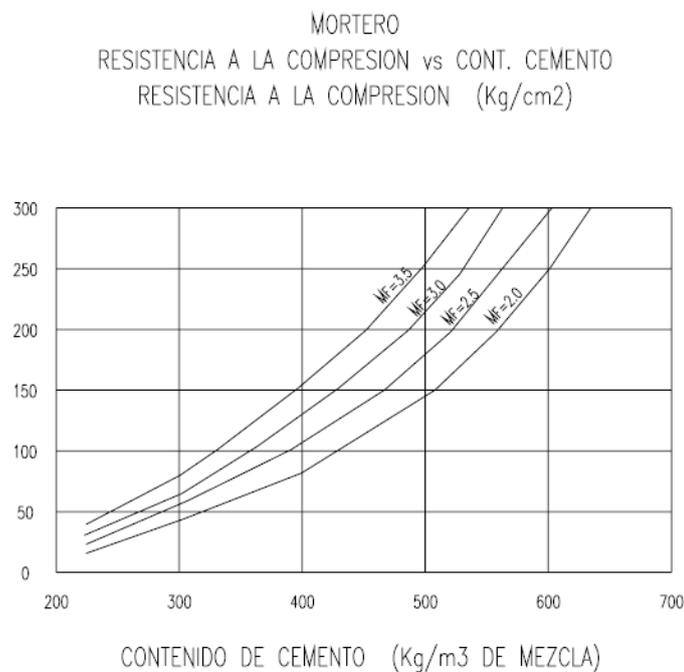


Figura N° 10. Gráfica Resistencia a Compresión vs. Contenido de Cemento, teniendo en cuenta el módulo de finura (Rivera G. 1989).

2.2. Marco doctrinal

Fathollah Sajedi, et al. (2011), en su artículo, “Relaciones entre la resistencia a la compresión de morteros de cemento-escorias bajo regímenes de curado de aire y agua”, se demostró que se podrían obtener mayores resistencias utilizando contenidos de aglutinantes más bajos para morteros de cemento y cemento-escorias, siempre que los especímenes fueran curados en agua. Este es un nuevo hallazgo que tiene importancia desde el punto de vista económico y ambiental, lo que significa que para producir mayores resistencias no es una necesidad de utilizar más aglutinantes. Se encontró también que el aumento en el nivel de cemento y escoria hace que los morteros sean más sensibles a las condiciones de curado de aire.

Gozde Ozerkan, N. et al. (2014), en su artículo “Rendimiento mecánico y durabilidad de morteros reforzados con fibra de palma tratada”, se investiga el rendimiento del mortero de cemento reforzado con porcentajes variables de fibras de palmera de dátiles tratadas para evaluar su viabilidad para aplicaciones estructurales y no estructurales. Los resultados indicaron que la inclusión de fibras mejora las resistencias a la flexión, así como la resistencia al sulfato de las mezclas de mortero. Sin embargo, las fuerzas de compresión del cilindro y el cubo disminuyeron con el aumento de la inclusión de la fibra tratada.

Bilir, T., Gencil, O. y Bekir Topcu, I. (2015), en su artículo “Propiedades de morteros con cenizas volantes como agregado fino”, se observó que el uso de cenizas volantes como agregado fino presenta un nuevo enfoque para consumir gran cantidad de cenizas volantes sin causar cambios significativos en las propiedades de los morteros cuando se utilizó en la proporción de 60-70%.

Santamaría-Vicario, I. et al. (2015), en su artículo “Diseño de morteros de mampostería fabricados simultáneamente con diferentes agregados de escoria de acero”, se diseñaron materiales dosificados con finos de escoria de acero a diferentes niveles de sustitución (25%, 50%, 75% y 100%), empleando mezclas comerciales en las muestras. Los resultados indican que se pueden obtener morteros técnicamente viables para su uso en la construcción, con lo que se consigue la reutilización y valorización de los productos de desecho que de otro modo serían eliminados en vertederos.

2.3. Marco conceptual

2.3.1. Lean Construcción y El PMC

El Lean Construction está basado en la gestión de proyectos de construcción siguiendo los principios de la Mejora Continua (Kaizen) y el Lean Manufacturing. Este método Lean tiene como objetivo la mejora continua, minimizar las pérdidas y maximizar el valor del producto final.

- El Kaizen o la mejora continua:

Es tanto una filosofía como un sistema y metodología destinado a mejorar de manera continua y sistemática todos y cada uno de los aspectos que hacen a los productos, servicios, procesos y sectores de una organización.

El Kaizen forma parte de las antiquísimas tradiciones del Imperio del Sol Naciente, tomó impulso en la actividad empresarial a partir de lo que fue la Revolución Toyota. Ohno, T. (1988).

Posteriormente conocida como el sistema de producción "Just in Time", y actualmente divulgado en Occidente como sistema Lean (Lean Office, Lean Manufacturing, Lean Construction, Lean Healthcare, Lean Six Sigma, Lean Management). Koskela, L. (1992).

- Mejora orientada a los procesos

Sólo mejorando sistemáticamente los procesos es posible generar mejores resultados. Enfocarse en mejorar los resultados dejando a un lado los procesos que los generan es absurdo, sin embargo, hay quienes insisten en esta estrategia.

El pensamiento orientado a los procesos implica conocer en profundidad los diversos procesos tanto productivos, como administrativos, comerciales y de logística, que tienen lugar en la organización, para partiendo de ellos detectar el desperdicio de recursos y adoptar las medidas para su eliminación y prevención. Conocer los procesos es lo que nos permite aplicar a ellos los procesos de mejora continua, de manera tal de hacerlos más eficaces y eficientes.

El PMC (Mejora Continua de Procesos), es un enfoque sistemático que se puede utilizar con el fin de lograr crecientes e importantes mejoras en procesos que proveen productos y servicios a los clientes. Utilizando el PMC, se detallan los procesos y se descubren maneras de mejorarlos. El resultado final, es un medio más rápido, mejor, más eficiente o efectivo para producir un servicio o un producto. Chang, R. (1996).

El modelo SAMME, son las siglas de Seleccionar, Analizar, Medir, Mejorar, Evaluar. Cada fase de este modelo consiste en un paso que lo conducirá a través de un ciclo de PMC. El modelo, se describe a continuación en la Figura N° 11.

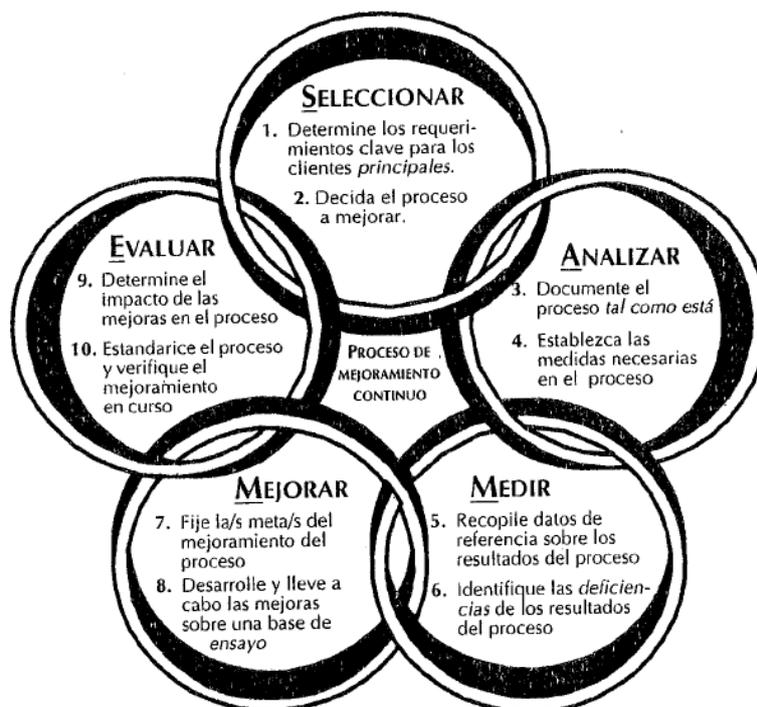


Figura N° 11. Diagrama de Mejora de Procesos. Chang, R. (1996).

2.3.2. El mortero.

El mortero está constituido por una mezcla de aglomerantes y agregado fino a los cuales se añadirá la máxima cantidad de agua que proporcione una mezcla trabajable, adhesiva y sin segregación del agregado de albañilería, se tendrá en cuenta lo indicado en las Normas NTP 399.607 y NTP 399.610 (Norma E070. 2006, pág. 15)

2.3.3. Componentes del mortero.

- a. Los materiales aglomerantes del mortero pueden ser:
 - Cemento Portland o cemento adicionado normalizado y cal hidratada normalizada de acuerdo con las Normas Técnicas Peruanas correspondientes.
- b. El agregado fino será arena gruesa natural, libre de materia orgánica y sales, con las características indicadas en la Tabla N° 1. Se aceptarán otras granulometrías siempre que los ensayos de pilas y muretes proporcionen resistencias según lo especificado en los planos.

Tabla N° 1. Granulometría de la arena media

MALLA ASTM	% QUE PASA
N° 4 (4.75 mm)	100
N° 8 (2.36 mm)	95 a 100
N° 16 (1.18 mm)	70 a 100
N° 30 (0.60 mm)	40 a 75
N° 50 (0.30 mm)	10 a 35
N° 100 (0.15 mm)	2 a 15
N° 200 (0.075 mm)	Menos de 2

Fuente: Norma Técnica E.070.

- No deberá quedar retenido más del 50% de arena entre dos mallas consecutivas.

- El módulo de finura estará comprendido entre 1,6 y 2,5.
 - El porcentaje máximo de partículas quebradizas será: 1 % en peso.
 - No deberá emplearse arena de mar.
- c. El agua será potable y libre de sustancias deletéreas, ácidos, álcalis y materia orgánica.

2.3.4. Clasificación de morteros para fines estructurales.

Los morteros se clasifican en: tipo P, empleado en la construcción de los muros portantes; y NP, utilizado en los muros no portantes. Los componentes del mortero tendrán las proporciones volumétricas (en estado suelto) indicadas en la siguiente Tabla N° 2.

Tabla N° 2. Tipos de Mortero.

TABLA 4				
TIPOS DE MORTERO				
COMPONENTES				USOS
TIPO	CEMENTO	CAL	ARENA	
P1	1	0 a 1/4	3 a 3 1/2	Muros Portantes
P2	1	0 a 1/2	4 a 5	Muros Portantes
NP	1	-	Hasta 6	Muros no Portantes

- a. Se podrán emplear otras composiciones de morteros, morteros con cementos de albañilería, o morteros industriales (embolsado o pre-mezclado), siempre y cuando los ensayos de pilas y muretes (Capítulo 5) proporcionen resistencias iguales o mayores a las especificadas en los planos.
- b. De no contar con cal hidratada normalizada, especificada en el Artículo 6 (6.2a), se podrá utilizar mortero sin cal respetando las proporciones cemento-arena indicadas en la Tabla 4.

Fuente: Norma Técnica E.070.

2.3.5. Tecnología del mortero y clasificación.

La función principal del mortero en la albañilería es adherir las unidades corrigiendo las irregularidades que la misma tiene, así como sellar las juntas contra la penetración del aire y de la humedad.

El mortero básicamente está compuesto por cemento portland tipo I, cal hidratada normalizada, arena media y agua. El cemento y la cal funcionan como aglomerantes, mientras que la arena es un agregado.

La función del cemento es proporcionar resistencia a la mezcla, en tanto que la cal le proporciona trabajabilidad y retentividad (evita que el agua se evapore rápidamente). La función de la arena es proporcionar estabilidad volumétrica a la mezcla, permitiendo el asentado de varias hiladas en una jornada de trabajo; adicionalmente, la arena atenúa la contracción por secado, por lo que se recomienda no usar arena fina y lavar la arena gruesa si ella tuviese mucho polvo. La función del agua es proporcionar trabajabilidad a la mezcla, así como hidratar al cemento.

La norma especifica las proporciones volumétricas de la mezcla, clasificándola con las siglas "P" para su empleo en muros portantes y "NP" para los muros no portantes; en ambos casos, se deja como alternativa emplear cal en el mortero. Esto se observa en la Tabla N° 3.

Tabla N° 3. Proporción para morteros en volumen según NTP – E.070.

Tipo	Cemento	Cal	Arena
P1-C	1	1	4
P2-C	1	1	5
NP-C	1	1	6
P1	1	-	4
P2	1	-	5
NP	1	-	6

Fuente: Norma Técnica E.070.

Es necesario señalar que la norma ASTM C-270 especifica 2 tipos de mortero (M y S) para la construcción de los muros portantes, de manera que el volumen de arena este comprendido entre $2\frac{1}{4}$ y 3 veces de los volúmenes de los aglomerantes (cemento y cal). Como se observa en la Tabla N° 4.

Tabla N° 4. Proporción para morteros en volumen según ASTM C -270.

TIPO	Cemento	Cal	Arena
M	1	$\frac{1}{4}$	2.8 a 3.8
S	1	$\frac{1}{4}$ a $\frac{1}{2}$	2.8 a 4.5

Fuente: ASTM C-270

En cuanto a la adherencia unidad-mortero, ésta se logra cuando los solubles del cemento son absorbidos por la unidad, cristalizándose (como agujas) en sus poros. La adherencia se ve favorecida cuando el mortero penetra en las perforaciones y rugosidades de la unidad, formando una especie de llave de corte entre las hiladas; al respecto, ensayos realizados sobre muretes sujetos a compresión diagonal, indicaron que cuando el mortero se compactó especialmente en cada una de las 18 perforaciones de la unidad (cosa que no es posible realizar en obra), la resistencia al corte se incrementó en 50%.

Por otro lado, es necesario que el mortero se extienda sobre toda la superficie (vertical y horizontal) de la unidad por asentar, para lo cual debe ser trabajable. Una forma práctica de comprobar la extensión del mortero consiste en pegar dos unidades y separarlas después de un minuto, deberá observarse que el mortero cubra toda la superficie de la unidad superior.

Por lo expuesto, es necesario que la unidad tenga una succión adecuada al instante de asentarla, de manera que su superficie se encuentre relativamente seca (para que absorba el cementante del mortero) y su núcleo esté saturado, de modo que la misma unidad sirva para curar al mortero (evita que se agriete al secarse).

En las unidades que deban asentarse en seco (bloques de concreto y ladrillos sílico – calcáreos), se recomienda adicionar 1/2 volumen de cal hidratada y normalizada, para así mejorar la retentividad del mortero.

La Consistencia (Temple o Fluidez) se define como la capacidad que tiene la mezcla de poder discurrir (fluir), o de ser trabajable con el badilejo; en tanto que la retentividad se define como la capacidad que tiene la mezcla para mantener su consistencia, o de continuar siendo trabajable después de un lapso de tiempo.

2.3.6. Clasificación por fines estructurales del ladrillo.

Para efectos del diseño estructural, las unidades de albañilería tendrán las características indicadas en la Tabla N° 5.

Tabla N° 5. Clase de unidad de albañilería para fines estructurales.

CLASE	VARIACIÓN DE LA DIMENSIÓN (máxima en porcentaje)			ALABEO (máximo en mm)	RESISTENCIA CARACTERÍSTICA A COMPRESIÓN f'_b mínimo en MPa (kg/cm^2) área neta
	Hasta 100 mm	Hasta 150 mm	Más de 150 mm		
Ladrillo I	±8	±6	±4	10	4.9 (50)
Ladrillo II	±7	±6	±4	8	6.9 (70)
Ladrillo III	±5	±4	±3	6	9.3 (95)
Ladrillo IV	±4	±3	±2	4	12.7 (130)
Ladrillo V	±3	±2	±1	2	17.6 (180)
Bloque $P^{(1)}$	±4	±3	±2	4	4.9 (50)
Bloque $P^{(2)}$	±7	±6	±4	8	2.0 (20)

Fuente: Norma Técnica E.070.

2.3.7. Resistencia a compresión del concreto en función a edades en días.

La resistencia a compresión se puede definir como la medida máxima de la resistencia a carga axial de especímenes de concreto. Normalmente, se expresa en kilogramos por centímetros cuadrados (kg/cm^2), megapascales (MPa) o en libras por pulgadas cuadradas (lb/pulg^2 o psi) a una edad de 28 días. Un megapascal equivale a la fuerza de un newton por milímetro cuadrado (N/mm^2) o 10.2 kilogramos-fuerza por centímetro cuadrado. Se pueden usar otras edades para las pruebas, pero es importante saber la relación entre la resistencia a los 28 días y la resistencia en otras edades. La resistencia a los 7 días normalmente se estima como 75% de la resistencia a los 28 días y las resistencias a los 56 y 90 días son aproximadamente 10% y 15% mayores que la resistencia a los 28 días, como se puede observar en la Figura N° 12 (Kosmatka et al. 2004 pág. 8).

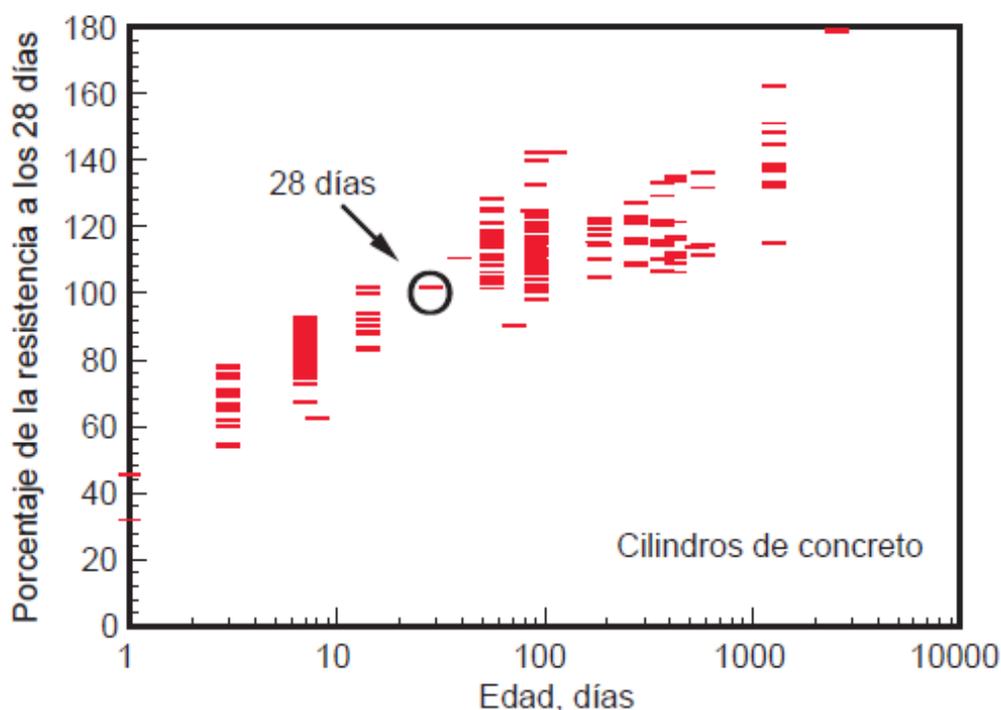


Figura N° 12. Desarrollo de la resistencia a compresión de varios concretos, expresado como porcentaje de la resistencia los 28 días (Lange 1994).

La resistencia a compresión que el concreto logra, f'_c , es función de la relación agua-cemento (o relación agua-materiales cementantes), de cuanto la hidratación ha progresado, del curado, de las condiciones ambientales y de la edad del concreto. La correspondencia entre resistencia y la relación agua-cemento ha sido estudiada desde el final del siglo XIX y principio del siglo XX (Abrams 1918 y Feret 1897).

La Figura N° 13, presenta las resistencias a compresión para una gran variedad de mezclas de concreto y relaciones agua-cemento a los 28 días de edad. Observe que las resistencias aumentan con la disminución de la relación agua-cemento. Estos factores también afectan la resistencia a flexión y la tracción y la adherencia entre concreto y acero.

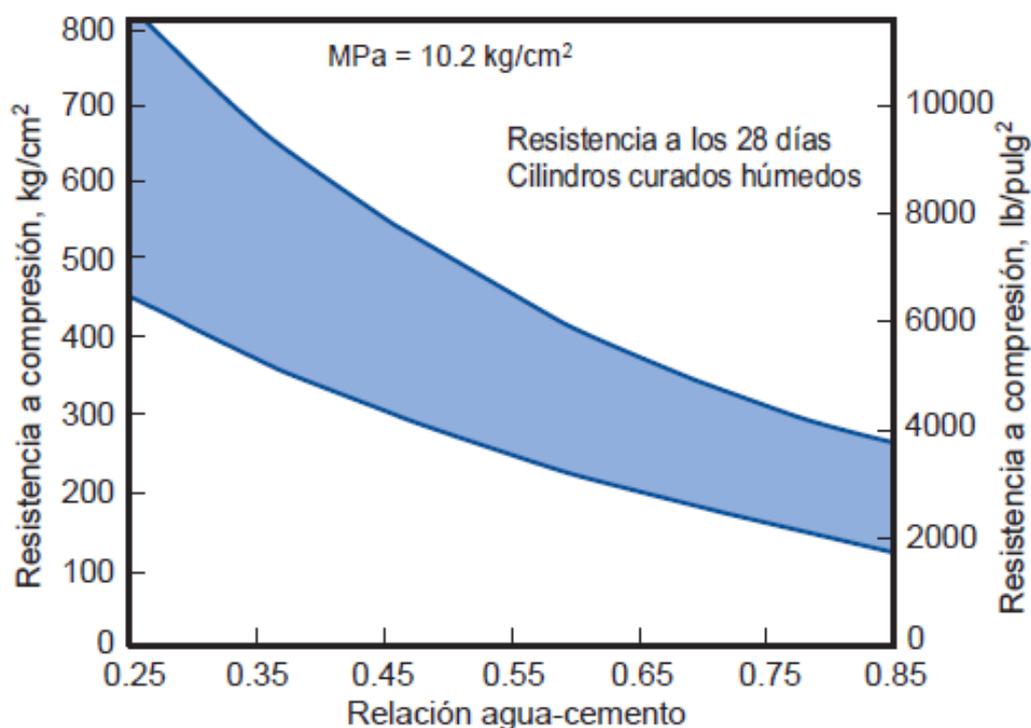


Figura N° 13. Variación de resistencias típicas para relaciones agua-cemento de concreto de cemento portland basadas en más de 100 diferentes mezclas de concreto moldeadas entre 1985 y 1999.

2.3.8. Contenido de cemento y agua con relación al tamaño máximo del agregado de concreto con y sin aire incluido.

El tamaño máximo del agregado grueso influye en la economía del concreto. Normalmente, se requiere más agua y cemento en concretos con agregados gruesos de tamaño máximo menor si es comparado con agregados de tamaño máximo mayor, debido al aumento del área superficial total del agregado (Kosmatka et al. 2004 pág. 109,110).

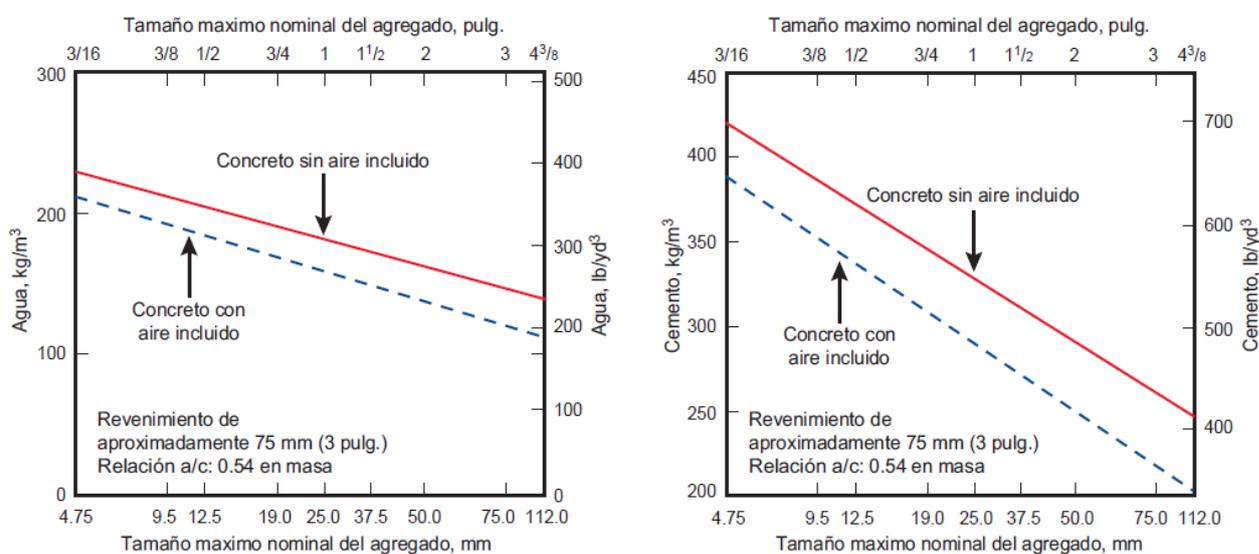


Figura N° 14. Contenidos de cemento y agua con relación al tamaño máximo del agregado de concreto con y sin aire incluido. Se requiere menos cemento y agua en mezclas con agregados gruesos grandes (Bureau of Reclamation 1981).

2.3.9. Cantidad de Especímenes según el diámetro de probetas de mortero.

La cantidad de especímenes a ensayar para el cálculo preciso de resistencias depende del diámetro de las mismas. Según la Tabla N° 6.

Tabla N° 6. Cantidad de especímenes según el diámetro.

DIÁMETRO DE PROBETA (mm)	ESBELTEZ	CANTIDAD DE ESPECÍMENES A ENSAYAR
150	2.0	3
100	2.0	9
50	2.0	27

Fuente: Neville A.M. (1995)

2.4. Definición de términos básicos

Agregado fino: Se define como a aquel agregado proveniente de la desintegración natural o artificial de las rocas, que pasa el Tamiz 9,5 mm (3/8") y queda retenido en el tamiz N° 200, y que cumple con los límites establecidos en la Norma NTP 400.037 (Rivva 2007 pág. 24).

Albañilería: Material estructural compuesto por "unidades de albañilería" asentadas con mortero o por "unidades de albañilería" apiladas, en cuyo caso son integradas con concreto líquido (Norma E070 2006 pág. 17).

Cantera: Son explotaciones mineras, generalmente a cielo abierto, en la que se obtienen materiales industriales para diferentes usos.

Cemento Portland: Es un conglomerante hidráulico, obtenido por la pulverización del clinker, y sin más adición que la piedra de yeso natural, en un porcentaje no superior al 5%, para retrasar el fraguado de los silicatos y aluminatos anhidros, que forman el clinker. Su color es gris, más o menos oscuro, según la cantidad de óxido férrico (Rivva 2004 págs. 30,31).

Cemento Tipo I: El cemento tipo I es un cemento para uso general, apropiado para todos los usos donde las propiedades especiales de otros cementos no sean necesarias. Sus empleos en concreto incluyen pavimentos, pisos, edificios en concreto armado, puentes, tanques, embalses, tubería, unidades de mampostería y productos de concreto prefabricado y precolado (Kosmatka 2004 pág. 30)

Diseño: Metodología que consiste en la descripción de los pasos para obtener un modelo determinado.

Especímenes de mortero: Muestra o ejemplar de un cilindro estándar de mortero. (Neville A M 1995 pág. 151).

Método gráfico: Conjunto de secuencias lógicas, que usan en el proceso un tipo de representación de datos mediante figuras (líneas, planos, vectores y otros).

Mortero: Es una mezcla de aglomerantes y agregado fino a los cuales se añadirá la máxima cantidad de agua que proporcione una mezcla trabajable, adhesiva y sin segregación del agregado (Norma E070 2006 pág. 15).

Optimización: Se define como la acción de mejorar o realizar, actividades, procesos, técnicas. (Real Academia Española 2017).

Resistencia a Compresión: La resistencia a compresión se puede definir como la medida máxima de la resistencia a carga axial de especímenes de concreto. Normalmente, se expresa en kilogramos por centímetros cuadrados (kg/cm²), megapascuales (MPa) o en libras por pulgadas cuadradas (lb/pulg² o psi) a una edad de 28 días (Kosmatka 2004 pág. 8)

Trabajabilidad: Se entiende por trabajabilidad a aquella propiedad del concreto en estado no endurecido, la cual determina su capacidad para ser manipulado, transportado, colocado, y consolidado adecuadamente, con un mínimo de trabajo y un máximo de homogeneidad; así como para ser acabado sin que presente segregación (Rivva 2007 pág. 37).

CAPITULO III

PLANTEAMIENTO DE LA HIPOTESIS

3.1. Hipótesis

Mediante un método gráfico lograremos optimizar, el proceso de la toma de datos de las características de los agregados, la precisión en la dosificación de los materiales y precisión en la obtención del valor de la resistencia.

3.2. Variables

Han sido consideradas en el estudio las siguientes variables dependientes e independientes, las que fueron obtenidas de los materiales con los que se elaboraron los especímenes; así como, el ensayo de resistencia a compresión de los especímenes de mortero.

VARIABLES INDEPENDIENTES

- ✓ Contenido de cemento.
- ✓ Contenido de arena.
- ✓ Contenido de agua.
- ✓ Resistencia a compresión.

VARIABLES DEPENDIENTES

- ✓ Optimización de diseño de morteros.

3.3. Operacionalización / categorización

3.3.1. Definición conceptual de las variables de estudio.

- a. Contenido de cemento: esta variable es la cantidad en peso en la mezcla de mortero que se adiciona a la mezcla de mortero conjuntamente con la arena y el agua.
- b. Contenido de arena: esta variable es la cantidad en peso en la mezcla de mortero que se adiciona a la mezcla de mortero conjuntamente con el cemento y el agua.
- c. Contenido de agua: esta variable es la cantidad en volumen en la mezcla de mortero que se adiciona a la mezcla de mortero conjuntamente con el cemento y la arena.
- d. Resistencia a compresión de los especímenes de mortero ensayados a las edades de 28 y 60 días: esta variable es definida como el máximo esfuerzo a compresión que puede ser soportado por dicho material sin romperse.
- e. Optimización del proceso de diseño de morteros: se define como la mejora de los procesos en el diseño de morteros.

3.3.2. Definición operacional de las variables de estudio.

- a. Contenido de cemento: esta variable ha sido medida en la mezcla de mortero según (1) el contenido de cemento medido en peso que será utilizado en la mezcla para la elaboración de los especímenes de mortero, que nos permitirá tener un espectro de proporciones. (2) la resistencia a compresión de los especímenes que nos indicaría que; a mayor cantidad de cemento, mayor sería el valor de la resistencia a compresión de los especímenes.

- b. Contenido de arena: esta variable ha sido medida en la mezcla de mortero según (1) el contenido de arena medido en peso que será utilizado en la mezcla para la elaboración de los especímenes de mortero, que nos permitirá tener un espectro de proporciones. (2) la resistencia a compresión de los especímenes que nos indicaría que; a mayor cantidad de arena, menor sería el valor de la resistencia a compresión de los especímenes.
- c. Contenido de agua: esta variable ha sido medida en la mezcla de mortero según (1) el contenido de arena medido en volumen que será utilizado en la mezcla para la elaboración de los especímenes de mortero, que nos permitirá tener la relación A/C que cumpla con la característica de que la mezcla tenga una consistencia plástica. (2) la resistencia a compresión de los especímenes que nos indicaría que; a mayor contenido de agua, menor sería el valor de la resistencia a compresión de los especímenes.
- d. Resistencia a compresión de los especímenes de mortero ensayados a las edades de 28 y 60 días: esta variable se midió en unidades de presión (Kg/cm^2) cuyos valores nos permitirán obtener las gráficas Resistencia a compresión vs. Proporción.
- e. Optimización del proceso de diseño de morteros: esta variable se determinará elaborando el cuadro de optimización del proceso de diseño de la investigación utilizando un método gráfico y de la Norma E070, se podrá visualizar cuales son las mejoras que se logran con la utilización del método gráfico.



Figura N° 15. Diagrama optimización del diseño de morteros.

Tabla N° 7. Operacionalización y categorización de los componentes de la hipótesis.

OPTIMIZACIÓN DEL DISEÑO DE MORTEROS CEMENTO – ARENA MEDIANTE UN MÉTODO GRÁFICO EN LA CIUDAD DE CAJAMARCA				
HIPÓTESIS GENERAL	VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL DE LAS VARIABLES	DEFINICIÓN OPERACIONAL DE LAS VARIABLES	
			INDICADORES	FUENTE O INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN
Mediante un método gráfico lograremos optimizar, el proceso de la toma de datos de las características de los agregados, la precisión en la dosificación de los materiales y precisión en la obtención del valor de la resistencia.	Contenido de cemento	Esta variable es la cantidad en peso de cemento que se adiciona a la mezcla de mortero conjuntamente con la arena y el agua.	<ul style="list-style-type: none"> Cantidad en peso (Kg) 	<ul style="list-style-type: none"> Balanza analítica
	Contenido de arena	Esta variable es la cantidad en peso de arena que se adiciona a la mezcla de mortero conjuntamente con el cemento y el agua.	<ul style="list-style-type: none"> Cantidad en peso (Kg) 	<ul style="list-style-type: none"> Balanza analítica
	Contenido de agua	Esta variable es la cantidad en volumen de agua que se adiciona a la mezcla de mortero conjuntamente con el cemento y la arena.	<ul style="list-style-type: none"> Cantidad en volumen (L) 	<ul style="list-style-type: none"> Balanza analítica
	Resistencia a la Compresión	Esta variable es definida como el máximo esfuerzo a compresión que puede ser soportado por dicho material sin romperse.	<ul style="list-style-type: none"> Resistencia (Kg/cm²) 	<ul style="list-style-type: none"> Ensayo de resistencia a compresión. Toma de datos. Procesamiento de datos mediante programas especializados.
	Optimización del proceso de diseño de morteros	Esta variable nos indica la optimización del proceso de diseño de morteros, respecto a la norma E070.	<ul style="list-style-type: none"> Mejora de procesos (optimización) 	<ul style="list-style-type: none"> Cuadro optimización del proceso de diseño de morteros de la tesis y de la norma E070.

CAPITULO IV

MARCO METODOLÓGICO

4.1. Ubicación geográfica

El trabajo de investigación se desarrolló en la Ciudad de Cajamarca, capital de la provincia y del departamento de Cajamarca, se encuentra ubicada en la parte superior Oeste de la cuenca del Río Cajamarquino, margen izquierda del Río Mashcón. Geográficamente se localiza entre las coordenadas 7°09'12" de latitud sur y 78°30'57" de longitud Oeste, a una altitud de 2,750 m.s.n.m.

4.2. Diseño de la investigación

4.2.1. Tipo de investigación.

El presente estudio es una investigación experimental; debido a que, se pretende optimizar el diseño de morteros mediante un método gráfico, que a través de experimentación se elaboraron especímenes de mortero con diferentes dosificaciones cemento – agregado fino, y con una cantidad de agua que haga que la mezcla tenga una consistencia plástica y que al ser ensayadas dichas especímenes se obtendrá datos, éstos datos serán procesados y evaluados cuantitativamente para obtener información que nos ayudará a elaborar gráficas, determinar las mejores opciones respecto a proporción y tipo de cantera y así lograr optimizar el diseño de morteros.

4.2.2. Etapas de investigación.

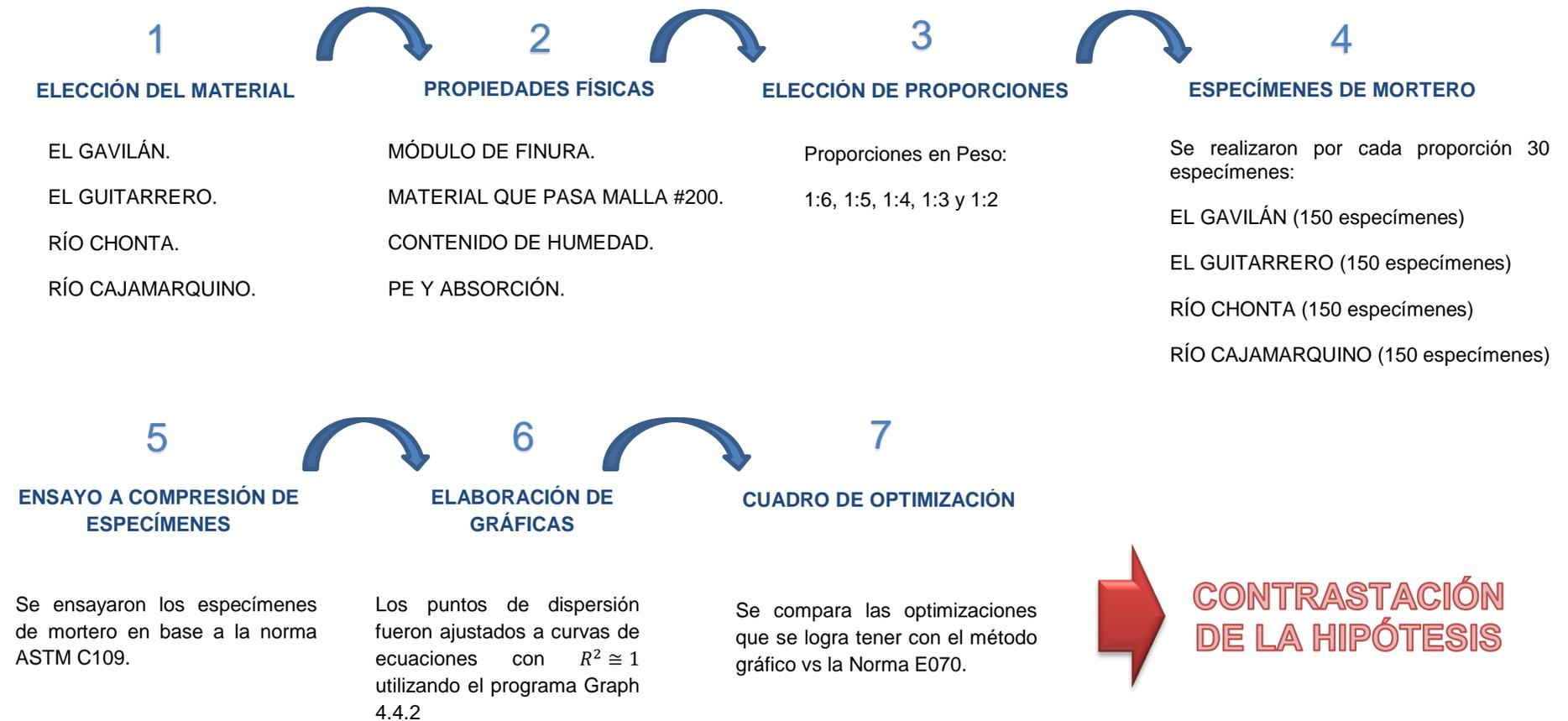


Figura N° 16. Diagrama de flujo de Etapas de investigación.

a. Elección del material

Las canteras seleccionadas son 02 canteras de cerro “El Gavilán” y “El Guitarrero”, y 02 canteras de río “Río Chonta” y “Río Cajamarquino”. El agregado fino ha sido seleccionado mediante el método del cuarteo.

b. Propiedades físicas de la arena

Los estudios de las propiedades físicas de la arena fueron (a) el módulo de finura ¹, (b) el porcentaje de finos que pasa la Malla N° 200 ², (c) contenido de humedad³, (d) peso específico y absorción⁴ y (e) peso unitario suelto seco y peso unitario compactado ⁵; estas propiedades, nos ayudaron a determinar las dosificaciones y definir las características de los agregados de las canteras.

c. Elección de proporciones para la elaboración de los especímenes de mortero

Las proporciones seleccionadas para la elaboración de los especímenes de mortero son: 1:6, 1:5, 1:4, 1:3 y 1:2. Las proporciones se encuentran en unidades de peso.

d. Elaboración de los especímenes de mortero⁶

Para la elaboración de los especímenes de morteros, se elaboraron 30 especímenes por cada tipo de proporción (1:6, 1:5, 1:4, 1:3 y 1:2) y por cada cantera (04); es decir, por cada cantera se ensayaron a los 28 días 150 especímenes de mortero, haciendo un total de **600 especímenes de mortero ensayados**.

¹ NTP 400.012

² NTP 400.018

³ NTP 339.185

⁴ NTP 400.022

⁵ NTP 400.017

⁶ ASTM C305-14

Para la evaluación de la resistencia a edad de 60 días, se elaboraron 05 especímenes por cada tipo de proporción (1:6, 1:5, 1:4, 1:3 y 1:2) y por cada cantera (04); es decir, por cada cantera se ensayaron 25 especímenes, haciendo un total de **100 especímenes de mortero ensayadas**.

e. Ensayo a compresión y obtención de datos de los especímenes de mortero

Los datos de la resistencia de los especímenes de mortero elaborados se obtuvieron mediante las consideraciones para este ensayo de resistencia a compresión que se describen en La Norma ASTM (ASTM C 109, 2012).

f. Elaboración de las gráficas Resistencia vs Proporción

Las gráficas han sido elaboradas con los resultados de los ensayos de resistencia a compresión de los especímenes

g. Elaboración del cuadro de Optimización de procesos del diseño de morteros

Se elaboró un cuadro de Optimización donde se aprecian las mejoras en el proceso de diseño de morteros; para esto, se determinó el proceso de diseño de morteros según la Norma E070 y se comparó con el proceso de diseño de morteros del Método Gráfico que se propone en la tesis.

4.2.3. Estrategias, actividades y procedimientos para la obtención de datos.

Las estrategias utilizadas en las actividades y procedimientos han sido realizadas teniendo en cuenta la Norma Técnica Peruana y las normas ASTM actualizadas a los años 2016 y 2017, los materiales y equipos de laboratorio cuentan con certificados de calibración. El personal técnico que ejecutó los ensayos cuenta con las capacitaciones necesarias.⁷

⁷ Las normas técnicas que se hacen mención en el párrafo se detallan en las Referencias Bibliográficas.

4.2.4. Criterios de selección de las unidades de análisis y observación.

a. Criterio de selección de los materiales de estudio

Se eligió el material de 04 canteras, debido a que la mayor cantidad de mortero se suele elaborar con este material. Del total de canteras por su origen se eligieron 02 canteras de río de origen fluvial-aluvial⁸ y 02 canteras de cerro de origen eluvial⁹. Las canteras son las siguientes:

- Cantera “El Guitarrero”
- Cantera “El Gavilán”
- Cantera “Río Chonta”
- Cantera “Río Cajamarquino”

b. Criterio de selección de las proporciones

Las proporciones se eligieron teniendo en cuenta las usadas en la Norma Técnica E.070. Que va desde una proporción en volumen de 1:6 a una proporción en volumen de 1:2. Debido a esto, se tomó las proporciones en peso de 1:6 hasta 1:2, con un valor de 01 unidad de variación en el valor de la cantidad de arena dentro del intervalo; es decir, los valores de las proporciones en peso son (1:6, 1:5, 1:4, 1:3 y 1:2).

c. Criterio de selección de los especímenes de mortero

Los especímenes de mortero son especímenes cilíndricos normalizadas de 2” (50 mm) de diámetro x 4” (100 mm) de altura, que se describen en La Norma ASTM C 109 (ASTM C 109, 2012).

⁸ Fluvial-Aluvial: Material que ha sido transportado y luego abandonado al disminuir la velocidad de la corriente de agua.

⁹ Eluvial: Material proveniente de la erosión del suelo debido a procesos climáticos.

4.3. Métodos de investigación

El método es experimental debido a que se hace uso de experimentación para la obtención de resultados y deductivo debido a que se miden variables cuantitativas para el procesamiento y obtención de resultados mediante técnicas establecidas.

4.4. Población, muestra, unidad de análisis y unidad de observación

Población:

- La presente investigación al ser un estudio experimental carece de población.

Muestra:

- Morteros elaborados con las Canteras:
 - “El Guitarrero” (150 especímenes)
 - “El Gavilán” (150 especímenes)
 - “Río Chonta” (150 especímenes)
 - “Río Cajamarquino” (150 especímenes)

Las cantidades por cantera han sido establecidas en el diseño de la investigación.¹⁰

Unidad de Análisis:

- Espécimen de mortero.

¹⁰ Las cantidades dependen del diámetro del espécimen a ensayar según Neville A.M. (1995) - Tabla N° 6

4.5. Técnicas e instrumentos de recopilación de información

Se utilizaron dos técnicas:

La técnica de tipo cuantitativo se usó para obtener información de los materiales y los especímenes de mortero, para lo cual se emplearon equipos del Laboratorio de Ensayo de Materiales de la Escuela Académico Profesional de Ingeniería Civil de la Universidad Nacional de Cajamarca, tales como: probetas, balanzas, estufa, tamices, máquina universal de ensayo a compresión, para determinar información como (contenido de humedad, módulo de finura y absorción).

La técnica de tipo cualitativo se usó para obtener información de los materiales a usar para la elaboración de los especímenes de mortero como: (a) la característica de la arena (arena fina, gruesa o media) (b) la característica del agua (dura, blanda, etc.) (c) tipo de cemento (d) consistencia de la mezcla, para dicho propósito se revisará las especificaciones de dichos materiales y ensayos normalizados para determinar sus características.

4.6. Técnicas para el procesamiento y análisis de la información

4.6.1. Análisis estadístico de los resultados.

Los datos obtenidos en los ensayos están sujetos a variaciones, que nos dan una idea del cuidado que se ha tenido en la elaboración de los especímenes y la realización de los ensayos.

Analizando y midiendo las variaciones podemos diferenciar el comportamiento de las resistencias correspondientes a cada una de las proporciones con las que se elaboraron los especímenes a edades de 14, 28 y 60 días. Así como, las resistencias óptimas para su diseño respecto a las canteras en estudio.

4.6.2. Análisis estadístico de la varianza y prueba de Rango Múltiple de Tukey.

Se utilizó el Análisis de Varianza (ANOVA¹¹) ya que es uno de los métodos estadísticos más utilizados y más elaborados en investigación. Se usa para la prueba de hipótesis para dos o más medias poblacionales; de tal manera que en este estudio ha permitido probar si dos o más medias muestrales pertenecen o no a la misma población. Si las medias muestrales tienen diferencia estadística entonces significa que pertenecen a diferentes poblaciones.

Esta prueba se basa en la descomposición de la variación total existente de cada variable cuantitativa en sus componentes llamados fuentes de variabilidad. Para este caso estas fuentes son: canteras¹², la dosificación, canteras & dosificación y error correspondiendo a un diseño experimental llamado “Diseño completamente al azar”, diseño estadístico recomendado para trabajos de laboratorio, como en la presente tesis.

¹¹ ANOVA: Análisis de varianza.

¹² Cantera: Entiéndase como el material que proviene de este lugar. Y que es utilizado en la elaboración de los especímenes de mortero.

Respecto a las Pruebas de Rango Múltiple (PRM) son pruebas estadísticas que permiten conocer la diferencia estadística entre las medias muestrales de los tratamientos que se estudian; por lo tanto, se usan cuando en la tabla de análisis de varianza se encuentra significación estadística en la fuente de variación respectiva. Para nuestro caso se usó la PRM de Tukey (al nivel de 95% de confianza) para la fuente de tratamientos.

Los cálculos del ANOVA y de las pruebas de rango múltiple de Tukey se realizaron utilizando el programa estadístico SAS versión 9.1 (Software de Análisis Estadístico) del año 2016 que sirve para realizar análisis estadísticos y gráficas de estos de datos.

En la Tabla N° 8 y Tabla N° 9, presentamos los estándares de control estadístico de los valores de resistencia a compresión del concreto.

Tabla N° 8. Estándares para el control del concreto a la edad de 28 días (ACI 214-77).

CLASE DE OPERACIÓN	DESVIACIÓN ESTÁNDAR PARA LOS DIFERENTES ESTÁNDARES DE CONTROL (Kg/cm ²)				
	EXCELENTE	MUY BUENO	BUENO	REGULAR	MALO
Construcción en general	Menos de 28.1	28.1 a 35.2	35.2 a 42.2	42.2 a 49.2	Más de 49.2

Tabla N° 9. Estándares de valores del Coeficiente de Variación.

CLASE DE OPERACIÓN	VALORES (%)		
	BUENO	ACEPTABLE	DESECHABLE
Datos obtenidos en laboratorio	0.0 a 10.0	10.0 a 15.0	Más de 15.0

4.6.3. Análisis y elaboración del Gráfico de los datos obtenidos.

Una vez hecho el análisis estadístico se elaboraron las gráficas con la ayuda del programa Graph versión 4.4.2 que ajusta la dispersión de los datos a una curva con un coeficiente de correlación $R^2 \cong 1.0$. Las gráficas han sido elaboradas con las resistencias a compresión de los especímenes con edad de 28 días.

4.6.4. Análisis y elaboración del cuadro de optimización del proceso de diseño de morteros utilizando el método gráfico con respecto a la Norma E070.

Se elaboró un cuadro de flujo de optimización del proceso de diseño de morteros, en el cual se visualiza los pasos del proceso de diseño y la comparación entre la Norma E070 y el método gráfico planteada en la investigación, se hizo una discusión de resultados donde se aprecia las mejoras que se obtienen paso a paso en el proceso de diseño del método gráfico.

4.7. Equipos, materiales, insumos, etc.

4.7.1. Equipos.

a. Máquina Universal

Máquina especializada para el ensayo a compresión axial.



Figura N° 17. Máquina Universal de ensayo a compresión axial.

b. Moldes

Son moldes cilíndricos de 2 pulgadas de diámetro y 4 pulgadas de alto y tapas de 2 pulgadas de diámetro de material PVC.



Figura N° 18. Moldes para la elaboración de especímenes de mortero.

4.7.2. Materiales.

a. Cemento Portland utilizado

El cemento que se empleó para elaborar los tratamientos de concreto de estudio fue Cemento Pacasmayo Tipo I. Una de sus propiedades principales es que presenta mayor resistencia inicial debido a su óptima formulación. El cemento Tipo I desarrolla mayor resistencia a edades tempranas y menores tiempos de fraguado (ASTM C 150, 2012).

Sus aplicaciones son de uso tradicional en la construcción, para emplearse en obras que no requieran propiedades especiales de ningún tipo: Obras de concreto y de concreto armado en general, para estructuras que requieren rápido desencofrado, concreto en clima frío, prefabricados, pavimentos y cimentaciones. En el Anexo I se presenta la ficha técnica del Cemento Portland Tipo I de Cementos Pacasmayo S.A.A.

b. Agua utilizada en la mezcla

El agua empleada en la preparación y curado de los especímenes cilíndricos de mortero fue el agua potable del distrito de Los Baños del Inca, la cual cumple los requisitos de calidad para la elaboración y curado del concreto indicado en la Norma NTP 339.088 (NORMA TÉCNICA PERUANA NTP 339.088, 2014).

c. Agregado fino: El agregado fino se eligió de cuatro canteras, 02 son canteras de río (“Río Chonta” y “Río Cajamarquino”) y 02 son canteras de cerro (“El Guitarrero” y “El Gavilán”).

4.8. Matriz de consistencia metodológica

Tabla N° 10. Matriz de consistencia metodológica.

OPTIMIZACIÓN DEL DISEÑO DE MORTEROS CEMENTO – ARENA MEDIANTE UN MÉTODO GRÁFICO EN LA CIUDAD DE CAJAMARCA								
FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPOTESIS	VARIABLES	DIMENSIONES FACTORES	INDICADORES CUALIDADES	FUENTE O INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS	METODOLOGÍA	POBLACIÓN Y MUESTRA
¿Mediante qué metodología y en qué procesos lograremos optimizar el diseño de morteros cemento – arena en la ciudad de Cajamarca?	Optimizar el proceso del diseño de morteros cemento – arena mediante la propuesta de un método gráfico en la Ciudad de Cajamarca.	Mediante un método gráfico lograremos optimizar el proceso de características del agregado, precisión en la dosificación de los materiales y precisión en la obtención del valor de la resistencia.	Independiente:	Clasificación Según ASTM, Norma E070	- Tipo de Cemento - Kg	- Mediante ensayos de resistencia a compresión a los 28 días de los 600 especímenes de mortero. - Recolección y procesamiento de los datos obtenidos del ensayo a resistencia a compresión. - Cálculos de procesamiento estadístico ANOVA. - Elaboración del cuadro de optimización del diseño de morteros.	El método es deductivo debido a que se miden variables cuantitativas para el procesamiento y obtención de resultados mediante técnicas establecidas.	POBLACIÓN: - La presente investigación al ser un estudio experimental carece de población. MUESTRA: - Morteros elaborados con las Canteras “El Guitarrero”, “El Gavilán”, “Río Chonta” y “Río Cajamarquino” UNIDAD ANALISIS: - Especímenes de mortero
	Determinar las características físico-mecánicas del agregado fino de las canteras en estudio.		Contenido de Cemento.					
	Elaborar los diagramas de f'c vs Proporción de los especímenes de mortero de las canteras e identificar la influencia de las proporciones cemento – arena en el nivel de resistencia.		Contenido de Arena.	Relación A/C	- L - Consistencia - Kg/cm ²			
	Determinar el valor de la optimización de costo de elaboración de mortero por material de cantera para una resistencia del Ladrillo Tipo V.		Contenido de Agua. Resistencia a Compresión.	Normas E070 ASTM C150				
Elaborar un manual de diseño de morteros cemento – arena con el método gráfico propuesto en esta investigación.			Dependiente:	Norma E070	- Porcentaje (%)			

CAPÍTULO V

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1. Presentación de resultados

5.1.1. Módulo de finura.

Tabla N° 11. Módulo de finura de las arenas de las canteras.

CANTERA	MÓDULO DE FINURA (Mf)
Guitarrero	3.076
Gavilán	2.914
Chonta	3.245
Cajamarquino	2.831

Norma: NTP 400.012.

5.1.2. Contenido de humedad.

Tabla N° 12. Contenido de Humedad de las arenas de las canteras.

CANTERA	CONTENIDO DE HUMEDAD (%)
Guitarrero	3.657
Gavilán	4.679
Chonta	3.295
Cajamarquino	2.885

Norma: NTP 339.185.

5.1.3. Material más fino que pasa la Malla N° 200.

Tabla N° 13. Material más fino que pasa la Malla N° 200.

CANTERA	MATERIAL QUE PASA EL TAMIZ N° 200 (%)
Guitarrero	14.87
Gavilán	10.00
Chonta	5.80
Cajamarquino	5.33

Norma: NTP 400.018.

5.1.4. Peso específico de masa, peso específico aparente y absorción.

Tabla N° 14. Peso específico de masa, aparente y absorción.

CANTERA	PESO ESPECÍFICO DE MASA (gr/cm³)	PESO ESPECÍFICO APARENTE (gr/cm³)	ABSORCIÓN (%)
Guitarrero	2.528	2.693	2.431
Gavilán	2.573	2.669	2.291
Chonta	2.622	2.672	1.146
Cajamarquino	2.631	2.689	1.324

Norma: NTP 400.022.

5.1.5. Relación agua / cemento de diseño.

Tabla N° 15. Relación A/C de diseño por proporción.

CANTERA	RELACIÓN A/C POR PROPORCIÓN				
	1:6	1:5	1:4	1:3	1:2
Guitarrero	1.076	0.864	0.796	0.738	0.550
Gavilán	1.062	0.804	0.740	0.707	0.537
Chonta	1.071	0.833	0.669	0.663	0.558
Cajamarquino	1.065	0.805	0.632	0.613	0.543
PROMEDIO	1.0	0.8	0.7	0.6	0.5

Los cálculos se encuentran detallados en el Apéndice 01.

5.1.6. Peso unitario compactado seco y peso unitario suelto seco.

Tabla N° 16. Peso unitario compactado seco y peso unitario suelto seco.

CANTERA	PESO UNITARIO SUELTO SECO (kg/m³)	PESO UNITARIO COMPACTADO SECO (kg/m³)
Guitarrero	1547.865	1707.767
Gavilán	1582.872	1719.850
Chonta	1626.122	1764.569
Cajamarquino	1598.004	1728.094

Norma: NTP 400.017.

5.1.7. Resistencia de los especímenes de mortero a los 28 días.

Tabla N° 17. Resistencia a los 28 días, desviación estándar y coeficiente de variación de la cantera "El Guitarrero".

GUITARRERO					
PROPORCIÓN	1:6	1:5	1:4	1:3	1:2
PROMEDIO (kg/cm^2)	171.46	213.23	253.04	291.40	344.45
DESV. EST.	10.43	11.11	14.84	10.05	14.15
COEF. VAR.	6.08	5.21	5.87	3.45	4.11

Norma: ASTM C109.

Tabla N° 18. Resistencia a los 28 días, desviación estándar y coeficiente de variación de la cantera "El Gavilán".

GAVILAN					
PROPORCIÓN	1:6	1:5	1:4	1:3	1:2
PROMEDIO (kg/cm^2)	178.76	220.95	260.84	307.44	353.03
DESV. EST.	13.31	10.92	8.24	8.46	14.24
COEF. VAR.	7.45	4.94	3.16	2.75	4.03

Norma: ASTM C109.

Tabla N° 19. Resistencia a los 28 días, desviación estándar y coeficiente de variación de la cantera "Río Chonta".

RIO CHONTA					
PROPORCIÓN	1:6	1:5	1:4	1:3	1:2
PROMEDIO (kg/cm^2)	111.03	151.60	192.51	234.11	295.31
DESV. EST.	12.72	14.90	13.35	7.83	12.50
COEF. VAR.	11.45	9.83	6.94	3.34	4.23

Norma: ASTM C109.

Tabla N° 20. Resistencia a los 28 días, desviación estándar y coeficiente de variación de la cantera "Río Cajamarquino".

RIO CAJAMARQUINO					
PROPORCIÓN	1:6	1:5	1:4	1:3	1:2
PROMEDIO (kg/cm^2)	91.93	128.09	170.70	241.92	296.41
DESV. EST.	10.56	11.74	11.97	14.74	13.60
COEF. VAR.	11.49	9.16	7.01	6.09	4.59

Norma: ASTM C109.

5.1.8. Resistencia de los especímenes de mortero a los 60 días.

Tabla N° 21. Resistencia a los 60 días, desviación estándar y coeficiente de variación de la cantera "El Gavilán".

GAVILAN					
PROPORCIÓN	1:6	1:5	1:4	1:3	1:2
PROMEDIO (kg/cm^2)	239.78	270.95	310.87	338.58	361.29
DESV. EST.	23.39	10.39	4.22	13.04	15.20
COEF. VAR.	9.75	3.83	1.36	3.85	4.21

Norma: ASTM C109.

Tabla N° 22. Resistencia a los 60 días, desviación estándar y coeficiente de variación de la cantera "El Guitarrero".

GUITARRERO					
PROPORCIÓN	1:6	1:5	1:4	1:3	1:2
PROMEDIO (kg/cm^2)	242.73	277.87	308.84	337.15	361.19
DESV. EST.	4.74	9.59	10.32	9.47	6.30
COEF. VAR.	1.95	3.45	3.34	2.81	1.75

Norma: ASTM C109.

Tabla N° 23. Resistencia a los 60 días, desviación estándar y coeficiente de variación de la cantera "Río Chonta".

RIO CHONTA					
PROPORCIÓN	1:6	1:5	1:4	1:3	1:2
PROMEDIO (kg/cm^2)	148.10	218.79	237.74	253.63	324.93
DESV. EST.	13.79	9.43	8.63	20.83	11.52
COEF. VAR.	9.31	4.31	3.63	8.21	3.55

Norma: ASTM C109.

Tabla N° 24. Resistencia a los 60 días, desviación estándar y coeficiente de variación de la cantera "Río Cajamarquino".

RIO CAJAMARQUINO					
PROPORCIÓN	1:6	1:5	1:4	1:3	1:2
PROMEDIO (kg/cm^2)	149.73	172.14	238.35	279.50	315.76
DESV. EST.	9.88	12.33	10.16	16.00	20.99
COEF. VAR.	6.60	7.16	4.26	5.73	6.65

Norma: ASTM C109.

5.2. Análisis, interpretación y discusión de resultados

5.2.1. Análisis sobre el módulo de finura.

Se elaboró la gráfica que se observa en la Figura N° 19, de todos los datos obtenidos en el ensayo de módulo de finura de los agregados de todas las canteras con las que se elaboraron los especímenes de mortero.

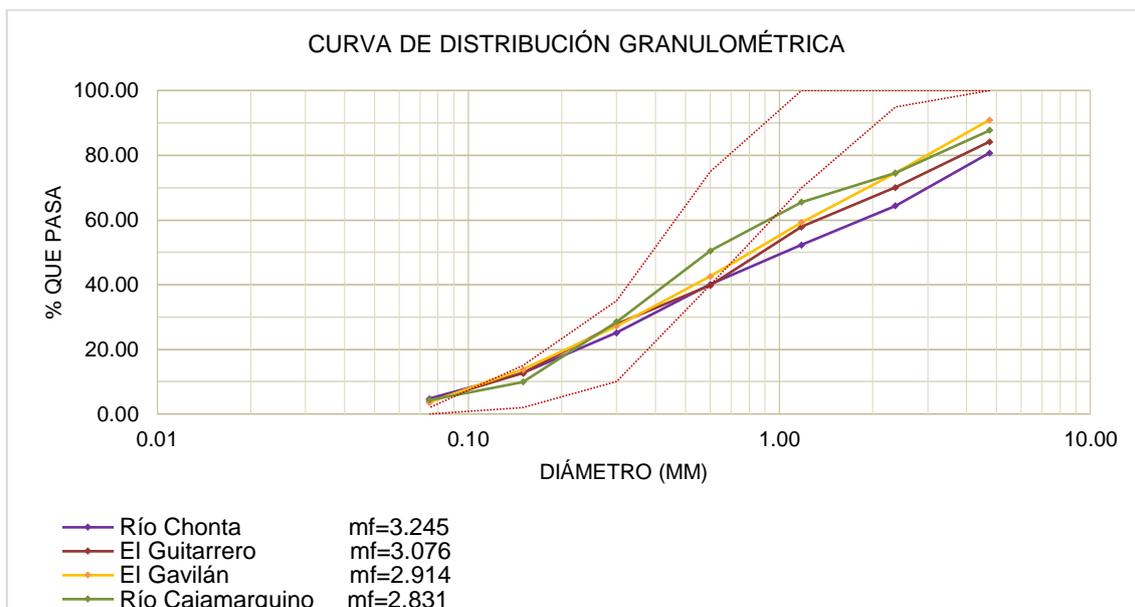


Figura N° 19. Gráfica de las curvas de distribución granulométrica de agregados de las canteras con valores de módulo de finura.

En la Figura N° 19 podemos decir que la Norma E070 nos indica que el valor del módulo de finura debe estar comprendido entre 1.6 – 2.5. Los agregados de las canteras no cumplen con la especificación brindada para la elaboración de morteros.

Sin embargo, si la resistencia de los especímenes cumple con las especificaciones de diseño, se aprueba la granulometría de las arenas.¹³

¹³ Norma E.070 (Pag. 18 de la presente investigación)

5.2.2. Análisis sobre valores de material más fino que pasa la malla N° 200.

Observando la Tabla N° 13, vemos que los valores de mayor a menor son: cantera El Guitarrero (14.87 %), El Gavilán (10.00 %), Río Chonta (5.80 %) y Río Cajamarquino (5.33 %).

Según la Norma E070 establece que las partículas quebradizas no deben exceder el 1% en peso; eso quiere decir, que ninguna de las arenas cumple con lo establecido por la norma. Esto aumentaría la demanda de agua para la mezcla.

5.2.3. Análisis sobre relación A/C ¹⁴(consistencia de la mezcla).

Elaboramos el gráfico de la Figura N° 20, con los datos obtenidos de la Tabla N° 15 que corresponde a la relación A/C promedio de las mezclas de todas las canteras.

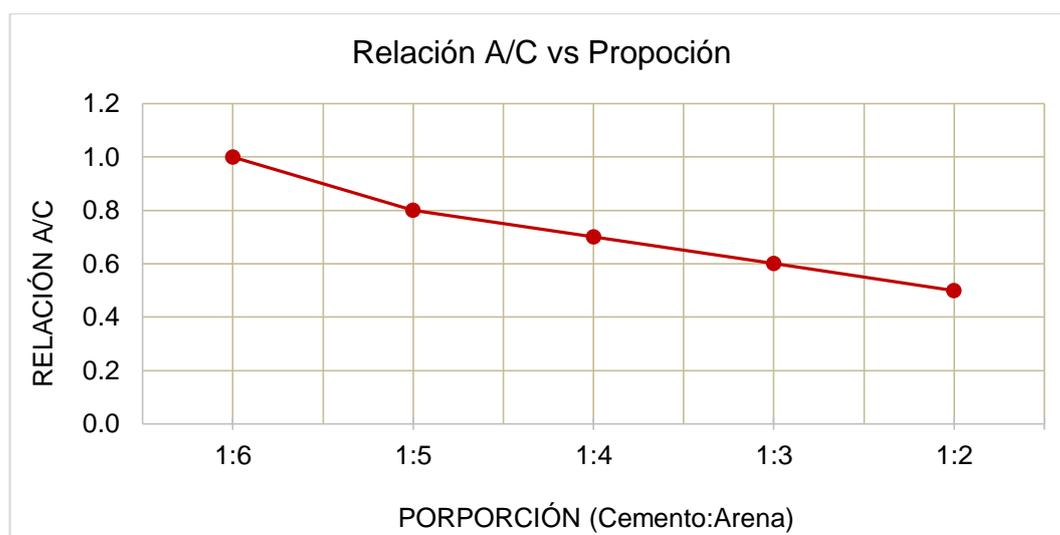


Figura N° 20. Gráfica curva Relación A/C vs Proporción.

De la Figura N° 20 podemos decir que, para valores mayores de proporción se necesita mayor cantidad de agua y para menores valores de proporción se necesitan menores cantidades de agua para mezclado.

¹⁴ A/C: La relación Agua/Cemento que se muestran en los gráficos es la de Diseño.

5.2.4. Análisis desarrollo de la resistencia de los especímenes de mortero a edades de 28 días y 60 días.

De la Tabla N° 21, obtenemos la Figura N° 21 podemos observar el desarrollo de las resistencias de los especímenes de mortero elaborados con material de la cantera “El Gavilán” a edades de 28 días y 60 días.

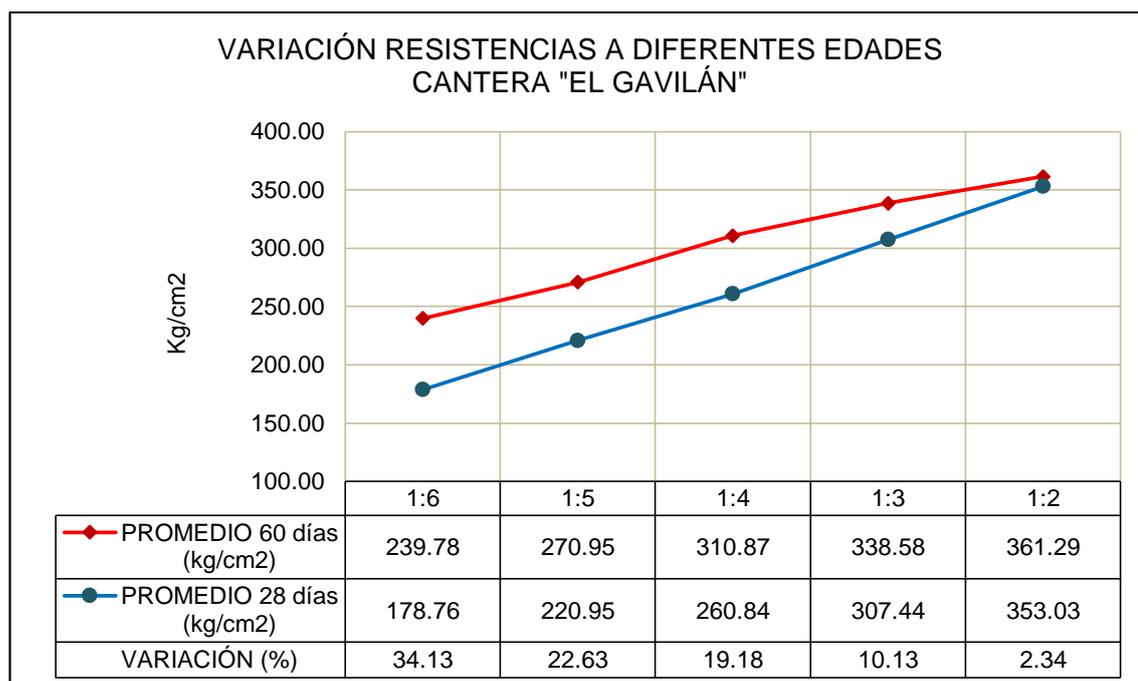


Figura N° 21. Gráfica variación de resistencias a diferentes edades cantera “El Gavilán”.

El desarrollo de los valores de resistencia a compresión a los 60 días y 28 días y la relación entre estas en cada proporción, muestran un comportamiento similar al comportamiento del concreto, por lo que podríamos decir que el desarrollo de las resistencias en las diferentes proporciones tiene un comportamiento normal.

De la Tabla N° 22, obtenemos la Figura N° 22 podemos observar el desarrollo de las resistencias de los especímenes de mortero elaborados con material de la cantera “El Guitarrero” a edades de 28 días y 60 días.

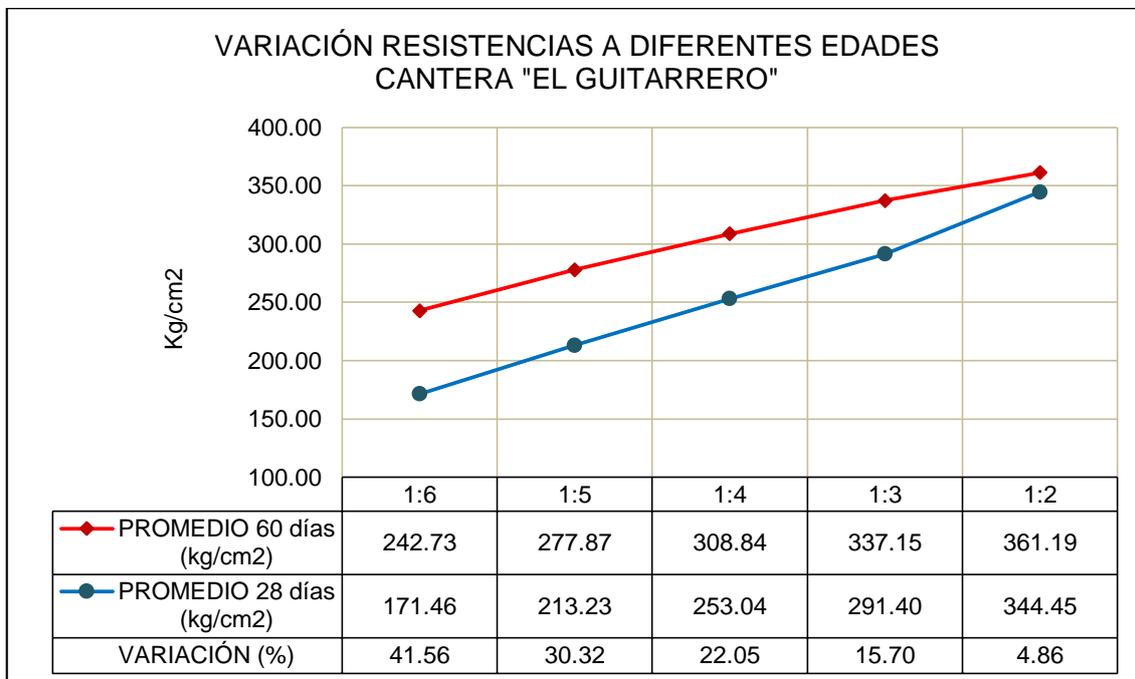


Figura N° 22. Gráfica variación de resistencias a diferentes edades cantera “El Guitarrero”.

El desarrollo de los valores de resistencia a compresión a los 60 días y 28 días y la relación entre estas en cada proporción, muestran un comportamiento similar al comportamiento del concreto, por lo que podríamos decir que el desarrollo de las resistencias en las diferentes proporciones tiene un comportamiento normal.

De la Tabla N° 23, obtenemos la Figura N° 23 podemos observar el desarrollo de las resistencias de los especímenes de mortero elaborados con material de la cantera “Río Chonta” a edades de 28 días y 60 días.

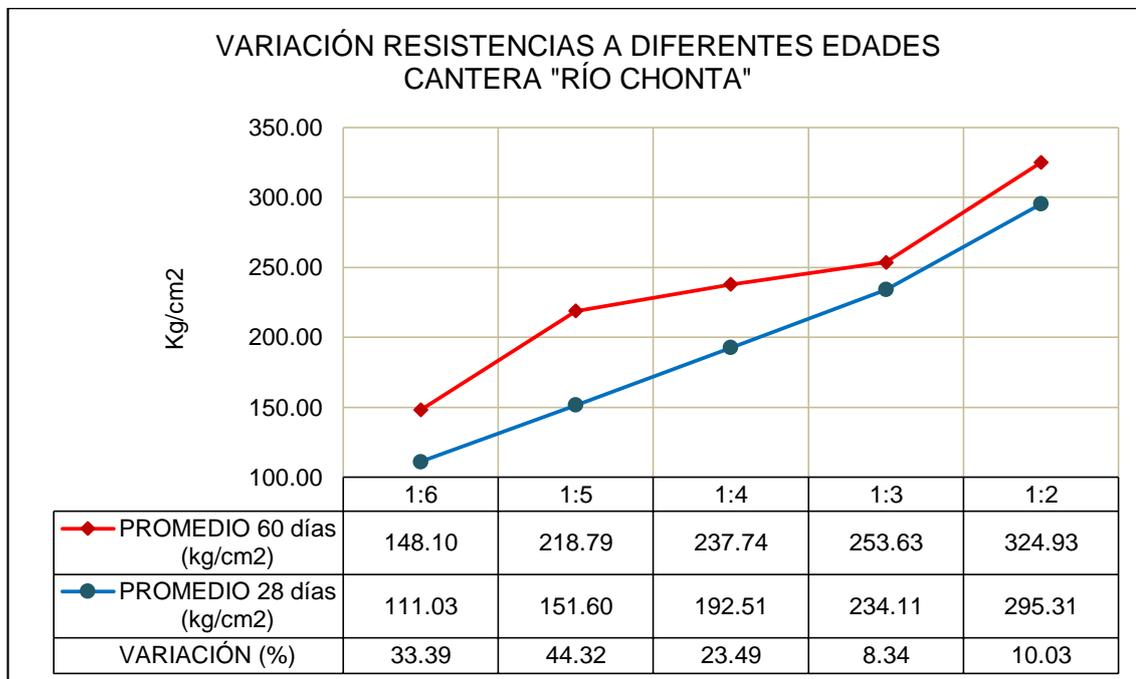


Figura N° 23. Gráfica variación de resistencias a diferentes edades cantera “Río Chonta”.

El desarrollo de los valores de resistencia a compresión a los 60 días y 28 días y la relación entre estas en cada proporción, muestran un comportamiento similar al comportamiento del concreto, por lo que podríamos decir que el desarrollo de las resistencias en las diferentes proporciones tiene un comportamiento normal.

De la Tabla N° 24, obtenemos la Figura N° 24 podemos observar el desarrollo de las resistencias de los especímenes de mortero elaborados con material de la cantera “Río Cajamarquino” a edades de 28 días y 60 días.

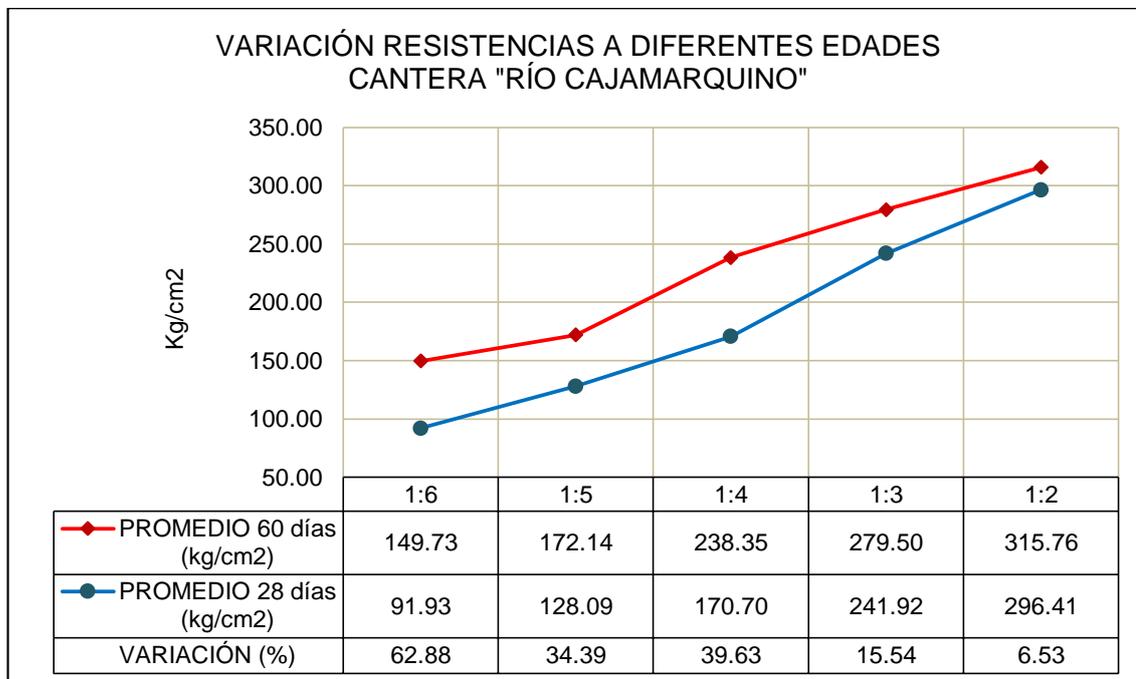


Figura N° 24. Gráfica variación de resistencias a diferentes edades cantera “Río Cajamarquino”.

El desarrollo de los valores de resistencia a compresión a los 60 días y 28 días y la relación entre estas en cada proporción, muestran un comportamiento similar al comportamiento del concreto, por lo que podríamos decir que el desarrollo de las resistencias en las diferentes proporciones tiene un comportamiento normal.

5.2.5. Análisis estadístico o ANOVA de las variables.

Del procesamiento de los valores de resistencia a compresión a los 28 días de los 600 especímenes de mortero en el programa SAS (Software de Análisis Estadístico) versión 9.1 se obtiene los datos que se muestran en la Tabla N° 25.

Tabla N° 25. Análisis de la varianza de las resistencias obtenidas del ensayo de los 600 especímenes elaboradas con los agregados de las cuatro canteras.

FUENTES DE VARIABILIDAD	GRADOS DE LIBERTAD	PROMEDIO DE CUADRADOS	VALOR F	Pr > F
Canteras	3	237221.699	1599.07	<.0001**
Dosificaciones	4	632802.386	4265.62	<.0001**
Canteras & Dosificación	12	2224.506	15.00	<.0001**
Error experimental	580	148.349		
TOTAL	599	-		
PROMEDIO	-	225.4098		
C.V. (%)	-	5.40		

&: operador que relaciona dos o más fuentes de variabilidad.

*: Con significación estadística en el ANOVA ($0.01 < P < 0.05$); **: con alta significación estadística en el ANOVA ($P < 0.01$); ns: sin diferencia estadística en el ANOVA ($P > 0.05$).

En base a la Tabla N° 9, el valor del coeficiente de variación obtenido del análisis de varianza de todos los datos ($CV = 5.4\%$), nos indica que el grado de dispersión de los datos analizados tiene un carácter bueno.

De la Tabla N° 25, podemos decir que al aplicar el Análisis de Varianza (ANOVA), encontramos una alta significación estadística entre las medias de todas las variables sometidas al análisis de varianza: canteras, dosificaciones (no se aplicará Tukey) y la relación canteras & dosificación. Debido a esta importante diferencia estadística se evaluará cada fuente de variabilidad mediante la prueba de rango múltiple (PRM) de Tukey.

- Aplicación del método de Tukey para la fuente variable de Canteras.

Tabla N° 26. Agrupación de información de resistencia de los especímenes de mortero a 28 días con la variable de Canteras, según el método de Tukey y una confianza del 95%.

CANTERA	NÚMERO DE REPETICIONES	PROMEDIO (kg/cm ²)	AGRUPACIÓN (*)
El Gavilán	150	264.21	A
El Guitarrero	150	254.72	B
Río Chonta	150	196.91	C
Río Cajamarquino	150	185.81	D

*: Letras iguales en la columna no presentan diferencias estadísticas. PRM de Tukey, probabilidad de 95%.

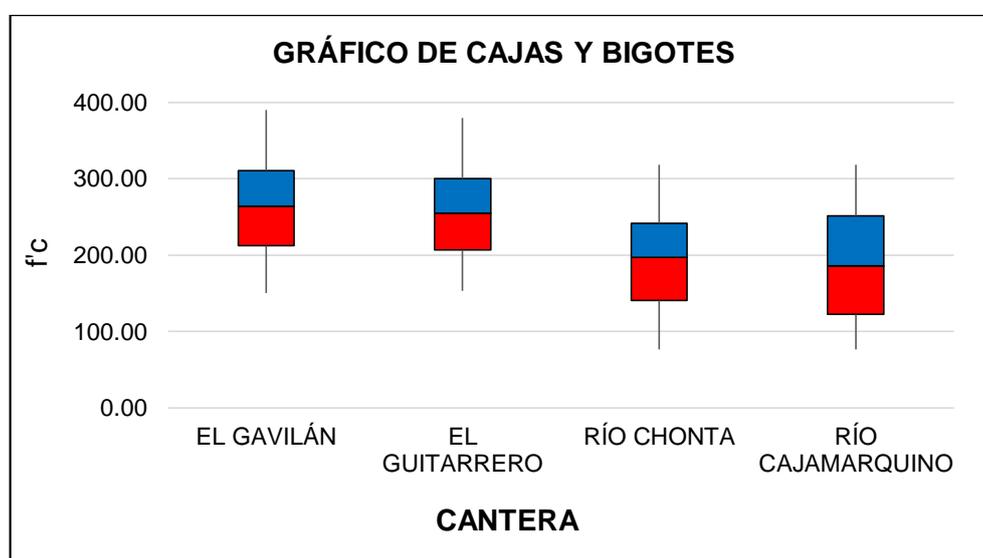


Figura N° 25. Gráfico de Cajas y Bigotes de resistencia con la variable de canteras.

En la Tabla N° 26 y la Figura N° 25, observamos que en la agrupación respecto a las resistencias, las canteras son todas diferentes estadísticamente y que el que presenta un valor de resistencia a compresión más alta es la cantera de El Gavilán con 264.21 kg/cm²; le sigue la cantera de El Guitarrero con 254.72 kg/cm²; luego la cantera Río Chonta con 196.91 kg/cm² y finalmente la cantera Río Cajamarquino con 185.81 kg/cm².

- Aplicación del método de Tukey para la fuente variable de Canteras & Dosificación.

Tabla N° 27. Agrupación de información de Canteras & Dosificación 1:6 de los especímenes de mortero ensayadas a 28 días, según el método de Tukey y una confianza del 95%.

CANTERA	NÚMERO DE REPETICIONES	PROMEDIO (kg/cm ²)	AGRUPACIÓN (*)
El Gavilán	30	178.76	A
El Guitarrero	30	171.46	B
Río Chonta	30	111.03	C
Río Cajamarquino	30	91.93	D

*: Letras iguales en la columna no presentan diferencias estadísticas. PRM de Tukey, probabilidad de 95%.

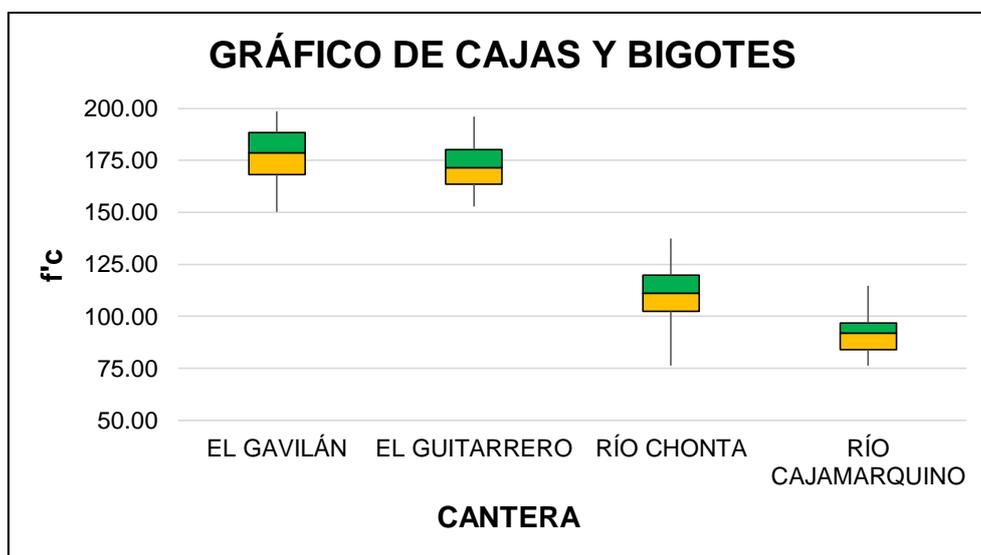


Figura N° 26. Gráfico de Cajas y Bigotes de resistencia con la variable Cantera & Dosificación 1:6.

En la Tabla N° 27 y la Figura N° 26, observamos que en la agrupación canteras & Dosificación 1:6, son todas diferentes estadísticamente y que el que presenta un valor de resistencia a compresión más alta es la cantera de El Gavilán con 178.76 kg/cm²; le sigue la cantera de El Guitarrero con 171.46 kg/cm²; luego la cantera Río Chonta con 111.03 kg/cm² y finalmente la cantera Río Cajamarquino con 91.93 kg/cm².

Tabla N° 28. Agrupación de información de Canteras & Dosificación 1:5 de los especímenes de mortero ensayadas a 28 días, según el método de Tukey y una confianza del 95%.

CANTERA	NÚMERO DE REPETICIONES	PROMEDIO (kg/cm ²)	AGRUPACIÓN (*)
El Gavilán	30	220.95	A
El Guitarrero	30	213.23	B
Río Chonta	30	151.60	C
Río Cajamarquino	30	128.09	D

*: Letras iguales en la columna no presentan diferencias estadísticas. PRM de Tukey, probabilidad de 95%.

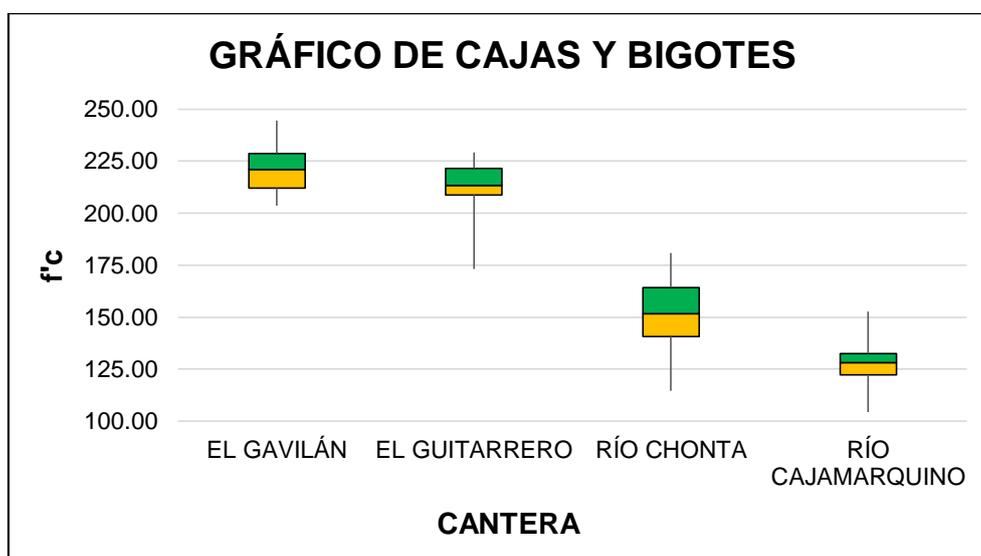


Figura N° 27. Gráfico de Cajas y Bigotes de resistencia con la variable Cantera & Dosificación 1:5.

En la Tabla N° 28 y la Figura N° 27, observamos que en la agrupación canteras & Dosificación 1:5, son todas diferentes estadísticamente y que el que presenta un valor de resistencia a compresión más alta es la cantera de El Gavilán con 220.95 kg/cm²; le sigue la cantera de El Guitarrero con 213.23 kg/cm²; luego la cantera Río Chonta con 151.60 kg/cm² y finalmente la cantera Río Cajamarquino con 128.09 kg/cm².

Tabla N° 29. Agrupación de información de Canteras & Dosificación 1:4 de los especímenes de mortero ensayadas a 28 días, según el método de Tukey y una confianza del 95%.

CANTERA	NÚMERO DE REPETICIONES	PROMEDIO (kg/cm ²)	AGRUPACIÓN (*)
El Gavilán	30	260.84	A
El Guitarrero	30	253.04	B
Río Chonta	30	192.51	C
Río Cajamarquino	30	170.70	D

*: Letras iguales en la columna no presentan diferencias estadísticas. PRM de Tukey, probabilidad de 95%.

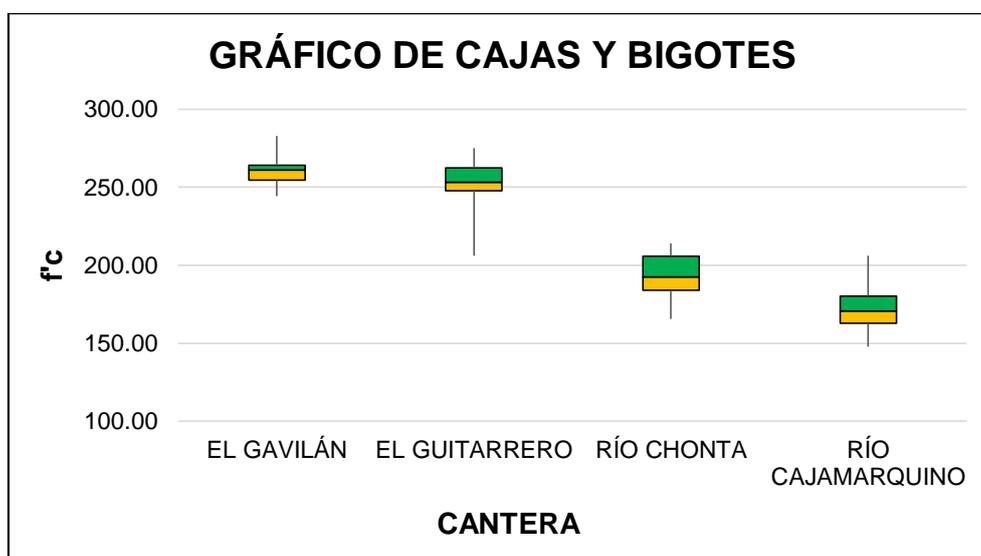


Figura N° 28. Gráfico de Cajas y Bigotes de resistencia con la variable Cantera & Dosificación 1:4.

En la Tabla N° 29 y la Figura N° 28, observamos que en la agrupación canteras & Dosificación 1:4, son todas diferentes estadísticamente y que el que presenta un valor de resistencia a compresión más alta es la cantera de El Gavilán con 260.84 kg/cm²; le sigue la cantera de El Guitarrero con 253.04 kg/cm²; luego la cantera Río Chonta con 192.51 kg/cm² y finalmente la cantera Río Cajamarquino con 170.70 kg/cm².

Tabla N° 30. Agrupación de información de Canteras & Dosificación 1:3 de los especímenes de mortero ensayadas a 28 días, según el método de Tukey y una confianza del 95%.

CANTERA	NÚMERO DE REPETICIONES	PROMEDIO (kg/cm ²)	AGRUPACIÓN (*)
El Gavilán	30	307.44	A
El Guitarrero	30	291.40	B
Río Cajamarquino	30	241.92	C
Río Chonta	30	234.11	D

*: Letras iguales en la columna no presentan diferencias estadísticas. PRM de Tukey, probabilidad de 95%.

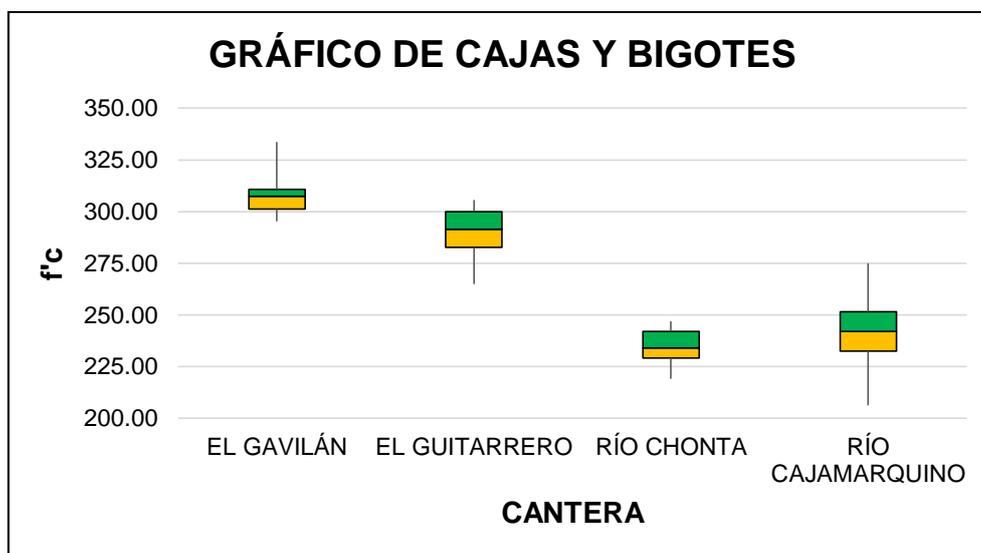


Figura N° 29. Gráfico de Cajas y Bigotes de resistencia con la variable Cantera & Dosificación 1:3.

En la Tabla N° 30 y la Figura N° 29, observamos que en la agrupación canteras & Dosificación 1:3, son todas diferentes estadísticamente y que el que presenta un valor de resistencia a compresión más alta es la cantera de El Gavilán con 307.44 kg/cm²; le sigue la cantera de El Guitarrero con 291.40 kg/cm²; luego la cantera Río Cajamarquino con 241.92 kg/cm² y finalmente la cantera Río Chonta con 234.11 kg/cm².

Tabla N° 31. Agrupación de información de Canteras & Dosificación 1:2 de los especímenes de mortero ensayadas a 28 días, según el método de Tukey y una confianza del 95%.

CANTERA	NÚMERO DE REPETICIONES	PROMEDIO (kg/cm ²)	AGRUPACIÓN (*)
El Gavilán	30	353.03	A
El Guitarrero	30	344.45	B
Río Cajamarquino	30	296.41	C
Río Chonta	30	295.31	C

*: Letras iguales en la columna no presentan diferencias estadísticas. PRM de Tukey, probabilidad de 95%.

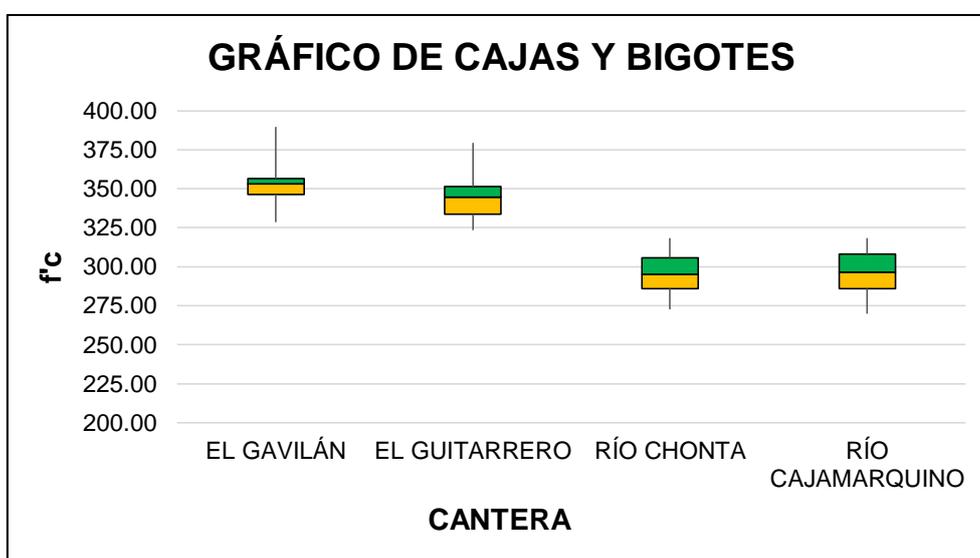


Figura N° 30. Gráfico de Cajas y Bigotes de resistencia con la variable Cantera & Dosificación 1:2.

En la Tabla N° 31 y la Figura N° 30, observamos que en la agrupación canteras & Dosificación 1:2, son todas diferentes estadísticamente excepto las canteras de río que son estadísticamente iguales. El que presenta un valor de resistencia más alta es la cantera de El Gavilán con 353.03 kg/cm²; le sigue la cantera de El Guitarrero con 344.45 kg/cm², finalmente las que tienen el mismo valor estadístico, la cantera Río Cajamarquino con 296.41 kg/cm² y la cantera Río Chonta con 295.31 kg/cm².

5.2.6. Análisis gráficos f_c vs proporción de todas las canteras.

Con los datos obtenidos de los ensayos a compresión de los especímenes de mortero de todas las canteras (ver Apéndice 01) y de las gráficas de las curvas Resistencia a Compresión vs Proporción (ver Apéndice 03), se obtiene la Figura N° 31.

De la Figura N° 31 observamos que la gráfica de la cantera El Gavilán presenta valores más altos de resistencia, le sigue la cantera El Guitarrero, luego la cantera el Río Chonta y después la cantera el Río Cajamarquino. Los morteros fabricados con material de las canteras de cerro a comparación de las canteras de río presentan valores más altos.

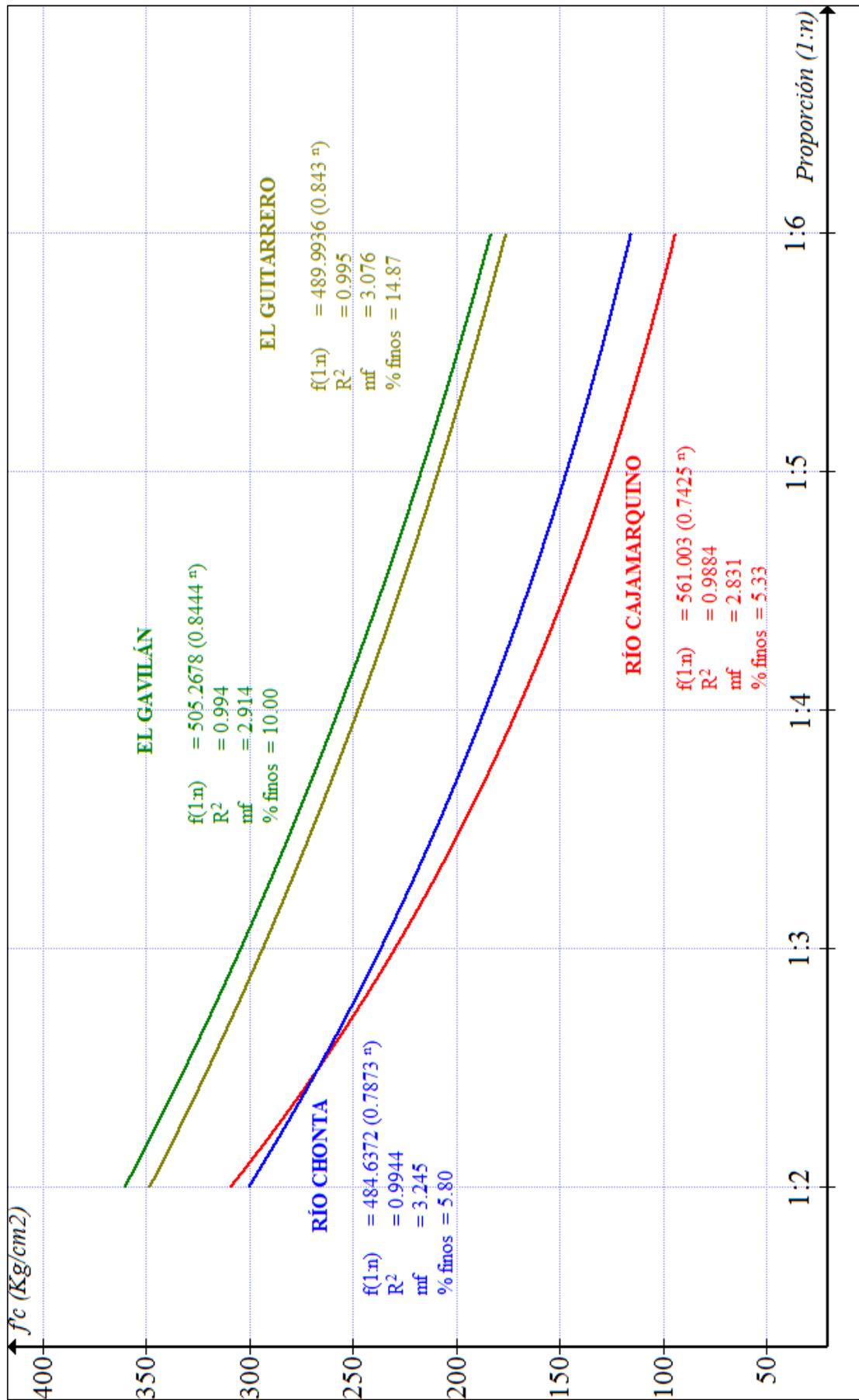


Figura N° 31. Gráfica $f'c$ vs Proporción de las canteras.

5.2.7. Análisis comparación gráficos resistencia a compresión de especímenes de mortero con ladrillo Tipo IV y ladrillo Tipo V.

Elaboramos la Figura N° 32 con la adición de los valores de resistencia del Ladrillo Tipo IV ($f'_b = 130 \text{ kg/cm}^2$) y del Ladrillo Tipo V ($f'_b = 180 \text{ kg/cm}^2$).

De la gráfica de la Figura N° 32, podemos observar que la curva del agregado de la cantera El Gavilán con una proporción de 1:6 es capaz de alcanzar las resistencias de los ladrillos; de la misma forma la cantera El Guitarrero con una proporción de 1:6 es capaz de alcanzar las resistencias de los ladrillos; la cantera del Río Chonta logra alcanzar las resistencias de los ladrillos en el intervalo de 1:5 a 1:4; de la misma forma la cantera Río Cajamarquino logra alcanzar las resistencias del ladrillo en sus intervalos de 1:5 a 1:4.

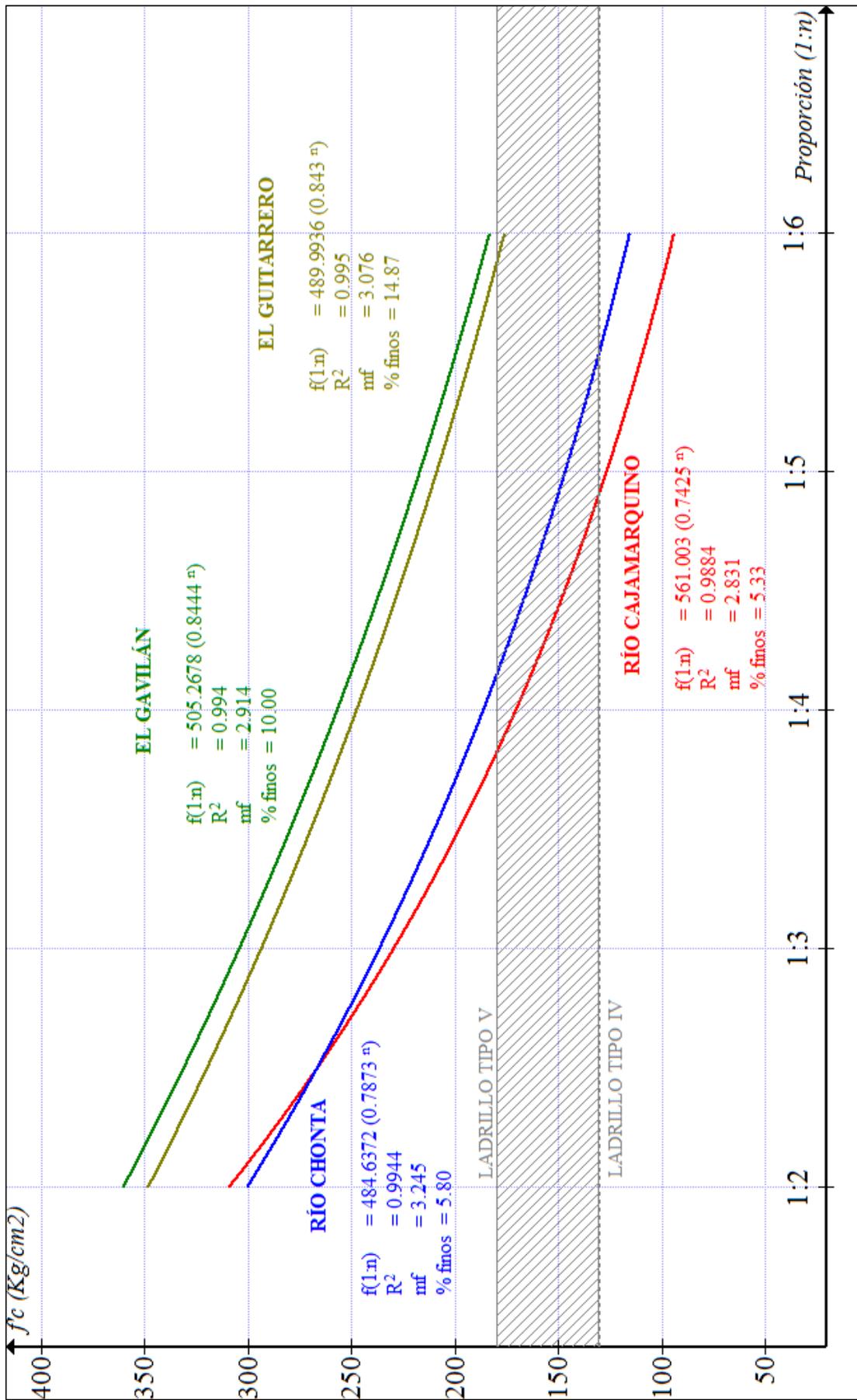


Figura N° 32. Gráfica f'_c vs Proporción y Ladrillos Tipo V y Tipo IV.

5.2.8. Análisis optimización de costo de elaboración de mortero por material de cantera y resistencia requerida para un ladrillo Tipo V.

La Tabla N° 32, ha sido elaborada con los datos del Apéndice 02 y se muestra a continuación:

Tabla N° 32. Valores de optimización de costos de elaboración de mortero por material de cantera.

CANTERA	NORMA E070		OPTIMIZACIÓN
	COSTO MATERIAL DE CERRO	COSTO MATERIAL DE RÍO	
	142.13	167.03	
EL GAVILÁN	130.41	-	8.24%
EL GUITARRERO	130.52	-	8.17%
RÍO CHONTA	-	193.06	NO PRESENTA
RÍO CAJAMARQUINO	-	199.80	NO PRESENTA

Fuente: Propia.

Analizando la Tabla N° 32, observamos que para los costos de elaboración de mortero con el material de cerro a comparación de lo que establece la Norma E070, se tiene una optimización del 8.24 % para la cantera El Gavilán y de 8.17 % para la cantera El Guitarrero. Para las canteras de Río no aplica la optimización en costos debido a que se necesitaría una mayor cantidad de cemento para alcanzar dicha resistencia; sin embargo, existe una optimización en la precisión de alcanzar la resistencia.

5.2.9. Análisis y elaboración del cuadro de optimización del diseño de morteros mediante un método gráfico.

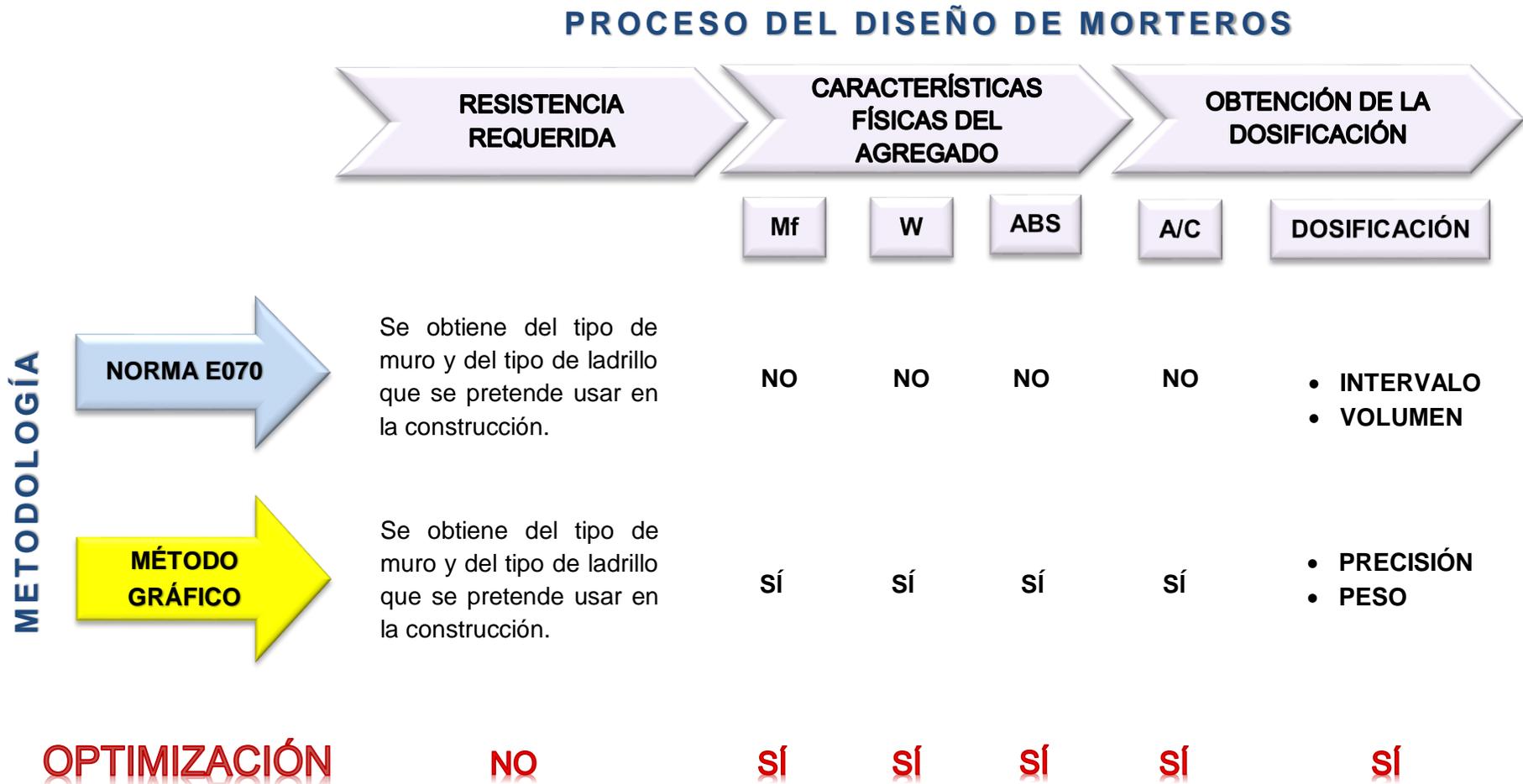


Figura N° 33. Diagrama proceso de optimización del diseño de morteros.

Haciendo el análisis del cuadro de optimización podemos decir que:

1. RESISTENCIA REQUERIDA

La resistencia requerida se obtiene del tipo de muro y tipo de ladrillo que se utilizará en la albañilería, como se puede apreciar en la Tabla N° 5, tanto la Norma E070 como el método gráfico utilizan el mismo procedimiento, por lo que podemos decir que no existe mejora ya que se mantiene igual.

2. TOMA DE DATOS EN LAS CARACTERÍSTICAS DEL AGREGADO

- **MÓDULO DE FINURA (M_f):** La norma E070 no tiene en cuenta el módulo de finura debido a que su diseño es general, es decir, para cualquier tipo de cantera, el método gráfico es exclusivo para las canteras en estudio, por lo que si se ha evaluado esta característica del agregado.
- **CONTENIDO DE HUMEDAD (W):** La norma E070 no tiene en cuenta el contenido de humedad para el diseño de morteros, el método gráfico para la elaboración de la gráfica si se tuvo en cuenta el contenido de humedad para la elaboración de las mezclas, por lo tanto, el método gráfico incluye esta característica en el diseño de morteros.
- **ABSORCIÓN (ABS):** La norma E070 no tiene en cuenta la absorción para el diseño de morteros, el método gráfico para la elaboración de la gráfica si se tuvo en cuenta el contenido de humedad para la elaboración de las mezclas, por lo tanto, el método gráfico incluye esta característica en el diseño de morteros.

3. OBTENCIÓN DE LA PROPORCIÓN

- **RELACIÓN A/C:** La norma E070 no tiene en cuenta la relación A/C, por lo tanto, no precisa características de consistencia de la mezcla de mortero. En el método gráfico se cuenta con relaciones A/C para cada proporción que le dan consistencia plástica con la característica de trabajabilidad a la mezcla.
- **PRECISIÓN EN EL VALOR DE LA DOSIFICACIÓN:** De la norma E070, obtenemos valores de dosificaciones expresadas en intervalos, por ejemplo, para muros portantes nos recomienda utilizar dosificaciones cemento:arena en volumen (1:3 hasta 1:5), esto genera imprecisiones, es antieconómico debido a que no hay un control en la cantidad de materiales, e ineficiente debido a que no se conoce cuál será la resistencia estimada del mortero. Utilizando el método gráfico eliminamos esas características que nos da la Norma E070, optimizando así el diseño de morteros.
- **DOSIFICACIÓN EN PESO:** En la norma E070, se tienen proporciones expresadas en volumen, esto es anti-técnico (no se mide la humedad de la arena) y antieconómico (el control de materiales es deficiente). Utilizando el método gráfico se obtiene proporciones en peso, mejorando todas las ineficiencias en la Norma E070.

5.3. Contrastación de Hipótesis

Tabla N° 33. Contrastación de la hipótesis del estudio.

HIPÓTESIS	RESULTADOS	CONCLUSIÓN
<p>Mediante un método gráfico lograremos optimizar, el proceso de la toma de datos de las características de los agregados, la precisión en la dosificación de los materiales y precisión en la obtención del valor de la resistencia.</p>	<p>En el cuadro de optimización, observamos que logramos mejorar el proceso de diseños de morteros cemento - arena en los procesos de características de los agregados, en el método gráfico tiene en cuenta esos datos para el diseño lo cual no pasa con la Norma E070, en la precisión en la obtención de la dosificación de los materiales y en la precisión en la obtención del valor de la resistencia, el método gráfico nos brinda un dato preciso y con las proporciones en peso, lo cual no sucede con la Norma E070.</p>	<p>Se concluye que, mediante la utilización de del método gráfico, logramos tener una optimización en la toma de datos de las características de los agregados, en la precisión al obtener la dosificación de materiales y optimización en la precisión al obtener el valor de la resistencia.</p>

Fuente: Propia.

CAPÍTULO VI

6.1. Propuesta: Manual para el Diseño de Morteros.

PROPUESTA: MANUAL PARA EL DISEÑO DE MORTEROS CEMENTO – ARENA CON EL MÉTODO GRÁFICO

El siguiente manual describe el proceso para el diseño de morteros cemento – arena con el método gráfico propuesto en esta investigación.

A. CONDICIONES PARA EL DISEÑO:

Las condiciones para el correcto diseño son:

1. El material tiene que ser exclusivamente de las canteras utilizadas en esta investigación.
2. El material tendrá que pasar en un 100% la malla 3/8”.
3. El cemento utilizado para la elaboración de morteros tendrá que ser Cemento Pacasmayo Tipo I.

B. PROCESO DE DISEÑO:

PASO 01: Determinación de la Resistencia.

En este paso se determinará la resistencia que se desee alcanzar según el ladrillo a utilizar para la construcción del muro de albañilería.

PASO 02: Utilización de gráficas propuestas en la Tesis.

Una vez obtenida la resistencia que se desea alcanzar, el valor es ingresado a las gráficas, de las cuales obtenemos la dosificación en peso.

PASO 03: Relación A/C

Cuando se ha determinado el valor de la dosificación, se procederá a la obtención a la relación A/C de diseño. Dependiendo del valor de la dosificación, se tendrá que interpolar los valores de la relación A/C.

Para eso se deberá ingresar a las tablas que se tienen en esta investigación, las cuales se detallan a continuación:

- Cantera “El Gavilán” (Tabla N° 40, Pág. 83)
- Cantera “El Guitarrero” (Tabla N° 60, Pág. 95)
- Cantera “Río Chonta” (Tabla N° 80, Pág.107)
- Cantera “Río Cajamarquino” (Tabla N° 100, Pág. 119)

PASO 04: Mezcla y comprobación de resultados

Una vez obtenidos la dosificación y la relación A/C, se procede a realizar el mezclado, teniendo en cuenta las siguientes condiciones:

- La cantidad de agua que se adicione a la mezcla será suficiente para que tenga la cualidad de trabajabilidad.
- La resistencia obtenida al momento de ensayar los especímenes, estarán dentro de los parámetros estadísticos mostrados en esta investigación.

6.2. Costos de implementación de la propuesta

En la Tabla N° 34, se muestran los costos de implementación de la propuesta para la optimización del diseño de morteros cemento – arena mediante un método gráfico.

Tabla N° 34. Costos de implementación de la propuesta.

ITEM	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	SUB TOTAL
Elaboración del Plan	Glb	1.00	1,000.00	1,000.00
Difusión del Plan	Glb	1.00	500.00	500.00
Implementación del Programa	Glb	1.00	2,000.00	2,000.00
Ejecución y producción del programa	Glb	1.00	500.00	500.00
COSTO DIRECTO				4,000.00
GASTOS GENERALES				3,000.00
TOTAL				7,000.00

6.3. Beneficios que puede aportar el método propuesto

El beneficio que puede aportar esta propuesta es que, utilizando el método gráfico para el diseño de morteros, lograremos tener precisión en resistencias requeridas y dosificaciones específicas, adecuadas para los requerimientos que se desee construir en la albañilería, tendremos eficiencia en la utilización de los materiales, favoreciendo en la economía y requerimientos del constructor.

CONCLUSIONES

1. Se logró optimizar el diseño de morteros cemento – arena mediante la propuesta de un método gráfico en la Ciudad de Cajamarca, en la toma de datos de las Características de los agregados, en la precisión para la Obtención de la dosificación, y en la precisión para la determinación del valor de la resistencia.
2. Se logró elaborar los gráficos $f'c$ vs Proporción de los especímenes de mortero de cada una de las canteras, obteniéndose, los valores promedios de la cantera “El Gavilán” ($1:6= 178.76 \frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2}$; $1:5= 220.95 \frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2}$; $1:4= 260.84 \frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2}$; $1:3= 307.44 \frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2}$ y $1:2= 353.03 \frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2}$), “El Guitarrero” ($1:6= 171.46 \frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2}$; $1:5= 213.23 \frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2}$; $1:4= 253.04 \frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2}$; $1:3= 291.40 \frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2}$ y $1:2= 344.45 \frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2}$), “Río Chonta” ($1:6= 111.03 \frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2}$; $1:5= 151.60 \frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2}$; $1:4= 192.51 \frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2}$; $1:3= 234.11 \frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2}$ y $1:2= 295.31 \frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2}$) y “Río Cajamarquino” ($1:6= 91.93 \frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2}$; $1:5= 128.09 \frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2}$; $1:4= 170.70 \frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2}$; $1:3= 241.92 \frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2}$ y $1:2= 296.41 \frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2}$).
3. En la optimización de costo de elaboración de mortero por material de cantera respecto a la Norma E070, concluimos que para los morteros elaborados con material de cerro presentan un valor de optimización del 8.24 % para la cantera “El Gavilán” y de 8.17 % para la cantera “El Guitarrero”. Para los morteros elaborados con material de las canteras de Río, no presenta una optimización en costo.
4. Se elaboró un manual de diseño de morteros cemento – arena con el método gráfico, el cual explica el proceso para llegar a diseñar morteros con las gráficas elaboradas en esta tesis.

RECOMENDACIONES Y/O SUGERENCIAS

Desde el punto de vista empresarial y social

1. Se recomienda a las empresas que explotan las canteras en estudio, hacer uso, de éste nuevo conocimiento, para que implemente este nuevo proceso de diseño y dosificación de morteros, esto generará nuevos ingresos y nuevos productos a la población en general.
2. A los ingenieros, maestros de obra, y población en general, se recomienda utilizar estos conocimientos en las construcciones de albañilería que puedan realizar, para optimizar materiales y costos.

Desde el punto de vista de profundización de la investigación

1. La investigación utiliza agregados de las canteras de cerro “El Guitarrero” y “El Gavilán” y las canteras de río “Río Chonta” y “Río Cajamarquino, según el análisis estadístico aplicado en la investigación se demuestra que los resultados son exclusivos para estas canteras, por lo que se recomienda realizar investigaciones que incluyan a la mayor cantidad de canteras de Cajamarca.
2. El cemento que se utilizó ha sido el Cemento Pacasmayo Tipo I que, según la ficha técnica, se utiliza para construcciones en general, se recomienda la utilización de otros tipos de cementos y ver las variaciones que se puedan presentar en los niveles de resistencia y otras características físico - químicas.
3. Los parámetros utilizados en la investigación ha sido la cantidad de material y la cantidad de cemento que se evaluó en proporciones, se recomienda utilizar otros parámetros como el módulo de finura y variación de la consistencia (A/C).

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ABRAMS, D. A. 1918. *Design of Concrete Mixtures (Diseño de Mezclas de Concreto)*, Lewis Institute, Structural Materials Research Laboratory, Bulletin No. 1, PCA LS001.
2. AMERICAN CONCRETE INSTITUTE. 2002. *ACI 214R-02*. USA: Evaluation of Strength Test Results of Concrete Reported by ACI Committee 214.
3. AMERICAN CONCRETE INSTITUTE. 2008. *ACI 318S-08 (Spanish Edition)*. USA: Requisitos de Reglamento para Concreto Estructural (ACI 318S-05) y Comentario.
4. ASTM INTERNACIONAL. 2008. *ASTM C305-14*. USA: Práctica Normalizada para la mezcla mecánica de cementos hidráulicos y morteros de consistencia plástica.
5. ASTM INTERNATIONAL. 2012. *ASTM C 109*. USA: Método de ensayo estándar para la resistencia a la compresión de morteros de cemento hidráulicos.
6. ASTM INTERNATIONAL. 2012. *ASTM C 117-03*. USA: Método de Ensayo Normalizado para Materiales Más Finos que una Criba No. 200 (75 μm) en Agregados Minerales Mediante Lavado.
7. ASTM INTERNATIONAL. 2012. *ASTM C 144-03*. USA: Especificación estándar para Agregado para mortero de mampostería.
8. ASTM INTERNATIONAL. 2012. *ASTM C 150*. USA: Especificaciones estándar para cementos portland.
9. BILIR, T., GENCEL, O. y BEKIR TOPCU, I. 2015. *Properties of mortars with fly ash as fine aggregate*. Informe final de Investigación. Turkey.
10. BUREAU OF RECLAMATION. 1981. *Concrete Manual (Manual del Concreto)*, 8th ed., U.S. Bureau of Reclamation, Denver.
11. CHANG, R. 1996. *Mejora Continua de Procesos*. California. Ediciones Gránica. California (USA).
12. FATHOLLAH SAJEDI, HASHIM ABDUL RAZAK, HILMI BIN MAHMU y PAYAM SHAFIGH. 2011. *Relationships between compressive strength of cement-slag mortars under air and water curing regimes*. Tehran (Irán).

13. FERET, R. 1897. *Etudes Sur la Constitution Intime Des Mortiers Hydrauliques (Estudios sobre la Constitución Íntima de los Morteros Hidráulicos)*”, Bulletin de la Societe d’Encouragement Pour Industrie Nationale, 5th Series, Vol. 2, Paris.
14. INDECOPI. 2003. *NORMA TÉCNICA PERUANA NTP 399.607*. 1ra edición, Lima, Perú: UNIDADES DE ALBAÑILERIA. Especificación normalizada de agregados para mortero de albañilería.
15. INDECOPI. 2008. *NORMA TÉCNICA PERUANA NTP 400.011*. 1ra edición, Lima, Perú: AGREGADOS. Definición y clasificación de agregados para uso en morteros y hormigones (concretos).
16. INDECOPI. 2011. *NORMA TÉCNICA PERUANA NTP 400.017*. 1ra edición, Lima, Perú: AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para determinar la masa por unidad de volumen o densidad (“Peso Unitario”) y los vacíos en los agregados.
17. INDECOPI. 2013. *NORMA TÉCNICA PERUANA NTP 339.185*. 1ra edición, Lima, Perú: AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para contenido de humedad total evaporable de agregados por secado.
18. INDECOPI. 2013. *NORMA TÉCNICA PERUANA NTP 400.012*. 1ra edición, Lima, Perú: AGREGADOS. Análisis granulométrico del agregado fino, grueso y global.
19. INDECOPI. 2013. *NORMA TÉCNICA PERUANA NTP 400.018*. 1ra edición, Lima, Perú: AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para determinar materiales más finos que pasan por el tamiz normalizado 75 μm (N°200) por lavado en agregados.
20. INDECOPI. 2013. *NORMA TÉCNICA PERUANA NTP 400.022*. 1ra edición, Lima, Perú: AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para peso específico y absorción del agregado fino.
21. INDECOPI. 2014. *NORMA TÉCNICA PERUANA NTP 339.088*. 1ra Edición, Lima, Perú: CONCRETO. Agua de mezcla utilizada en la producción de concreto de cemento Portland. Requisitos.
22. INDECOPI. 2016. *NORMA TÉCNICA PERUANA NTP 334.009*. 1ra edición, Lima, Perú: CEMENTOS. Cemento Pórtland. Requisitos.
23. INEI. 2015. *INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA E INFORMÁTICA*. Encuesta Nacional de Hogares 2001-2015.
24. KOSKELA, L. 1992. *Aplication of the new production philosophy to construction*. Technical report #72. Stanford: Stanford University.

25. KOSMATKA, S. et al. 2004. *Diseño y Control de Mezclas de Concreto*. Illinois, (EE.UU.). Portland Cement Association.
26. LANGE, D. 1994. *Long-Term Strength Development of Concrete (Desarrollo de la Resistencia del Concreto a Largo Plazo)*. USA. Portland Cement Association.
27. LEÓN CONSUEGRA, L., VÁZQUEZ RODRÍGUEZ, A. y TORRES FUENTES, M. 2012. *Estudio del surgimiento y desarrollo de los morteros en la construcción*. Informe final de Investigación. Matanzas (Cuba).
28. MINISTERIO DE VIVIENDA. 2006. *Componentes de la Albañilería. Artículo 6. Mortero*. Norma Técnica Peruana E.070. Perú: Ministerio de Vivienda.
29. MINISTERIO DE VIVIENDA. 2006. *NORMA TÉCNICA E.070*. 1ra edición, Lima, Perú: ALBAÑILERÍA.
30. NEVILLE, A. M. 1995. *Properties of Concrete*. 3ra edición, USA.
31. OHNO, T. 1988. *Toyota production system*. Japón.
32. RIVERA LOPEZ, G. 1989. *Concreto Simple*. Universidad de Cauca. Cauca (Colombia).
33. RIVVA LÓPEZ, E. 2004. *Naturaleza y Materiales del Concreto*. Lima (Perú). Instituto de la Construcción y Gerencia.
34. RIVVA LÓPEZ, E. 2007. *Diseño de Mezclas*. Lima (Perú). Instituto de la Construcción y Gerencia.
35. SALAMANCA CORREA, R. 1984. *Dosificación de Morteros, diseño de mezclas de mortero*. Proyecto de grado para optar el título de Ingeniero Civil. Bogotá (Colombia): Universidad Nacional.
36. SALAZAR, A. 1985. *Un método Empírico para el proporcionamiento de mezclas de Cemento Portland para Albañilería*. Informe final de Investigación. Colombia: Universidad del Valle. Facultad de Ingeniería.
37. SÁNCHEZ DE GUZMÁN, D. 1986. *Tecnología del Concreto y del Mortero*. Bogotá (Colombia). Pontificia Universidad Javeriana.

38. SANTAMARÍA-VICARIO, I., RODRÍGUEZ, A., GUTIÉRREZ GONZÁLEZ, S. y CALDERÓN, V. 2015. *Design of masonry mortars fabricated concurrently with different steel slag aggregates*. Informe final de Investigación. Burgos (Spain).
39. TAFUR, E. y NARRO, V. 2006. *Vulnerabilidad Sísmica en la Ciudad de Cajamarca*. Universidad de Cajamarca. Tesis. Cajamarca (Perú).
40. VÁZQUEZ, A. 2012. *Evaluación de los diseños de morteros con cemento PP-25, arena y polvo de piedra, 71 h*. Universidad de Matanzas Camilo Cienfuegos. Tesis. Matanzas (Cuba).

APÉNDICE 01: CÁLCULO DEL ANÁLISIS FÍSICO DE LOS AGREGADOS Y
RESULTADOS VALORES DE RESISTENCIA

I. CANTERA "EL GAVILÁN"

i. MODULO DE FINURA

Tabla N° 35. Cálculo del módulo de finura del agregado fino de la cantera "El Gavilán".

TAMIZ ASTM		P.R.	% P.R.	% P.R.A.	% QUE PASA
Numero	Abertura (mm)				
#4	(4,75 mm)	131.00	9.03	9.03	90.97
#8	(2,36 mm)	237.00	16.34	25.38	74.62
#16	(1,18 mm)	222.00	15.31	40.69	59.31
#30	(0,60 mm)	242.00	16.69	57.38	42.62
#50	(0,30 mm)	223.00	15.38	72.76	27.24
#100	(0,15 mm)	195.00	13.45	86.21	13.79
#200	(0,075 mm)	148.00	10.21	96.41	3.59
Bandeja		52.00	3.59	100.00	0.00
TOTAL		1450.00	100.00		

Módulo de Finura = 2.914

Norma: NTP 400.012.

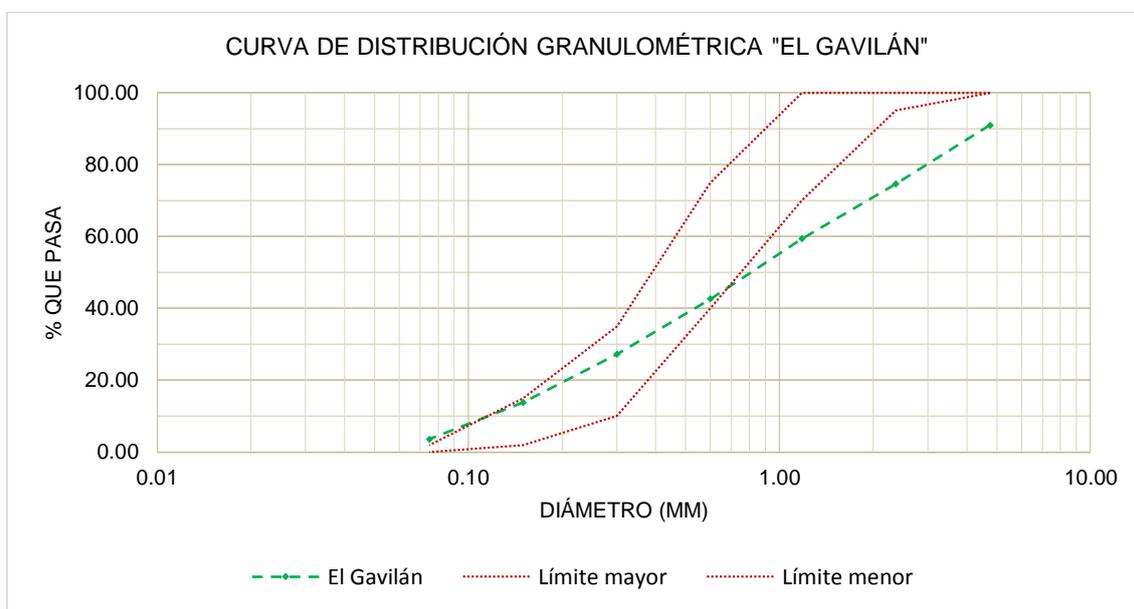


Figura N° 34. Curva de distribución granulométrica del agregado fino de la cantera "El Gavilán".

ii. CONTENIDO DE HUMEDAD

Tabla N° 36. Cálculo del contenido de humedad del agregado fino de la cantera "El Gavilán".

CONTENIDO DE HUMEDAD DEL AGREGADO FINO			
MUESTRA	1	2	3
PESO DE TARA (gr)	90.00	92.00	93.00
PESO DE TARA + MUESTRA HÚMEDA (gr)	1537.00	1888.00	2017.00
PESO DE TARA + MUESTRA SECA (gr)	1473.00	1805.00	1933.00
CONTENIDO DE HUMEDAD	4.628	4.845	4.565
PROMEDIO w%	4.679		

Normas: NTP 339.185, ASTM C71 y MTC E 203-2000.

iii. MATERIAL QUE PASA LA MALLA N° 200

Tabla N° 37. Material que pasa la malla N° 200 de la cantera "El Gavilán".

ENSAYO N°	1	2	3
Peso seco de la muestra original (gr.)	500.00	500.00	500.00
Peso seco de la muestra lavada (gr.)	450.00	449.00	451.00
Peso de material que pasa el tamiz N° 200 (gr.)	50.00	51.00	49.00
% de material que pasa el tamiz N° 200	10.00%	10.20%	9.80%
PROMEDIO	10.00%		

Norma: NTP 400.018.

iv. PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN

Tabla N° 38. Cálculo del peso específico de masa del agregado fino de la cantera "El Gavilán".

ENSAYO	1°	2°	3°
$W_{\text{agregado SSS}}$ (gr)	500.07	500.16	500.11
W_{fiola} (gr)	157.07	157.07	157.07
$W_{\text{agregado + fiola}}$ (gr)	654.70	654.70	654.70
$W_{\text{fiola + agregado + agua}}$ (gr)	962.75	962.97	962.79
$V_a = V_{\text{agua añadida}}$ (cm ³)	305.61	305.74	305.61
W_{tara} (gr)	88.00	89.00	91.00
$W_{\text{tara + muestra seca}}$ (gr)	577.00	577.60	579.80
$W_o = W_{\text{Muestra Seca}}$ (gr)	489.00	488.60	488.80
Peso específico de masa (gr/cm ³)	2.572	2.574	2.572
PROMEDIO	2.573		

Norma: NTP 400.022.

Tabla N° 39. Cálculo de la absorción y del peso específico aparente del agregado fino de la cantera "El Gavilán".

ENSAYO	1°	2°	3°	PROMEDIO
W ₀ =Peso en el aire de la muestra secada al horno (gr)	489.00	488.60	488.80	488.80
V=Volumen del frasco (cm ³)	500.00	500.00	500.00	500.00
V _a =Peso en gr o volumen del agua añadida al frasco (gr)	305.61	305.74	305.61	305.65
a. Peso específico de masa Pem = W ₀ /(V - V _a)	2.516	2.515	2.515	2.515
b. Peso específico de masa saturada con superficie seca P _{esss} = 500/(V - V _a)	2.572	2.574	2.572	2.573
c. Peso específico aparente P _{ea} = W ₀ /((V - V _a) - (500 - W ₀))	2.666	2.672	2.668	2.669
d. Absorción Abs = ((500 - W ₀)/W ₀) * 100	2.249	2.333	2.291	2.291

Norma: NTP 400.022.

v. RELACIÓN AGUA / CEMENTO DE DISEÑO

$$W \% = 4.679$$

$$Abs \% = 2.291$$

$$W - Abs = 2.388$$

Tabla N° 40. Cálculo de la relación A/C de diseño por proporción para la elaboración de especímenes con agregado de la cantera "El Gavilán".

PROPORCIÓN	1:6	1:5	1:4	1:3	1:2
Arena Seca (Kg)	10.200	11.500	10.000	10.200	8.000
Cemento (Kg)	1.700	2.100	2.500	3.400	4.000
Agua Efectiva (L)	1.550	1.400	1.600	2.150	1.950
Arena Húmeda (L)	10.677	12.038	10.468	10.677	8.374
Agua Diseño (L)	1.805	1.687	1.850	2.405	2.150
A/C Diseño	1.062	0.804	0.740	0.707	0.537

vi. PESO UNITARIO COMPACTADO Y PESO UNITARIO SUELTO SECO

Tabla N° 41. Cálculo del peso específico del agua.

CÁLCULO DEL PESO ESPECÍFICO DEL AGUA	
Peso de fiola + agua (gr)	658.00
Peso de fiola (gr)	160.00
Peso de agua (gr)	498.00
Volumen fiola (cm ³)	500.00
Peso específico=W/V (gr/cm ³)	1.00
P.e. (kg/m³)	996.00

Norma: NTP 400.017.

Tabla N° 42. Cálculo del factor (f).

CÁLCULO DEL FACTOR (f)	
Peso específico del agua (kg/m ³)	996.00
Peso del Cilindro + vidrio (kg)	4.760
Peso del Cilindro + vidrio + Agua (kg)	7.700
Peso Agua (Pagua)=	2.940
f (L/m³) =	338.776

Norma: NTP 400.017.

Tabla N° 43. Cálculo del peso unitario suelto seco del agregado fino de la cantera "El Gavilán".

ENSAYO	1°	2°	3°
Peso del recipiente (kg)	3.884	3.884	3.884
Peso del recipiente + muestra (kg)	8.544	8.566	8.559
Peso de muestra (kg)	4.660	4.682	4.675
f	338.776	338.776	338.776
PUSS (kg/m³)	1578.694	1586.147	1583.776
Peso Unitario Suelto promedio (kg/m³)	1582.872		

Norma: NTP 400.017.

Tabla N° 44. Cálculo del peso unitario compactado del agregado fino de la cantera "El Gavilán".

ENSAYO	1°	2°	3°
Peso del recipiente (kg)	3.884	3.884	3.884
Peso del recipiente + muestra (kg)	8.955	8.966	8.961
Peso de muestra (kg)	5.071	5.082	5.077
f	338.776	338.776	338.776
PUC (kg/m³)	1717.931	1721.657	1719.963
Peso Unitario Compactado promedio (kg/m³)	1719.850		

Norma: NTP 400.017.

vii. ENSAYO DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN A LOS 28 DÍAS

PORPORCIÓN 1:6

Tabla N° 45. Cálculo del Promedio, Desviación Estándar y Coeficiente de Variación de las resistencias a compresión de los especímenes de la cantera "El Gavilán" en proporción 1:6 a los 28 días.

CODIGO	DIMENSIONES		ÁREA (cm ²)	PESO (gr)	CARGA ÚLTIMA (kg)	RESISTENCIA (kg/cm ²)
	ALTO (cm)	DIAMETRO (cm)				
GA01	10.00	5.00	19.63	448	3800	193.53
GA02	10.00	5.00	19.63	456	3100	157.88
GA03	10.00	5.00	19.63	454	3300	168.07
GA04	10.00	5.00	19.63	464	3050	155.34
GA05	10.00	5.00	19.63	472	3700	188.44
GA06	10.00	5.00	19.63	476	3500	178.25
GA07	10.00	5.00	19.63	460	3500	178.25
GA08	10.00	5.00	19.63	454	3250	165.52
GA09	10.00	5.00	19.63	472	3850	196.08
GA10	10.00	5.00	19.63	490	3250	165.52
GA11	10.00	5.00	19.63	478	3300	168.07
GA12	10.00	5.00	19.63	452	3500	178.25
GA13	10.00	5.00	19.63	454	3350	170.61
GA14	10.00	5.00	19.63	462	3600	183.35
GA15	10.00	5.00	19.63	456	3650	185.89
GA16	10.00	5.00	19.63	456	3750	190.99
GA17	10.00	5.00	19.63	458	3600	183.35
GA18	10.00	5.00	19.63	450	3250	165.52
GA19	10.00	5.00	19.63	464	3500	178.25
GA20	10.00	5.00	19.63	446	3700	188.44
GA21	10.00	5.00	19.63	466	3500	178.25
GA22	10.00	5.00	19.63	466	3250	165.52
GA23	10.00	5.00	19.63	450	2950	150.24
GA24	10.00	5.00	19.63	472	3550	180.80
GA25	10.00	5.00	19.63	470	3500	178.25
GA26	10.00	5.00	19.63	452	3850	196.08
GA27	10.00	5.00	19.63	472	3900	198.63
GA28	10.00	5.00	19.63	460	3550	180.80
GA29	10.00	5.00	19.63	460	3900	198.63
GA30	10.00	5.00	19.63	452	3850	196.08
PROMEDIO						178.76
DESVIACIÓN ESTANDAR						13.31
COEFICIENTE DE VARIACIÓN						7.45

Normas: ASTM C305-14 y ASTM C109.

PORPORCIÓN 1:5

Tabla N° 46. Cálculo del Promedio, Desviación Estándar y Coeficiente de Variación de las resistencias a compresión de los especímenes de la cantera "El Gavilán" en proporción 1:5 a los 28 días.

CODIGO	DIMENSIONES		ÁREA (cm ²)	PESO (gr)	CARGA ÚLTIMA (kg)	RESISTENCIA (kg/cm ²)
	ALTO (cm)	DIAMETRO (cm)				
GA01	10.00	5.00	19.63	466	4400	224.09
GA02	10.00	5.00	19.63	470	4350	221.54
GA03	10.00	5.00	19.63	456	4600	234.28
GA04	10.00	5.00	19.63	448	4150	211.36
GA05	10.00	5.00	19.63	470	4700	239.37
GA06	10.00	5.00	19.63	470	4300	219.00
GA07	10.00	5.00	19.63	468	4400	224.09
GA08	10.00	5.00	19.63	460	4450	226.64
GA09	10.00	5.00	19.63	456	4550	231.73
GA10	10.00	5.00	19.63	456	4200	213.90
GA11	10.00	5.00	19.63	458	4000	203.72
GA12	10.00	5.00	19.63	460	4150	211.36
GA13	10.00	5.00	19.63	458	4650	236.82
GA14	10.00	5.00	19.63	442	4150	211.36
GA15	10.00	5.00	19.63	456	4400	224.09
GA16	10.00	5.00	19.63	470	4300	219.00
GA17	10.00	5.00	19.63	456	4100	208.81
GA18	10.00	5.00	19.63	458	4300	219.00
GA19	10.00	5.00	19.63	448	4000	203.72
GA20	10.00	5.00	19.63	466	4500	229.18
GA21	10.00	5.00	19.63	440	4500	229.18
GA22	10.00	5.00	19.63	460	4400	224.09
GA23	10.00	5.00	19.63	456	4600	234.28
GA24	10.00	5.00	19.63	462	4050	206.26
GA25	10.00	5.00	19.63	476	4800	244.46
GA26	10.00	5.00	19.63	468	4250	216.45
GA27	10.00	5.00	19.63	448	4300	219.00
GA28	10.00	5.00	19.63	452	4350	221.54
GA29	10.00	5.00	19.63	476	4250	216.45
GA30	10.00	5.00	19.63	464	4000	203.72
PROMEDIO						220.95
DESVIACIÓN ESTANDAR						10.92
COEFICIENTE DE VARIACIÓN						4.94

Normas: ASTM C305-14 y ASTM C109.

PORPORCIÓN 1:4

Tabla N° 47. Cálculo del Promedio, Desviación Estándar y Coeficiente de Variación de las resistencias a compresión de los especímenes de la cantera "El Gavilán" en proporción 1:4 a los 28 días.

CODIGO	DIMENSIONES		ÁREA (cm ²)	PESO (gr)	CARGA ÚLTIMA (kg)	RESISTENCIA (kg/cm ²)
	ALTO (cm)	DIAMETRO (cm)				
GA01	10.00	5.00	19.63	444	5150	262.29
GA02	10.00	5.00	19.63	476	5000	254.65
GA03	10.00	5.00	19.63	454	5200	264.83
GA04	10.00	5.00	19.63	448	5000	254.65
GA05	10.00	5.00	19.63	460	5150	262.29
GA06	10.00	5.00	19.63	452	5000	254.65
GA07	10.00	5.00	19.63	458	5300	269.93
GA08	10.00	5.00	19.63	454	5200	264.83
GA09	10.00	5.00	19.63	470	5100	259.74
GA10	10.00	5.00	19.63	466	5050	257.19
GA11	10.00	5.00	19.63	446	5000	254.65
GA12	10.00	5.00	19.63	458	5050	257.19
GA13	10.00	5.00	19.63	460	5050	257.19
GA14	10.00	5.00	19.63	464	5500	280.11
GA15	10.00	5.00	19.63	462	5150	262.29
GA16	10.00	5.00	19.63	464	5300	269.93
GA17	10.00	5.00	19.63	460	5000	254.65
GA18	10.00	5.00	19.63	464	5300	269.93
GA19	10.00	5.00	19.63	454	5050	257.19
GA20	10.00	5.00	19.63	466	5000	254.65
GA21	10.00	5.00	19.63	460	5250	267.38
GA22	10.00	5.00	19.63	462	5100	259.74
GA23	10.00	5.00	19.63	466	4850	247.01
GA24	10.00	5.00	19.63	462	5100	259.74
GA25	10.00	5.00	19.63	456	5550	282.66
GA26	10.00	5.00	19.63	442	5150	262.29
GA27	10.00	5.00	19.63	458	4800	244.46
GA28	10.00	5.00	19.63	446	5000	254.65
GA29	10.00	5.00	19.63	460	5150	262.29
GA30	10.00	5.00	19.63	460	5150	262.29
PROMEDIO						260.84
DESVIACIÓN ESTANDAR						8.24
COEFICIENTE DE VARIACIÓN						3.16

Normas: ASTM C305-14 y ASTM C109.

PORPORCIÓN 1:3

Tabla N° 48. Cálculo del Promedio, Desviación Estándar y Coeficiente de Variación de las resistencias a compresión de los especímenes de la cantera "El Gavilán" en proporción 1:3 a los 28 días.

CODIGO	DIMENSIONES		ÁREA (cm ²)	PESO (gr)	CARGA ÚLTIMA (kg)	RESISTENCIA (kg/cm ²)
	ALTO (cm)	DIAMETRO (cm)				
GA01	10.00	5.00	19.63	468	6550	333.59
GA02	10.00	5.00	19.63	460	5900	300.48
GA03	10.00	5.00	19.63	460	5900	300.48
GA04	10.00	5.00	19.63	448	6150	313.22
GA05	10.00	5.00	19.63	464	5850	297.94
GA06	10.00	5.00	19.63	462	6250	318.31
GA07	10.00	5.00	19.63	456	6200	315.76
GA08	10.00	5.00	19.63	446	6150	313.22
GA09	10.00	5.00	19.63	458	6000	305.58
GA10	10.00	5.00	19.63	444	6350	323.40
GA11	10.00	5.00	19.63	460	6050	308.12
GA12	10.00	5.00	19.63	462	5800	295.39
GA13	10.00	5.00	19.63	458	6100	310.67
GA14	10.00	5.00	19.63	442	6050	308.12
GA15	10.00	5.00	19.63	460	6050	308.12
GA16	10.00	5.00	19.63	458	6150	313.22
GA17	10.00	5.00	19.63	464	6000	305.58
GA18	10.00	5.00	19.63	470	6000	305.58
GA19	10.00	5.00	19.63	446	6100	310.67
GA20	10.00	5.00	19.63	458	5800	295.39
GA21	10.00	5.00	19.63	452	5950	303.03
GA22	10.00	5.00	19.63	450	6000	305.58
GA23	10.00	5.00	19.63	448	6050	308.12
GA24	10.00	5.00	19.63	432	5900	300.48
GA25	10.00	5.00	19.63	436	6050	308.12
GA26	10.00	5.00	19.63	444	5850	297.94
GA27	10.00	5.00	19.63	444	5950	303.03
GA28	10.00	5.00	19.63	444	5800	295.39
GA29	10.00	5.00	19.63	464	6050	308.12
GA30	10.00	5.00	19.63	448	6100	310.67
PROMEDIO						307.44
DESVIACIÓN ESTANDAR						8.46
COEFICIENTE DE VARIACIÓN						2.75

Normas: ASTM C305-14 y ASTM C109.

PORPORCIÓN 1:2

Tabla N° 49. Cálculo del Promedio, Desviación Estándar y Coeficiente de Variación de las resistencias a compresión de los especímenes de la cantera "El Gavilán" en proporción 1:2 a los 28 días.

CODIGO	DIMENSIONES		ÁREA (cm ²)	PESO (gr)	CARGA ÚLTIMA (kg)	RESISTENCIA (kg/cm ²)
	ALTO (cm)	DIAMETRO (cm)				
GA01	10.00	5.00	19.63	454	6950	353.96
GA02	10.00	5.00	19.63	440	6750	343.77
GA03	10.00	5.00	19.63	458	6650	338.68
GA04	10.00	5.00	19.63	440	6950	353.96
GA05	10.00	5.00	19.63	454	6600	336.14
GA06	10.00	5.00	19.63	444	7650	389.61
GA07	10.00	5.00	19.63	444	6950	353.96
GA08	10.00	5.00	19.63	452	7600	387.06
GA09	10.00	5.00	19.63	438	7400	376.88
GA10	10.00	5.00	19.63	442	6550	333.59
GA11	10.00	5.00	19.63	454	6900	351.41
GA12	10.00	5.00	19.63	450	6800	346.32
GA13	10.00	5.00	19.63	446	7000	356.51
GA14	10.00	5.00	19.63	452	6900	351.41
GA15	10.00	5.00	19.63	452	6900	351.41
GA16	10.00	5.00	19.63	456	7200	366.69
GA17	10.00	5.00	19.63	462	6900	351.41
GA18	10.00	5.00	19.63	454	6900	351.41
GA19	10.00	5.00	19.63	466	6800	346.32
GA20	10.00	5.00	19.63	462	6450	328.50
GA21	10.00	5.00	19.63	462	7350	374.33
GA22	10.00	5.00	19.63	460	6600	336.14
GA23	10.00	5.00	19.63	458	6800	346.32
GA24	10.00	5.00	19.63	456	6900	351.41
GA25	10.00	5.00	19.63	458	6950	353.96
GA26	10.00	5.00	19.63	458	7000	356.51
GA27	10.00	5.00	19.63	450	7000	356.51
GA28	10.00	5.00	19.63	462	7000	356.51
GA29	10.00	5.00	19.63	458	6800	346.32
GA30	10.00	5.00	19.63	454	6750	343.77
PROMEDIO						353.03
DESVIACIÓN ESTANDAR						14.24
COEFICIENTE DE VARIACIÓN						4.03

Normas: ASTM C305-14 y ASTM C109.

viii. ENSAYO DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN A LOS 60 DÍAS

PORPORCIÓN 1:6

Tabla N° 50. Cálculo del Promedio, Desviación Estándar y Coeficiente de Variación de las resistencias a compresión de los especímenes de la cantera "El Gavilán" en proporción 1:6 a los 60 días.

CODIGO	DIMENSIONES		ÁREA (cm ²)	PESO (gr)	CARGA ÚLTIMA (kg)	RESISTENCIA (kg/cm ²)
	ALTO (cm)	DIAMETRO (cm)				
GA01	10.00	5.00	19.63	460	4180	212.89
GA02	10.00	5.00	19.63	446	5140	261.78
GA03	10.00	5.00	19.63	452	4280	217.98
GA04	10.00	5.00	19.63	457	4800	244.46
GA05	10.00	5.00	19.63	443	5140	261.78
PROMEDIO						239.78
DESVIACIÓN ESTANDAR						23.39
COEFICIENTE DE VARIACIÓN						9.75

Normas: ASTM C305-14 y ASTM C109.

PORPORCIÓN 1:5

Tabla N° 51. Cálculo del Promedio, Desviación Estándar y Coeficiente de Variación de las resistencias a compresión de los especímenes de la cantera "El Gavilán" en proporción 1:5 a los 60 días.

CODIGO	DIMENSIONES		ÁREA (cm ²)	PESO (gr)	CARGA ÚLTIMA (kg)	RESISTENCIA (kg/cm ²)
	ALTO (cm)	DIAMETRO (cm)				
GA01	10.00	5.00	19.63	456	5220	265.85
GA02	10.00	5.00	19.63	443	5420	276.04
GA03	10.00	5.00	19.63	455	5340	271.96
GA04	10.00	5.00	19.63	446	5580	284.19
GA05	10.00	5.00	19.63	444	5040	256.69
PROMEDIO						270.95
DESVIACIÓN ESTANDAR						10.39
COEFICIENTE DE VARIACIÓN						3.83

Normas: ASTM C305-14 y ASTM C109.

PORPORCIÓN 1:4

Tabla N° 52. Cálculo del Promedio, Desviación Estándar y Coeficiente de Variación de las resistencias a compresión de los especímenes de la cantera “El Gavilán” en proporción 1:4 a los 60 días.

CODIGO	DIMENSIONES		ÁREA (cm ²)	PESO (gr)	CARGA ÚLTIMA (kg)	RESISTENCIA (kg/cm ²)
	ALTO (cm)	DIAMETRO (cm)				
GA01	10.00	5.00	19.63	451	6140	312.71
GA02	10.00	5.00	19.63	436	6220	316.78
GA03	10.00	5.00	19.63	446	6100	310.67
GA04	10.00	5.00	19.63	457	6000	305.58
GA05	10.00	5.00	19.63	442	6060	308.63
PROMEDIO						310.87
DESVIACIÓN ESTANDAR						4.22
COEFICIENTE DE VARIACIÓN						1.36

Normas: ASTM C305-14 y ASTM C109.

PORPORCIÓN 1:3

Tabla N° 53. Cálculo del Promedio, Desviación Estándar y Coeficiente de Variación de las resistencias a compresión de los especímenes de la cantera “El Gavilán” en proporción 1:3 a los 60 días.

CODIGO	DIMENSIONES		ÁREA (cm ²)	PESO (gr)	CARGA ÚLTIMA (kg)	RESISTENCIA (kg/cm ²)
	ALTO (cm)	DIAMETRO (cm)				
GA01	10.00	5.00	19.63	449	6900	351.41
GA02	10.00	5.00	19.63	443	6300	320.86
GA03	10.00	5.00	19.63	456	6460	329.01
GA04	10.00	5.00	19.63	452	6820	347.34
GA05	10.00	5.00	19.63	449	6760	344.28
PROMEDIO						338.58
DESVIACIÓN ESTANDAR						13.04
COEFICIENTE DE VARIACIÓN						3.85

Normas: ASTM C305-14 y ASTM C109.

PORPORCIÓN 1:2

Tabla N° 54. Cálculo del Promedio, Desviación Estándar y Coeficiente de Variación de las resistencias a compresión de los especímenes de la cantera "El Gavilán" en proporción 1:2 a los 60 días.

CODIGO	DIMENSIONES		AREA (cm^2)	PESO (gr)	CARGA ÚLTIMA (kg)	RESISTENCIA (kg/cm^2)
	ALTO (cm)	DIAMETRO (cm)				
GA01	10.00	5.00	19.63	452	7560	385.03
GA02	10.00	5.00	19.63	445	7050	359.05
GA03	10.00	5.00	19.63	460	6820	347.34
GA04	10.00	5.00	19.63	456	7180	365.67
GA05	10.00	5.00	19.63	448	6860	349.38
PROMEDIO						361.29
DESVIACIÓN ESTANDAR						15.20
COEFICIENTE DE VARIACIÓN						4.21

Normas: ASTM C305-14 y ASTM C109.

II. CANTERA “EL GUITARRERO”

i. MODULO DE FINURA

Tabla N° 55. Cálculo del módulo de finura del agregado fino de la cantera “El Guitarrero”.

TAMIZ ASTM		P.R.	% P.R.	% P.R.A.	% QUE PASA
Numero	Abertura (mm)				
#4	(4,75 mm)	266.00	15.75	15.75	84.25
#8	(2,36 mm)	240.00	14.21	29.96	70.04
#16	(1,18 mm)	205.00	12.14	42.10	57.90
#30	(0,60 mm)	306.00	18.12	60.21	39.79
#50	(0,30 mm)	203.00	12.02	72.23	27.77
#100	(0,15 mm)	255.00	15.10	87.33	12.67
#200	(0,075 mm)	148.00	8.76	96.09	3.91
Bandeja		66.00	3.91	100.00	0.00
TOTAL		1689.00	100.00		
Módulo de Finura = 3.076					

Norma: NTP 400.012.

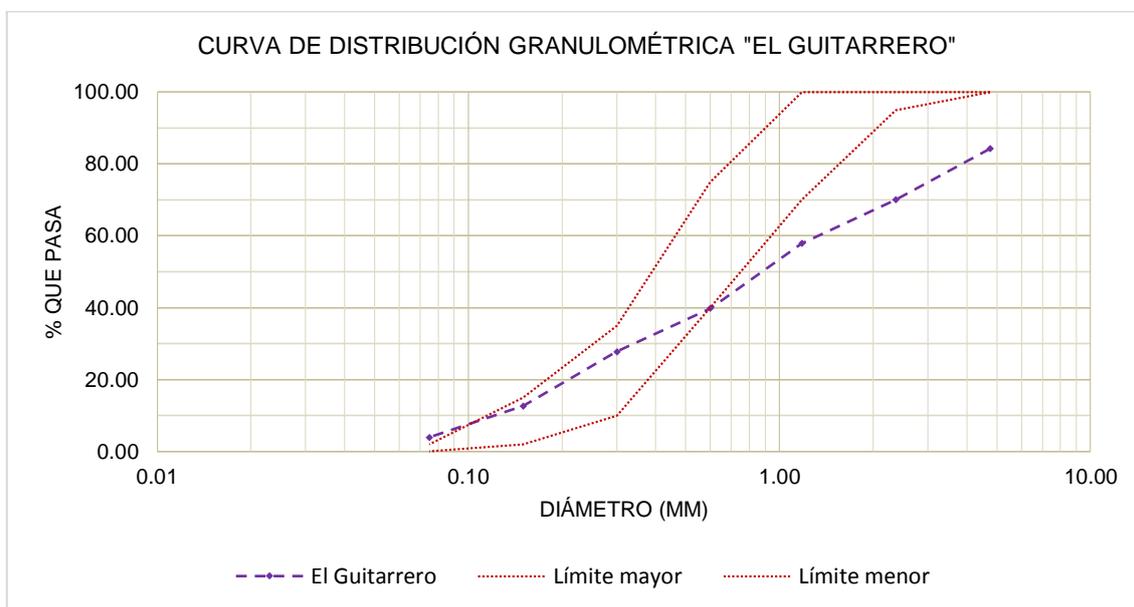


Figura N° 35. Curva de distribución granulométrica del agregado fino de la cantera “El Guitarrero”.

ii. CONTENIDO DE HUMEDAD

Tabla N° 56. Cálculo del contenido de humedad del agregado fino de la cantera "El Guitarrero".

CONTENIDO DE HUMEDAD DEL AGREGADO FINO			
MUESTRA	1	2	3
PESO DE TARA (gr)	88.00	105.00	111.00
PESO DE TARA + MUESTRA HÚMEDA (gr)	1747.00	1657.00	1985.00
PESO DE TARA + MUESTRA SECA (gr)	1686.00	1602.00	1922.00
CONTENIDO DE HUMEDAD	3.817	3.674	3.479
PROMEDIO w%	3.657		

Norma: NTP 339.185, ASTM C71 y MTC E 203-2000.

iii. MATERIAL QUE PASA LA MALLA N° 200

Tabla N° 57. Material que pasa la malla N° 200 de la cantera "El Guitarrero".

ENSAYO N°	1	2	3
Peso seco de la muestra original (gr)	500.00	500.00	500.00
Peso seco de la muestra lavada (gr)	426.00	424.00	427.00
Peso de material que pasa el tamiz N° 200 (gr)	74.00	76.00	73.00
% de material que pasa el tamiz N° 200	14.80%	15.20%	14.60%
PROMEDIO	14.87%		

Norma: NTP 400.018.

iv. PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN

Tabla N° 58. Cálculo del peso específico de masa del agregado fino de la cantera "El Guitarrero".

ENSAYO	1°	2°	3°
$W_{\text{agregado SSS}}$ (gr)	500.01	500.02	499.99
W_{fiola} (gr)	157.07	157.07	157.07
$W_{\text{agregado + fiola}}$ (gr)	654.70	654.70	654.70
$W_{\text{fiola + agregado + agua}}$ (gr)	963.98	963.99	963.96
$V_a = V_{\text{agua añadida}}$ (cm ³)	306.90	306.90	306.90
W_{tara} (gr)	78.00	66.00	95.00
$W_{\text{tara + muestra seca}}$ (gr)	566.30	553.60	583.50
$W_0 = W_{\text{Muestra Seca}}$ (gr)	488.30	487.60	488.50
Peso específico de masa (gr/cm ³)	2.529	2.525	2.530
PROMEDIO	2.528		

Norma: NTP 400.022.

Tabla N° 59. Cálculo de la absorción y peso específico aparente del agregado fino de la cantera "El Guitarrero".

ENSAYO	1°	2°	3°	PROMEDIO
W ₀ =Peso en el aire de la muestra secada al horno (gr)	488.30	487.60	488.50	488.13
V=Volumen del frasco (cm ³)	500.00	500.00	500.00	500.00
V _a =Peso en gr o volumen del agua añadida al frasco (gr)	306.90	306.90	306.90	306.90
a. Peso específico de masa $P_{em} = W_0 / (V - V_a)$	2.529	2.525	2.530	2.528
b. Peso específico de masa saturada con superficie seca $P_{esss} = 500 / (V - V_a)$	2.589	2.589	2.589	2.589
c. Peso específico aparente $P_{ea} = W_0 / ((V - V_a) - (500 - W_0))$	2.692	2.698	2.690	2.693
d. Absorción $Abs = ((500 - W_0) / W_0) * 100$	2.396	2.543	2.354	2.431

Norma: NTP 400.022.

v. RELACIÓN AGUA / CEMENTO DE DISEÑO

$$W \% = 3.657$$

$$Abs \% = 2.431$$

$$W - Abs = 1.226$$

Tabla N° 60. Cálculo de la relación A/C de diseño por proporción para la elaboración de especímenes con agregado de la cantera "El Guitarrero".

PROPORCIÓN	1:6	1:5	1:4	1:3	1:2
Arena Seca (Kg)	12.000	5.000	11.000	9.000	8.200
Cemento (Kg)	2.000	1.000	2.750	3.000	4.100
Agua Efectiva (L)	2.000	0.800	2.050	2.100	2.150
Arena Húmeda (L)	12.439	5.183	11.402	9.329	8.500
Agua Diseño (L)	2.153	0.864	2.190	2.214	2.254
A/C Diseño	1.076	0.864	0.796	0.738	0.550

vi. PESO UNITARIO COMPACTADO Y PESO UNITARIO SUELTO SECO

Tabla N° 61. Cálculo del peso específico del agua.

CÁLCULO DEL PESO ESPECÍFICO DEL AGUA	
Peso de fiola + agua (gr)	658.00
Peso de fiola (gr)	160.00
Peso de agua (gr)	498.00
Volumen fiola (cm ³)	500.00
Peso específico=W/V (gr/cm ³)	1.00
P.e. (kg/m³)	996.00

Norma: NTP 400.017.

Tabla N° 62. Cálculo del factor (f).

CÁLCULO DEL FACTOR (f)	
Peso específico del agua (kg/m ³)	996.00
Peso del Cilindro + vidrio (kg)	4.760
Peso del Cilindro + vidrio + Agua (kg)	7.700
Peso Agua (Pagua)=	2.940
f (L/m³) =	338.776

Norma: NTP 400.017.

Tabla N° 63. Cálculo del peso unitario suelto seco del agregado fino de la cantera "El Guitarrero".

ENSAYO	1°	2°	3°
Peso del recipiente (kg)	3.884	3.884	3.884
Peso del recipiente + muestra (kg)	8.461	8.465	8.433
Peso de muestra (kg)	4.577	4.581	4.549
f	338.776	338.776	338.776
PUSS (kg/m³)	1550.576	1551.931	1541.090
Peso Unitario Suelto Seco promedio (kg/m³)	1547.865		

Norma: NTP 400.017.

Tabla N° 64. Cálculo del peso unitario compactado del agregado fino de la cantera "El Guitarrero".

ENSAYO	1°	2°	3°
Peso del recipiente (kg)	3.884	3.884	3.884
Peso del recipiente + muestra (kg)	8.922	8.925	8.928
Peso de muestra (kg)	5.038	5.041	5.044
f	338.776	338.776	338.776
PUC (kg/m³)	1706.751	1707.767	1708.784
Peso Unitario Compactado promedio (kg/m³)	1707.767		

Norma: NTP 400.017.

vii. ENSAYO DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN A LOS 28 DÍAS

PORPORCIÓN 1:6

Tabla N° 65. Cálculo del Promedio, Desviación Estándar y Coeficiente de Variación de las resistencias a compresión de los especímenes de la cantera "El Guitarrero" en proporción 1:6 a los 28 días.

CODIGO	DIMENSIONES		ÁREA (cm ²)	PESO (gr)	CARGA ÚLTIMA (kg)	RESISTENCIA (kg/cm ²)
	ALTO (cm)	DIAMETRO (cm)				
GU01	10.00	5.00	19.63	446	3350	170.61
GU02	10.00	5.00	19.63	450	3150	160.43
GU03	10.00	5.00	19.63	436	3550	180.80
GU04	10.00	5.00	19.63	462	3550	180.80
GU05	10.00	5.00	19.63	440	3250	165.52
GU06	10.00	5.00	19.63	450	3450	175.71
GU07	10.00	5.00	19.63	466	3000	152.79
GU08	10.00	5.00	19.63	452	3250	165.52
GU09	10.00	5.00	19.63	456	3550	180.80
GU10	10.00	5.00	19.63	460	3700	188.44
GU11	10.00	5.00	19.63	458	3100	157.88
GU12	10.00	5.00	19.63	448	3250	165.52
GU13	10.00	5.00	19.63	450	3600	183.35
GU14	10.00	5.00	19.63	450	3550	180.80
GU15	10.00	5.00	19.63	442	3550	180.80
GU16	10.00	5.00	19.63	452	3500	178.25
GU17	10.00	5.00	19.63	422	3150	160.43
GU18	10.00	5.00	19.63	450	3500	178.25
GU19	10.00	5.00	19.63	450	3200	162.97
GU20	10.00	5.00	19.63	452	3850	196.08
GU21	10.00	5.00	19.63	454	3300	168.07
GU22	10.00	5.00	19.63	442	3350	170.61
GU23	10.00	5.00	19.63	452	3150	160.43
GU24	10.00	5.00	19.63	458	3250	165.52
GU25	10.00	5.00	19.63	462	3200	162.97
GU26	10.00	5.00	19.63	452	3250	165.52
GU27	10.00	5.00	19.63	444	3500	178.25
GU28	10.00	5.00	19.63	448	3050	155.34
GU29	10.00	5.00	19.63	456	3450	175.71
GU30	10.00	5.00	19.63	456	3450	175.71
PROMEDIO						171.46
DESVIACIÓN ESTANDAR						10.43
COEFICIENTE DE VARIACIÓN						6.08

Normas: ASTM C305-14 y ASTM C109.

PORPORCIÓN 1:5

Tabla N° 66. Cálculo del Promedio, Desviación Estándar y Coeficiente de Variación de las resistencias a compresión de los especímenes de la cantera “El Guitarrero” en proporción 1:5 a los 28 días.

CODIGO	DIMENSIONES		ÁREA (cm ²)	PESO (gr)	CARGA ÚLTIMA (kg)	RESISTENCIA (kg/cm ²)
	ALTO (cm)	DIAMETRO (cm)				
GU01	10.00	5.00	19.63	450	4400	224.09
GU02	10.00	5.00	19.63	460	3950	201.17
GU03	10.00	5.00	19.63	458	4150	211.36
GU04	10.00	5.00	19.63	452	4350	221.54
GU05	10.00	5.00	19.63	456	4500	229.18
GU06	10.00	5.00	19.63	450	4200	213.90
GU07	10.00	5.00	19.63	442	3900	198.63
GU08	10.00	5.00	19.63	466	3400	173.16
GU09	10.00	5.00	19.63	448	4300	219.00
GU10	10.00	5.00	19.63	446	4400	224.09
GU11	10.00	5.00	19.63	464	4450	226.64
GU12	10.00	5.00	19.63	452	4250	216.45
GU13	10.00	5.00	19.63	454	4350	221.54
GU14	10.00	5.00	19.63	462	4350	221.54
GU15	10.00	5.00	19.63	444	4300	219.00
GU16	10.00	5.00	19.63	454	4350	221.54
GU17	10.00	5.00	19.63	432	4250	216.45
GU18	10.00	5.00	19.63	460	4000	203.72
GU19	10.00	5.00	19.63	448	4350	221.54
GU20	10.00	5.00	19.63	464	4300	219.00
GU21	10.00	5.00	19.63	456	4150	211.36
GU22	10.00	5.00	19.63	440	4100	208.81
GU23	10.00	5.00	19.63	452	4100	208.81
GU24	10.00	5.00	19.63	448	4000	203.72
GU25	10.00	5.00	19.63	448	4350	221.54
GU26	10.00	5.00	19.63	452	4100	208.81
GU27	10.00	5.00	19.63	454	4100	208.81
GU28	10.00	5.00	19.63	440	4150	211.36
GU29	10.00	5.00	19.63	460	4050	206.26
GU30	10.00	5.00	19.63	456	4000	203.72
PROMEDIO						213.23
DESVIACIÓN ESTANDAR						11.11
COEFICIENTE DE VARIACIÓN						5.21

Normas: ASTM C305-14 y ASTM C109.

PORPORCIÓN 1:4

Tabla N° 67. Cálculo del Promedio, Desviación Estándar y Coeficiente de Variación de las resistencias a compresión de los especímenes de la cantera “El Guitarrero” en proporción 1:4 a los 28 días.

CODIGO	DIMENSIONES		ÁREA (cm ²)	PESO (gr)	CARGA ÚLTIMA (kg)	RESISTENCIA (kg/cm ²)
	ALTO (cm)	DIAMETRO (cm)				
GU01	10.00	5.00	19.63	458	5150	262.29
GU02	10.00	5.00	19.63	440	5050	257.19
GU03	10.00	5.00	19.63	454	5100	259.74
GU04	10.00	5.00	19.63	462	4950	252.10
GU05	10.00	5.00	19.63	456	5100	259.74
GU06	10.00	5.00	19.63	450	5050	257.19
GU07	10.00	5.00	19.63	464	5250	267.38
GU08	10.00	5.00	19.63	462	5150	262.29
GU09	10.00	5.00	19.63	442	5250	267.38
GU10	10.00	5.00	19.63	440	4750	241.92
GU11	10.00	5.00	19.63	470	4950	252.10
GU12	10.00	5.00	19.63	450	4050	206.26
GU13	10.00	5.00	19.63	440	5000	254.65
GU14	10.00	5.00	19.63	452	4900	249.55
GU15	10.00	5.00	19.63	458	4950	252.10
GU16	10.00	5.00	19.63	456	4650	236.82
GU17	10.00	5.00	19.63	446	4650	236.82
GU18	10.00	5.00	19.63	450	4850	247.01
GU19	10.00	5.00	19.63	454	5400	275.02
GU20	10.00	5.00	19.63	444	5050	257.19
GU21	10.00	5.00	19.63	452	5250	267.38
GU22	10.00	5.00	19.63	464	5150	262.29
GU23	10.00	5.00	19.63	454	5000	254.65
GU24	10.00	5.00	19.63	442	5300	269.93
GU25	10.00	5.00	19.63	456	5150	262.29
GU26	10.00	5.00	19.63	446	4650	236.82
GU27	10.00	5.00	19.63	462	4500	229.18
GU28	10.00	5.00	19.63	446	4500	229.18
GU29	10.00	5.00	19.63	452	5050	257.19
GU30	10.00	5.00	19.63	450	5250	267.38
PROMEDIO						253.04
DESVIACIÓN ESTANDAR						14.84
COEFICIENTE DE VARIACIÓN						5.87

Normas: ASTM C305-14 y ASTM C109.

PORPORCIÓN 1:3

Tabla N° 68. Cálculo del Promedio, Desviación Estándar y Coeficiente de Variación de las resistencias a compresión de los especímenes de la cantera “El Guitarrero” en proporción 1:3 a los 28 días.

CODIGO	DIMENSIONES		ÁREA (cm ²)	PESO (gr)	CARGA ÚLTIMA (kg)	RESISTENCIA (kg/cm ²)
	ALTO (cm)	DIAMETRO (cm)				
GU01	10.00	5.00	19.63	474	5950	303.03
GU02	10.00	5.00	19.63	450	5800	295.39
GU03	10.00	5.00	19.63	452	5500	280.11
GU04	10.00	5.00	19.63	488	5700	290.30
GU05	10.00	5.00	19.63	464	5800	295.39
GU06	10.00	5.00	19.63	436	5850	297.94
GU07	10.00	5.00	19.63	448	5200	264.83
GU08	10.00	5.00	19.63	456	5500	280.11
GU09	10.00	5.00	19.63	462	5850	297.94
GU10	10.00	5.00	19.63	450	5750	292.85
GU11	10.00	5.00	19.63	464	5750	292.85
GU12	10.00	5.00	19.63	456	5750	292.85
GU13	10.00	5.00	19.63	462	5700	290.30
GU14	10.00	5.00	19.63	452	5850	297.94
GU15	10.00	5.00	19.63	448	5900	300.48
GU16	10.00	5.00	19.63	464	5650	287.75
GU17	10.00	5.00	19.63	474	5550	282.66
GU18	10.00	5.00	19.63	466	5850	297.94
GU19	10.00	5.00	19.63	444	5950	303.03
GU20	10.00	5.00	19.63	486	5950	303.03
GU21	10.00	5.00	19.63	448	5500	280.11
GU22	10.00	5.00	19.63	448	5550	282.66
GU23	10.00	5.00	19.63	458	5450	277.57
GU24	10.00	5.00	19.63	456	6000	305.58
GU25	10.00	5.00	19.63	446	5550	282.66
GU26	10.00	5.00	19.63	442	5550	282.66
GU27	10.00	5.00	19.63	458	5900	300.48
GU28	10.00	5.00	19.63	440	5950	303.03
GU29	10.00	5.00	19.63	444	5900	300.48
GU30	10.00	5.00	19.63	448	5500	280.11
PROMEDIO						291.40
DESVIACIÓN ESTANDAR						10.05
COEFICIENTE DE VARIACIÓN						3.45

Normas: ASTM C305-14 y ASTM C109.

PORPORCIÓN 1:2

Tabla N° 69. Cálculo del Promedio, Desviación Estándar y Coeficiente de Variación de las resistencias a compresión de los especímenes de la cantera “El Guitarrero” en proporción 1:2 a los 28 días.

CODIGO	DIMENSIONES		ÁREA (cm ²)	PESO (gr)	CARGA ÚLTIMA (kg)	RESISTENCIA (kg/cm ²)
	ALTO (cm)	DIAMETRO (cm)				
GU01	10.00	5.00	19.63	452	6650	338.68
GU02	10.00	5.00	19.63	464	6500	331.04
GU03	10.00	5.00	19.63	474	6350	323.40
GU04	10.00	5.00	19.63	458	6950	353.96
GU05	10.00	5.00	19.63	460	6900	351.41
GU06	10.00	5.00	19.63	468	6950	353.96
GU07	10.00	5.00	19.63	456	6750	343.77
GU08	10.00	5.00	19.63	452	6500	331.04
GU09	10.00	5.00	19.63	466	6350	323.40
GU10	10.00	5.00	19.63	452	6750	343.77
GU11	10.00	5.00	19.63	440	6650	338.68
GU12	10.00	5.00	19.63	448	6550	333.59
GU13	10.00	5.00	19.63	446	6550	333.59
GU14	10.00	5.00	19.63	444	7050	359.05
GU15	10.00	5.00	19.63	462	6900	351.41
GU16	10.00	5.00	19.63	448	6850	348.87
GU17	10.00	5.00	19.63	450	6500	331.04
GU18	10.00	5.00	19.63	454	6850	348.87
GU19	10.00	5.00	19.63	442	6800	346.32
GU20	10.00	5.00	19.63	444	6650	338.68
GU21	10.00	5.00	19.63	448	7400	376.88
GU22	10.00	5.00	19.63	444	7450	379.43
GU23	10.00	5.00	19.63	448	6800	346.32
GU24	10.00	5.00	19.63	440	6750	343.77
GU25	10.00	5.00	19.63	456	6650	338.68
GU26	10.00	5.00	19.63	464	7100	361.60
GU27	10.00	5.00	19.63	446	6450	328.50
GU28	10.00	5.00	19.63	458	7150	364.15
GU29	10.00	5.00	19.63	466	6700	341.23
GU30	10.00	5.00	19.63	468	6450	328.50
PROMEDIO						344.45
DESVIACIÓN ESTANDAR						14.15
COEFICIENTE DE VARIACIÓN						4.11

Normas: ASTM C305-14 y ASTM C109.

viii. ENSAYO DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN A LOS 60 DÍAS

PORPORCIÓN 1:6

Tabla N° 70. Cálculo del Promedio, Desviación Estándar y Coeficiente de Variación de las resistencias a compresión de los especímenes de la cantera “El Guitarrero” en proporción 1:6 a los 60 días.

CODIGO	DIMENSIONES		ÁREA (cm ²)	PESO (gr)	CARGA ÚLTIMA (kg)	RESISTENCIA (kg/cm ²)
	ALTO (cm)	DIAMETRO (cm)				
GU01	10.00	5.00	19.63	447	4800	244.46
GU02	10.00	5.00	19.63	457	4650	236.82
GU03	10.00	5.00	19.63	447	4760	242.42
GU04	10.00	5.00	19.63	464	4720	240.39
GU05	10.00	5.00	19.63	445	4900	249.55
PROMEDIO						242.73
DESVIACIÓN ESTANDAR						4.74
COEFICIENTE DE VARIACIÓN						1.95

Normas: ASTM C305-14 y ASTM C109.

PORPORCIÓN 1:5

Tabla N° 71. Cálculo del Promedio, Desviación Estándar y Coeficiente de Variación de las resistencias a compresión de los especímenes de la cantera “El Guitarrero” en proporción 1:5 a los 60 días.

CODIGO	DIMENSIONES		ÁREA (cm ²)	PESO (gr)	CARGA ÚLTIMA (kg)	RESISTENCIA (kg/cm ²)
	ALTO (cm)	DIAMETRO (cm)				
GU01	10.00	5.00	19.63	438	5240	266.87
GU02	10.00	5.00	19.63	445	5420	276.04
GU03	10.00	5.00	19.63	446	5560	283.17
GU04	10.00	5.00	19.63	455	5340	271.96
GU05	10.00	5.00	19.63	456	5720	291.32
PROMEDIO						277.87
DESVIACIÓN ESTANDAR						9.59
COEFICIENTE DE VARIACIÓN						3.45

Normas: ASTM C305-14 y ASTM C109.

PORPORCIÓN 1:4

Tabla N° 72. Cálculo del Promedio, Desviación Estándar y Coeficiente de Variación de las resistencias a compresión de los especímenes de la cantera “El Guitarrero” en proporción 1:4 a los 60 días.

CODIGO	DIMENSIONES		ÁREA (cm ²)	PESO (gr)	CARGA ÚLTIMA (kg)	RESISTENCIA (kg/cm ²)
	ALTO (cm)	DIAMETRO (cm)				
GU01	10.00	5.00	19.63	442	6320	321.87
GU02	10.00	5.00	19.63	462	5980	304.56
GU03	10.00	5.00	19.63	446	5900	300.48
GU04	10.00	5.00	19.63	446	5880	299.47
GU05	10.00	5.00	19.63	445	6240	317.80
PROMEDIO						308.84
DESVIACIÓN ESTANDAR						10.32
COEFICIENTE DE VARIACIÓN						3.34

Normas: ASTM C305-14 y ASTM C109.

PORPORCIÓN 1:3

Tabla N° 73. Cálculo del Promedio, Desviación Estándar y Coeficiente de Variación de las resistencias a compresión de los especímenes de la cantera “El Guitarrero” en proporción 1:3 a los 60 días.

CODIGO	DIMENSIONES		ÁREA (cm ²)	PESO (gr)	CARGA ÚLTIMA (kg)	RESISTENCIA (kg/cm ²)
	ALTO (cm)	DIAMETRO (cm)				
GU01	10.00	5.00	19.63	453	6680	340.21
GU02	10.00	5.00	19.63	442	6820	347.34
GU03	10.00	5.00	19.63	442	6340	322.89
GU04	10.00	5.00	19.63	452	6720	342.25
GU05	10.00	5.00	19.63	454	6540	333.08
PROMEDIO						337.15
DESVIACIÓN ESTANDAR						9.47
COEFICIENTE DE VARIACIÓN						2.81

Normas: ASTM C305-14 y ASTM C109.

PORPORCIÓN 1:2

Tabla N° 74. Cálculo del Promedio, Desviación Estándar y Coeficiente de Variación de las resistencias a compresión de los especímenes de la cantera "El Guitarrero" en proporción 1:2 a los 60 días.

CODIGO	DIMENSIONES		ÁREA (cm ²)	PESO (gr)	CARGA ÚLTIMA (kg)	RESISTENCIA (kg/cm ²)
	ALTO (cm)	DIAMETRO (cm)				
GU01	10.00	5.00	19.63	457	7060	359.56
GU02	10.00	5.00	19.63	465	7280	370.77
GU03	10.00	5.00	19.63	468	7060	359.56
GU04	10.00	5.00	19.63	459	6940	353.45
GU05	10.00	5.00	19.63	451	7120	362.62
PROMEDIO						361.19
DESVIACIÓN ESTANDAR						6.30
COEFICIENTE DE VARIACIÓN						1.75

Normas: ASTM C305-14 y ASTM C109.

III. CANTERA "RÍO CHONTA"

i. MODULO DE FINURA

Tabla N° 75. Cálculo del módulo de finura del agregado fino de la cantera "Río Chonta".

TAMIZ ASTM		P.R.	% P.R.	% P.R.A.	% QUE PASA
Numero	Abertura (mm)				
#4	(4,75 mm)	288.00	19.20	19.20	80.80
#8	(2,36 mm)	246.00	16.40	35.60	64.40
#16	(1,18 mm)	181.00	12.07	47.67	52.33
#30	(0,60 mm)	183.00	12.20	59.87	40.13
#50	(0,30 mm)	225.00	15.00	74.87	25.13
#100	(0,15 mm)	186.00	12.40	87.27	12.73
#200	(0,075 mm)	120.00	8.00	95.27	4.73
Bandeja		71.00	4.73	100.00	0.00
TOTAL		1500.00	100.00		
Módulo de Finura =		3.245			

Norma: NTP 400.012.

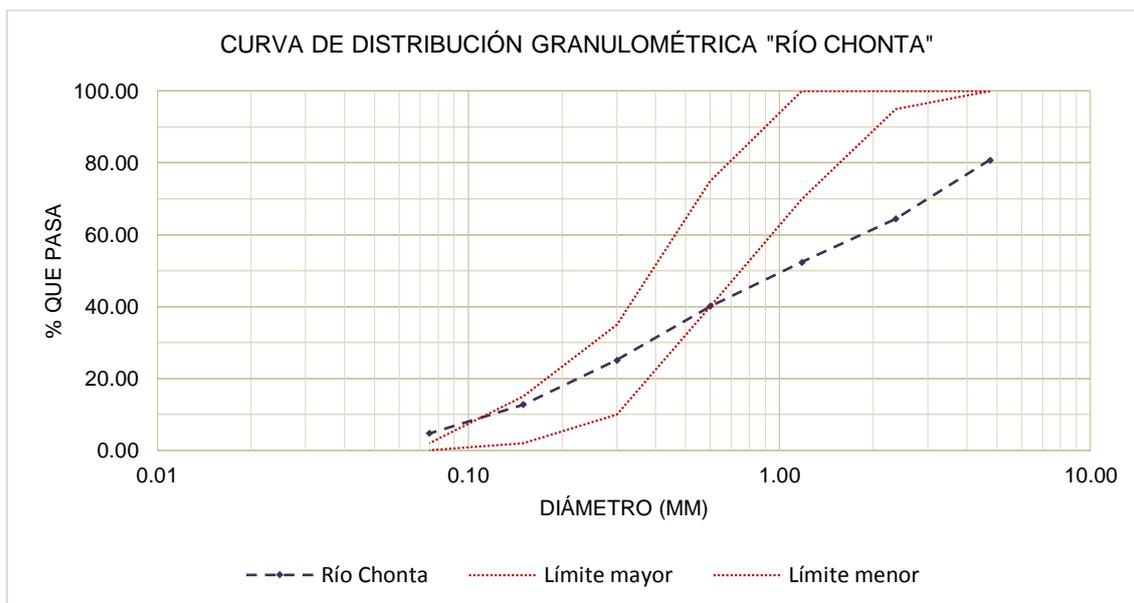


Figura N° 36. Curva de distribución granulométrica del agregado fino de la cantera "Río Chonta".

ii. CONTENIDO DE HUMEDAD

Tabla N° 76. Cálculo del contenido de humedad del agregado fino de la cantera "Río Chonta".

CONTENIDO DE HUMEDAD DEL AGREGADO FINO			
MUESTRA	1	2	3
PESO DE TARA (gr)	122.00	127.00	137.00
PESO DE TARA + MUESTRA HÚMEDA (gr)	2003.00	2455.00	2755.00
PESO DE TARA + MUESTRA SECA (gr)	1941.00	2381.00	2674.00
CONTENIDO DE HUMEDAD	3.408	3.283	3.193
PROMEDIO W%	3.295		

Normas: NTP 399.185, ASTM C71 y MTC E 203-2000.

iii. MATERIAL QUE PASA LA MALLA N° 200

Tabla N° 77. Material que pasa la malla N° 200 de la cantera "Río Chonta".

ENSAYO N°	1	2	3
Peso seco de la muestra original (gr)	500.00	500.00	500.00
Peso seco de la muestra lavada (gr)	470.00	471.00	472.00
Peso de material que pasa el tamiz N° 200 (gr)	30.00	29.00	28.00
% de material que pasa el tamiz N° 200	6.00%	5.80%	5.60%
PROMEDIO	5.80%		

Norma: NTP 400.018.

iv. PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN

Tabla N° 78. Cálculo del peso específico de masa del agregado fino de la cantera "Río Chonta".

ENSAYO	1°	2°	3°
$W_{\text{agregado SSS}}$ (gr)	500.05	500.15	499.77
W_{fiola} (gr)	157.07	157.07	157.07
$W_{\text{agregado + fiola}}$ (gr)	654.70	654.70	654.70
$W_{\text{fiola + agregado + agua}}$ (gr)	966.48	966.44	966.19
$V_a = V_{\text{agua añadida}}$ (cm ³)	309.36	309.22	309.35
W_{tara} (gr)	104.00	107.00	108.00
$W_{\text{tara + muestra seca}}$ (gr)	598.00	601.20	602.80
$W_o = W_{\text{Muestra Seca}}$ (gr)	494.00	494.20	494.80
Peso específico de masa (gr/cm ³)	2.623	2.621	2.623
PROMEDIO	2.622		

Norma: NTP 400.022.

Tabla N° 79. Cálculo de la absorción y del peso específico aparente del agregado fino de la cantera "Río Chonta".

ENSAYO	1°	2°	3°	PROMEDIO
W ₀ =Peso en el aire de la muestra secada al horno (gr)	494.00	494.20	494.80	494.33
V=Volumen del frasco (cm ³)	500.00	500.00	500.00	500.00
V _a =Peso en gr o volumen del agua añadida al frasco (gr)	309.36	309.22	309.35	309.31
a. Peso específico de masa $P_{em} = W_0 / (V - V_a)$	2.591	2.590	2.595	2.592
b. Peso específico de masa saturada con superficie seca $P_{ess} = 500 / (V - V_a)$	2.623	2.621	2.623	2.622
c. Peso específico aparente $P_{ea} = W_0 / ((V - V_a) - (500 - W_0))$	2.675	2.672	2.668	2.672
d. Absorción $Abs = ((500 - W_0) / W_0) * 100$	1.215	1.174	1.051	1.146

Norma: NTP 400.022.

v. RELACIÓN AGUA / CEMENTO DE DISEÑO

$$w \% = 3.295$$

$$Abs \% = 1.146$$

$$w - Abs = 2.149$$

Tabla N° 80. Cálculo de la relación A/C de diseño por proporción para la elaboración de especímenes con agregado de la cantera "Río Chonta".

PROPORCIÓN	1:6	1:5	1:4	1:3	1:2
Arena Seca (Kg)	9.600	9.000	10.000	9.300	7.600
Cemento (Kg)	1.600	1.800	2.500	3.100	3.800
Agua Efectiva (L)	1.500	1.300	1.450	1.850	1.950
Arena Húmeda (L)	9.916	9.297	10.330	9.606	7.850
Agua Diseño (L)	1.713	1.500	1.672	2.056	2.119
A/C Diseño	1.071	0.833	0.669	0.663	0.558

vi. PESO UNITARIO COMPACTADO Y PESO UNITARIO SUELTO SECO

Tabla N° 81. Cálculo del peso específico del agua.

CÁLCULO DEL PESO ESPECÍFICO DEL AGUA	
Peso de fiola + agua (gr)	658.00
Peso de fiola (gr)	160.00
Peso de agua (gr)	498.00
Volumen fiola (cm ³)	500.00
Peso específico=W/V (gr/cm ³)	1.00
P.e. (kg/m³)	996.00

Norma: NTP 400.017.

Tabla N° 82. Cálculo del factor (f).

Cálculo del factor f	
Peso específico del agua (kg/m ³)	996.00
Peso del Cilindro + vidrio (kg)	4.760
Peso del Cilindro + vidrio + Agua (kg)	7.700
Peso Agua (Pagua)=	2.940
f (L/m³) =	338.776

Norma: NTP 400.017.

Tabla N° 83. Cálculo del peso unitario suelto seco del agregado fino de la cantera "Río Chonta".

ENSAYO	1°	2°	3°
Peso del recipiente (kg)	3.884	3.884	3.884
Peso del recipiente + muestra (kg)	8.688	8.685	8.679
Peso de muestra (kg)	4.804	4.801	4.795
f	338.776	338.776	338.776
PUSS (kg/m³)	1627.478	1626.461	1624.429
Peso Unitario Suelto promedio (kg/m³)	1626.122		

Norma: NTP 400.017.

Tabla N° 84. Cálculo del peso unitario compactado del agregado fino de la cantera "Río Chonta".

ENSAYO	1°	2°	3°
Peso del recipiente (kg)	3.884	3.884	3.884
Peso del recipiente + muestra (kg)	9.095	9.093	9.090
Peso de muestra (kg)	5.211	5.209	5.206
f	338.776	338.776	338.776
PUC (kg/m³)	1765.359	1764.682	1763.665
Peso Unitario Compactado promedio (kg/m³)	1764.569		

Norma: NTP 400.017.

vii. ENSAYO DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN A LOS 28 DÍAS

PORPORCIÓN 1:6

Tabla N° 85. Cálculo del Promedio, Desviación Estándar y Coeficiente de Variación de las resistencias a compresión de los especímenes de la cantera "Río Chonta" en proporción 1:6 a los 28 días.

CODIGO	DIMENSIONES		ÁREA (cm ²)	PESO (gr)	CARGA ÚLTIMA (kg)	RESISTENCIA (kg/cm ²)
	ALTO (cm)	DIAMETRO (cm)				
CH01	10.00	5.00	19.63	446	2000	101.86
CH02	10.00	5.00	19.63	440	2000	101.86
CH03	10.00	5.00	19.63	424	2200	112.05
CH04	10.00	5.00	19.63	440	2050	104.41
CH05	10.00	5.00	19.63	434	2150	109.50
CH06	10.00	5.00	19.63	430	2000	101.86
CH07	10.00	5.00	19.63	432	2350	119.68
CH08	10.00	5.00	19.63	442	2150	109.50
CH09	10.00	5.00	19.63	438	2150	109.50
CH10	10.00	5.00	19.63	424	2100	106.95
CH11	10.00	5.00	19.63	442	1750	89.13
CH12	10.00	5.00	19.63	446	2200	112.05
CH13	10.00	5.00	19.63	434	2500	127.32
CH14	10.00	5.00	19.63	436	2700	137.51
CH15	10.00	5.00	19.63	436	2400	122.23
CH16	10.00	5.00	19.63	434	2550	129.87
CH17	10.00	5.00	19.63	440	2200	112.05
CH18	10.00	5.00	19.63	454	2000	101.86
CH19	10.00	5.00	19.63	440	2350	119.68
CH20	10.00	5.00	19.63	438	2350	119.68
CH21	10.00	5.00	19.63	422	2050	104.41
CH22	10.00	5.00	19.63	428	2550	129.87
CH23	10.00	5.00	19.63	434	2400	122.23
CH24	10.00	5.00	19.63	442	2200	112.05
CH25	10.00	5.00	19.63	430	2200	112.05
CH26	10.00	5.00	19.63	432	1850	94.22
CH27	10.00	5.00	19.63	422	1500	76.39
CH28	10.00	5.00	19.63	422	2300	117.14
CH29	10.00	5.00	19.63	430	2000	101.86
CH30	10.00	5.00	19.63	422	2200	112.05
PROMEDIO						111.03
DESVIACIÓN ESTANDAR						12.72
COEFICIENTE DE VARIACIÓN						11.45

Normas: ASTM C305-14 y ASTM C109.

PORPORCIÓN 1:5

Tabla N° 86. Cálculo del Promedio, Desviación Estándar y Coeficiente de Variación de las resistencias a compresión de los especímenes de la cantera "Río Chonta" en proporción 1:5 a los 28 días.

CODIGO	DIMENSIONES		ÁREA (cm ²)	PESO (gr)	CARGA ÚLTIMA (kg)	RESISTENCIA (kg/cm ²)
	ALTO (cm)	DIAMETRO (cm)				
CH01	10.00	5.00	19.63	454	3000	152.79
CH02	10.00	5.00	19.63	446	2700	137.51
CH03	10.00	5.00	19.63	444	3000	152.79
CH04	10.00	5.00	19.63	438	2950	150.24
CH05	10.00	5.00	19.63	444	3300	168.07
CH06	10.00	5.00	19.63	444	2750	140.06
CH07	10.00	5.00	19.63	452	2700	137.51
CH08	10.00	5.00	19.63	454	3100	157.88
CH09	10.00	5.00	19.63	440	2700	137.51
CH10	10.00	5.00	19.63	448	3350	170.61
CH11	10.00	5.00	19.63	452	2600	132.42
CH12	10.00	5.00	19.63	448	2250	114.59
CH13	10.00	5.00	19.63	438	2850	145.15
CH14	10.00	5.00	19.63	452	2550	129.87
CH15	10.00	5.00	19.63	440	2650	134.96
CH16	10.00	5.00	19.63	450	3100	157.88
CH17	10.00	5.00	19.63	450	3250	165.52
CH18	10.00	5.00	19.63	438	2850	145.15
CH19	10.00	5.00	19.63	440	2900	147.70
CH20	10.00	5.00	19.63	440	3050	155.34
CH21	10.00	5.00	19.63	446	3250	165.52
CH22	10.00	5.00	19.63	444	3350	170.61
CH23	10.00	5.00	19.63	444	3300	168.07
CH24	10.00	5.00	19.63	428	3350	170.61
CH25	10.00	5.00	19.63	440	3000	152.79
CH26	10.00	5.00	19.63	438	3150	160.43
CH27	10.00	5.00	19.63	446	2950	150.24
CH28	10.00	5.00	19.63	452	3550	180.80
CH29	10.00	5.00	19.63	450	2800	142.60
CH30	10.00	5.00	19.63	444	3000	152.79
PROMEDIO						151.60
DESVIACIÓN ESTANDAR						14.90
COEFICIENTE DE VARIACIÓN						9.83

Normas: ASTM C305-14 y ASTM C109.

PORPORCIÓN 1:4

Tabla N° 87. Cálculo del Promedio, Desviación Estándar y Coeficiente de Variación de las resistencias a compresión de los especímenes de la cantera "Río Chonta" en proporción 1:4 a los 28 días.

CODIGO	DIMENSIONES		ÁREA (cm ²)	PESO (gr)	CARGA ÚLTIMA (kg)	RESISTENCIA (kg/cm ²)
	ALTO (cm)	DIAMETRO (cm)				
CH01	10.00	5.00	19.63	438	4100	208.81
CH02	10.00	5.00	19.63	454	3850	196.08
CH03	10.00	5.00	19.63	442	3500	178.25
CH04	10.00	5.00	19.63	448	3700	188.44
CH05	10.00	5.00	19.63	442	3900	198.63
CH06	10.00	5.00	19.63	460	4100	208.81
CH07	10.00	5.00	19.63	430	4200	213.90
CH08	10.00	5.00	19.63	432	3900	198.63
CH09	10.00	5.00	19.63	450	4000	203.72
CH10	10.00	5.00	19.63	448	4100	208.81
CH11	10.00	5.00	19.63	446	4050	206.26
CH12	10.00	5.00	19.63	446	4200	213.90
CH13	10.00	5.00	19.63	442	3500	178.25
CH14	10.00	5.00	19.63	432	3700	188.44
CH15	10.00	5.00	19.63	456	4050	206.26
CH16	10.00	5.00	19.63	438	4050	206.26
CH17	10.00	5.00	19.63	440	3700	188.44
CH18	10.00	5.00	19.63	442	3700	188.44
CH19	10.00	5.00	19.63	434	3450	175.71
CH20	10.00	5.00	19.63	444	3700	188.44
CH21	10.00	5.00	19.63	438	3650	185.89
CH22	10.00	5.00	19.63	434	3950	201.17
CH23	10.00	5.00	19.63	426	3600	183.35
CH24	10.00	5.00	19.63	426	3500	178.25
CH25	10.00	5.00	19.63	448	3550	180.80
CH26	10.00	5.00	19.63	432	3300	168.07
CH27	10.00	5.00	19.63	440	3700	188.44
CH28	10.00	5.00	19.63	442	3250	165.52
CH29	10.00	5.00	19.63	432	3700	188.44
CH30	10.00	5.00	19.63	436	3750	190.99
PROMEDIO						192.51
DESVIACIÓN ESTANDAR						13.35
COEFICIENTE DE VARIACIÓN						6.94

Normas: ASTM C305-14 y ASTM C109.

PORPORCIÓN 1:3

Tabla N° 88. Cálculo del Promedio, Desviación Estándar y Coeficiente de Variación de las resistencias a compresión de los especímenes de la cantera "Río Chonta" en proporción 1:3 a los 28 días.

CODIGO	DIMENSIONES		ÁREA (cm ²)	PESO (gr)	CARGA ÚLTIMA (kg)	RESISTENCIA (kg/cm ²)
	ALTO (cm)	DIAMETRO (cm)				
CH01	10.00	5.00	19.63	444	4650	236.82
CH02	10.00	5.00	19.63	432	4550	231.73
CH03	10.00	5.00	19.63	452	4450	226.64
CH04	10.00	5.00	19.63	452	4750	241.92
CH05	10.00	5.00	19.63	444	4300	219.00
CH06	10.00	5.00	19.63	436	4500	229.18
CH07	10.00	5.00	19.63	454	4400	224.09
CH08	10.00	5.00	19.63	454	4600	234.28
CH09	10.00	5.00	19.63	458	4850	247.01
CH10	10.00	5.00	19.63	444	4500	229.18
CH11	10.00	5.00	19.63	442	4350	221.54
CH12	10.00	5.00	19.63	444	4650	236.82
CH13	10.00	5.00	19.63	436	4600	234.28
CH14	10.00	5.00	19.63	432	4550	231.73
CH15	10.00	5.00	19.63	442	4500	229.18
CH16	10.00	5.00	19.63	438	4750	241.92
CH17	10.00	5.00	19.63	454	4600	234.28
CH18	10.00	5.00	19.63	442	4850	247.01
CH19	10.00	5.00	19.63	456	4750	241.92
CH20	10.00	5.00	19.63	448	4650	236.82
CH21	10.00	5.00	19.63	456	4500	229.18
CH22	10.00	5.00	19.63	436	4400	224.09
CH23	10.00	5.00	19.63	452	4750	241.92
CH24	10.00	5.00	19.63	438	4550	231.73
CH25	10.00	5.00	19.63	450	4500	229.18
CH26	10.00	5.00	19.63	444	4750	241.92
CH27	10.00	5.00	19.63	460	4850	247.01
CH28	10.00	5.00	19.63	448	4450	226.64
CH29	10.00	5.00	19.63	448	4800	244.46
CH30	10.00	5.00	19.63	448	4550	231.73
PROMEDIO						234.11
DESVIACIÓN ESTANDAR						7.83
COEFICIENTE DE VARIACIÓN						3.34

Normas: ASTM C305-14 y ASTM C109.

PORPORCIÓN 1:2

Tabla N° 89. Cálculo del Promedio, Desviación Estándar y Coeficiente de Variación de las resistencias a compresión de los especímenes de la cantera "Río Chonta" en proporción 1:2 a los 28 días.

CODIGO	DIMENSIONES		ÁREA (cm ²)	PESO (gr)	CARGA ÚLTIMA (kg)	RESISTENCIA (kg/cm ²)
	ALTO (cm)	DIAMETRO (cm)				
CH01	10.00	5.00	19.63	448	6100	310.67
CH02	10.00	5.00	19.63	446	6100	310.67
CH03	10.00	5.00	19.63	444	6100	310.67
CH04	10.00	5.00	19.63	432	5500	280.11
CH05	10.00	5.00	19.63	452	5450	277.57
CH06	10.00	5.00	19.63	442	6000	305.58
CH07	10.00	5.00	19.63	450	5700	290.30
CH08	10.00	5.00	19.63	448	5650	287.75
CH09	10.00	5.00	19.63	456	5650	287.75
CH10	10.00	5.00	19.63	438	5600	285.21
CH11	10.00	5.00	19.63	452	5600	285.21
CH12	10.00	5.00	19.63	440	5900	300.48
CH13	10.00	5.00	19.63	450	5650	287.75
CH14	10.00	5.00	19.63	426	5600	285.21
CH15	10.00	5.00	19.63	432	6150	313.22
CH16	10.00	5.00	19.63	444	5900	300.48
CH17	10.00	5.00	19.63	452	6000	305.58
CH18	10.00	5.00	19.63	444	5800	295.39
CH19	10.00	5.00	19.63	452	6250	318.31
CH20	10.00	5.00	19.63	444	6000	305.58
CH21	10.00	5.00	19.63	452	6150	313.22
CH22	10.00	5.00	19.63	440	5650	287.75
CH23	10.00	5.00	19.63	458	5350	272.47
CH24	10.00	5.00	19.63	460	5900	300.48
CH25	10.00	5.00	19.63	442	5700	290.30
CH26	10.00	5.00	19.63	448	5700	290.30
CH27	10.00	5.00	19.63	454	5850	297.94
CH28	10.00	5.00	19.63	440	5400	275.02
CH29	10.00	5.00	19.63	458	5600	285.21
CH30	10.00	5.00	19.63	448	5950	303.03
PROMEDIO						295.31
DESVIACIÓN ESTANDAR						12.50
COEFICIENTE DE VARIACIÓN						4.23

Normas: ASTM C305-14 y ASTM C109.

viii. ENSAYO DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN A LOS 60 DÍAS

PORPORCIÓN 1:6

Tabla N° 90. Cálculo del Promedio, Desviación Estándar y Coeficiente de Variación de las resistencias a compresión de los especímenes de la cantera "Río Chonta" en proporción 1:6 a los 60 días.

CODIGO	DIMENSIONES		ÁREA (cm ²)	PESO (gr)	CARGA ÚLTIMA (kg)	RESISTENCIA (kg/cm ²)
	ALTO (cm)	DIAMETRO (cm)				
CH01	10.00	5.00	19.63	447	2900	147.70
CH02	10.00	5.00	19.63	432	2960	150.75
CH03	10.00	5.00	19.63	437	3260	166.03
CH04	10.00	5.00	19.63	442	2920	148.71
CH05	10.00	5.00	19.63	439	2500	127.32
PROMEDIO						148.10
DESVIACIÓN ESTANDAR						13.79
COEFICIENTE DE VARIACIÓN						9.31

Normas: ASTM C305-14 y ASTM C109.

PORPORCIÓN 1:5

Tabla N° 91. Cálculo del Promedio, Desviación Estándar y Coeficiente de Variación de las resistencias a compresión de los especímenes de la cantera "Río Chonta" en proporción 1:5 a los 60 días.

CODIGO	DIMENSIONES		ÁREA (cm ²)	PESO (gr)	CARGA ÚLTIMA (kg)	RESISTENCIA (kg/cm ²)
	ALTO (cm)	DIAMETRO (cm)				
CH01	10.00	5.00	19.63	456	4160	211.87
CH02	10.00	5.00	19.63	459	4320	220.02
CH03	10.00	5.00	19.63	451	4440	226.13
CH04	10.00	5.00	19.63	461	4500	229.18
CH05	10.00	5.00	19.63	456	4060	206.77
PROMEDIO						218.79
DESVIACIÓN ESTANDAR						9.43
COEFICIENTE DE VARIACIÓN						4.31

Normas: ASTM C305-14 y ASTM C109.

PORPORCIÓN 1:4

Tabla N° 92. Cálculo del Promedio, Desviación Estándar y Coeficiente de Variación de las resistencias a compresión de los especímenes de la cantera "Río Chonta" en proporción 1:4 a los 60 días.

CODIGO	DIMENSIONES		ÁREA (cm ²)	PESO (gr)	CARGA ÚLTIMA (kg)	RESISTENCIA (kg/cm ²)
	ALTO (cm)	DIAMETRO (cm)				
CH01	10.00	5.00	19.63	455	4600	234.28
CH02	10.00	5.00	19.63	442	4860	247.52
CH03	10.00	5.00	19.63	456	4520	230.20
CH04	10.00	5.00	19.63	441	4840	246.50
CH05	10.00	5.00	19.63	452	4520	230.20
PROMEDIO						237.74
DESVIACIÓN ESTANDAR						8.63
COEFICIENTE DE VARIACIÓN						3.63

Normas: ASTM C305-14 y ASTM C109.

PORPORCIÓN 1:3

Tabla N° 93. Cálculo del Promedio, Desviación Estándar y Coeficiente de Variación de las resistencias a compresión de los especímenes de la cantera "Río Chonta" en proporción 1:3 a los 60 días.

CODIGO	DIMENSIONES		ÁREA (cm ²)	PESO (gr)	CARGA ÚLTIMA (kg)	RESISTENCIA (kg/cm ²)
	ALTO (cm)	DIAMETRO (cm)				
CH01	10.00	5.00	19.63	462	4580	233.26
CH02	10.00	5.00	19.63	461	4580	233.26
CH03	10.00	5.00	19.63	447	5500	280.11
CH04	10.00	5.00	19.63	452	4980	253.63
CH05	10.00	5.00	19.63	450	5260	267.89
PROMEDIO						253.63
DESVIACIÓN ESTANDAR						20.83
COEFICIENTE DE VARIACIÓN						8.21

Normas: ASTM C305-14 y ASTM C109.

PORPORCIÓN 1:2

Tabla N° 94. Cálculo del Promedio, Desviación Estándar y Coeficiente de Variación de las resistencias a compresión de los especímenes de la cantera "Río Chonta" en proporción 1:2 a los 60 días.

CODIGO	DIMENSIONES		ÁREA (cm ²)	PESO (gr)	CARGA ÚLTIMA (kg)	RESISTENCIA (kg/cm ²)
	ALTO (cm)	DIAMETRO (cm)				
CH01	10.00	5.00	19.63	447	6100	310.67
CH02	10.00	5.00	19.63	450	6400	325.95
CH03	10.00	5.00	19.63	456	6280	319.84
CH04	10.00	5.00	19.63	460	6400	325.95
CH05	10.00	5.00	19.63	452	6720	342.25
PROMEDIO						324.93
DESVIACIÓN ESTANDAR						11.52
COEFICIENTE DE VARIACIÓN						3.55

Normas: ASTM C305-14 y ASTM C109.

IV. CANTERA "RÍO CAJAMARQUINO"

i. MODULO DE FINURA

Tabla N° 95. Cálculo del módulo de finura del agregado fino de la cantera "Río Cajamarquino".

TAMIZ ASTM		P.R.	% P.R.	% P.R.A.	% QUE PASA
Numero	Abertura (mm)				
#4	(4,75 mm)	183.00	12.20	12.20	87.80
#8	(2,36 mm)	199.00	13.27	25.47	74.53
#16	(1,18 mm)	135.00	9.00	34.47	65.53
#30	(0,60 mm)	225.00	15.00	49.47	50.53
#50	(0,30 mm)	330.00	22.00	71.47	28.53
#100	(0,15 mm)	279.00	18.60	90.07	9.93
#200	(0,075 mm)	84.00	5.60	95.67	4.33
Bandeja		65.00	4.33	100.00	0.00
TOTAL		1500.00	100.00		
Módulo de Finura = 2.831					

Norma: NTP 400.012.

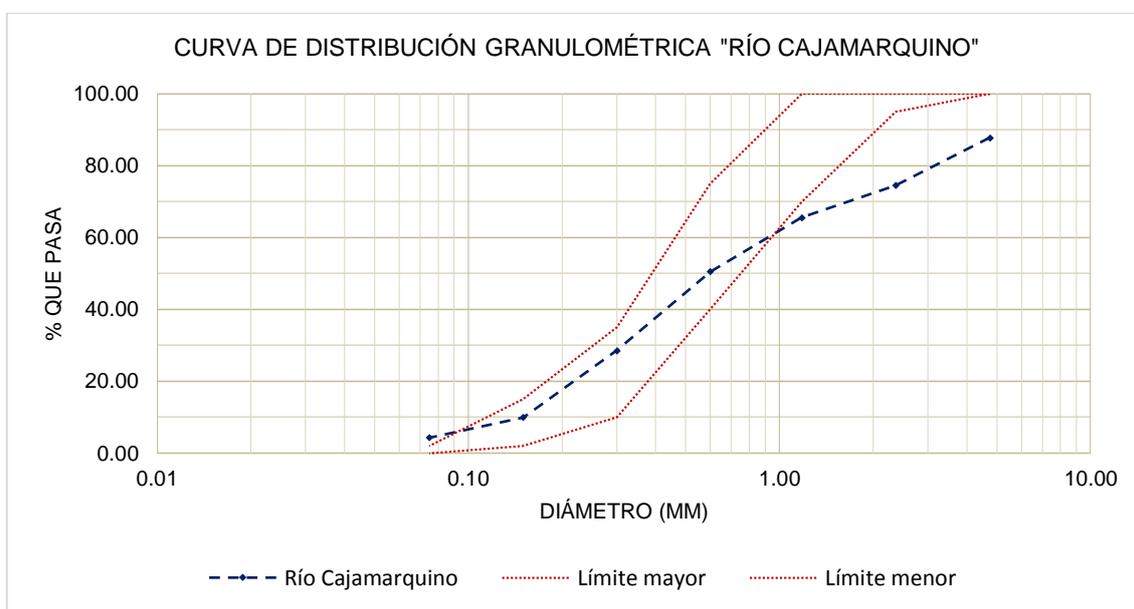


Figura N° 37. Curva de distribución granulométrica del agregado fino de la cantera "Río Cajamarquino".

ii. CONTENIDO DE HUMEDAD

Tabla N° 96. Cálculo del contenido de humedad del agregado fino de la cantera "Río Cajamarquino".

CONTENIDO DE HUMEDAD DEL AGREGADO FINO			
MUESTRA	1	2	3
PESO DE TARA (gr)	90.00	92.00	93.00
PESO DE TARA + MUESTRA HÚMEDA (gr)	1715.00	1999.00	2251.00
PESO DE TARA + MUESTRA SECA (gr)	1671.00	1945.00	2189.00
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	2.783	2.914	2.958
PROMEDIO w%	2.885		

Normas: NTP 339.185, ASTM C71, MTC E 203-2000.

iii. MATERIAL QUE PASA LA MALLA N° 200

Tabla N° 97. Material que pasa la malla N° 200 de la cantera "Río Chonta".

ENSAYO N°	1	2	3
Peso seco de la muestra original (gr)	500.00	500.00	500.00
Peso seco de la muestra lavada (gr)	473.00	472.00	475.00
Peso de material que pasa el tamiz N° 200 (gr)	27.00	28.00	25.00
% de material que pasa el tamiz N° 200	5.40%	5.60%	5.00%
PROMEDIO	5.33%		

Norma: NTP 400.018.

iv. PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN

Tabla N° 98. Cálculo del peso específico de masa del agregado fino de la cantera "Río Cajamarquino".

ENSAYO	1°	2°	3°
$W_{\text{agregado SSS}}$ (gr)	500.14	500.17	499.93
W_{fiola} (gr)	157.07	157.07	157.07
$W_{\text{agregado + fiola}}$ (gr)	654.70	654.70	654.70
$W_{\text{fiola + agregado + agua}}$ (gr)	967.12	967.13	967.11
$V_a = V_{\text{agua añadida}}$ (cm ³)	309.91	309.89	310.11
W_{tara} (gr)	103.00	108.00	104.00
$W_{\text{tara + muestra seca}}$ (gr)	596.60	601.50	597.30
$W_o = W_{\text{Muestra Seca}}$ (gr)	493.60	493.50	493.30
Peso específico de masa (gr/cm ³)	2.630	2.630	2.633
PROMEDIO	2.631		

Norma: NTP 400.022.

Tabla N° 99. Cálculo de la absorción y del peso específico aparente del agregado fino de la cantera "Río Cajamarquino".

ENSAYO	1°	2°	3°	PROMEDIO
W ₀ =Peso en el aire de la muestra secada al horno (gr)	493.60	493.50	493.30	493.47
V=Volumen del frasco (cm ³)	500.00	500.00	500.00	500.00
V _a =Peso en gr o volumen del agua añadida al frasco (gr)	309.91	309.89	310.11	309.97
a. Peso específico de masa Pem = W ₀ /(V - V _a)	2.597	2.596	2.598	2.597
b. Peso específico de masa saturada con superficie seca P _{esss} = 500/(V - V _a)	2.630	2.630	2.633	2.631
c. Peso específico aparente P _{ea} = W ₀ /((V - V _a) - (500 - W ₀))	2.687	2.688	2.693	2.689
d. Absorción Abs = ((500 - W ₀)/W ₀) * 100	1.297	1.317	1.358	1.324

Norma: NTP 400.022.

v. RELACIÓN AGUA / CEMENTO DE DISEÑO

$$W \% = 2.885$$

$$Abs \% = 1.324$$

$$W - Abs = 0.454$$

Tabla N° 100. Cálculo de la relación A/C de diseño por proporción para la elaboración de especímenes con agregado de la cantera "Río Cajamarquino".

PROPORCIÓN	1:6	1:5	1:4	1:3	1:2
Arena Seca (Kg)	9.600	10.000	8.800	9.300	9.000
Cemento (Kg)	1.600	2.000	2.200	3.100	4.500
Agua Efectiva (L)	1.550	1.450	1.250	1.750	2.300
Arena Húmeda (L)	9.877	10.289	9.054	9.568	9.260
Agua Diseño (L)	1.704	1.611	1.391	1.899	2.445
A/C Diseño	1.065	0.805	0.632	0.613	0.543

vi. PESO UNITARIO COMPACTADO Y PESO UNITARIO SUELTO SECO

Tabla N° 101. Cálculo del peso específico del agua.

CÁLCULO DEL PESO ESPECÍFICO DEL AGUA	
Peso de fiola + agua (gr)	658.00
Peso de fiola (gr)	160.00
Peso de agua (gr)	498.00
Volumen fiola (cm ³)	500.00
Peso específico=W/V (gr/cm ³)	1.00
P.e. (kg/m³)	996.00

Norma: NTP 400.017.

Tabla N° 102. Cálculo del factor (f).

CÁLCULO DEL FACTOR (f)	
Peso específico del agua (kg/m ³)	996.00
Peso del Cilindro + vidrio (kg)	4.760
Peso del Cilindro + vidrio + Agua (kg)	7.700
Peso Agua (Pagua)=	2.940
f (L/m³) =	338.776

Norma: NTP 400.017.

Tabla N° 103. Cálculo del peso unitario suelto seco del agregado fino de la cantera "Río Cajamarquino".

ENSAYO	1°	2°	3°
Peso del recipiente (kg)	3.812	3.812	3.812
Peso del recipiente + muestra (kg)	8.526	8.528	8.533
Peso de muestra (kg)	4.714	4.716	4.721
f	338.776	338.776	338.776
PUSS (kg/m³)	1596.988	1597.665	1599.359
Peso Unitario Suelto promedio (kg/m³)	1598.004		

Norma: NTP 400.017.

Tabla N° 104. Cálculo del peso unitario compactado del agregado fino de la cantera "Río Cajamarquino".

ENSAYO	1°	2°	3°
Peso del recipiente (kg)	3.812	3.812	3.812
Peso del recipiente + muestra (kg)	8.911	8.913	8.915
Peso de muestra (kg)	5.099	5.101	5.103
f	338.776	338.776	338.776
PUC (kg/m³)	1727.416	1728.094	1728.771
Peso Unitario Compactado promedio (kg/m³)	1728.094		

Norma: NTP 400.017.

vii. ENSAYO DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN A LOS 28 DÍAS

PORPORCIÓN 1:6

Tabla N° 105. Cálculo del Promedio, Desviación Estándar y Coeficiente de Variación de las resistencias a compresión de los especímenes de la cantera "Río Cajamarquino" en proporción 1:6 a los 28 días.

CODIGO	DIMENSIONES		ÁREA (cm ²)	PESO (gr)	CARGA ÚLTIMA (kg)	RESISTENCIA (kg/cm ²)
	ALTO (cm)	DIAMETRO (cm)				
CA01	10.00	5.00	19.63	428	1850	94.22
CA02	10.00	5.00	19.63	440	2100	106.95
CA03	10.00	5.00	19.63	434	1750	89.13
CA04	10.00	5.00	19.63	432	1750	89.13
CA05	10.00	5.00	19.63	438	2000	101.86
CA06	10.00	5.00	19.63	424	1650	84.03
CA07	10.00	5.00	19.63	430	1750	89.13
CA08	10.00	5.00	19.63	428	2150	109.50
CA09	10.00	5.00	19.63	432	2100	106.95
CA10	10.00	5.00	19.63	434	1850	94.22
CA11	10.00	5.00	19.63	432	1850	94.22
CA12	10.00	5.00	19.63	424	1700	86.58
CA13	10.00	5.00	19.63	438	1700	86.58
CA14	10.00	5.00	19.63	434	1900	96.77
CA15	10.00	5.00	19.63	432	1900	96.77
CA16	10.00	5.00	19.63	434	1650	84.03
CA17	10.00	5.00	19.63	422	1750	89.13
CA18	10.00	5.00	19.63	420	1600	81.49
CA19	10.00	5.00	19.63	436	1600	81.49
CA20	10.00	5.00	19.63	434	1850	94.22
CA21	10.00	5.00	19.63	430	1500	76.39
CA22	10.00	5.00	19.63	424	1650	84.03
CA23	10.00	5.00	19.63	426	1650	84.03
CA24	10.00	5.00	19.63	438	1650	84.03
CA25	10.00	5.00	19.63	432	1550	78.94
CA26	10.00	5.00	19.63	426	1650	84.03
CA27	10.00	5.00	19.63	432	2100	106.95
CA28	10.00	5.00	19.63	440	2250	114.59
CA29	10.00	5.00	19.63	426	1550	78.94
CA30	10.00	5.00	19.63	420	2150	109.50
PROMEDIO						91.93
DESVIACIÓN ESTANDAR						10.56
COEFICIENTE DE VARIACIÓN						11.49

Normas: ASTM C305-14 y ASTM C109.

PORPORCIÓN 1:5

Tabla N° 106. Cálculo del Promedio, Desviación Estándar y Coeficiente de Variación de las resistencias a compresión de los especímenes de la cantera "Río Cajamarquino" en proporción 1:5 a los 28 días.

CODIGO	DIMENSIONES		ÁREA (cm ²)	PESO (gr)	CARGA ÚLTIMA (kg)	RESISTENCIA (kg/cm ²)
	ALTO (cm)	DIAMETRO (cm)				
CA01	10.00	5.00	19.63	430	2250	114.59
CA02	10.00	5.00	19.63	438	2500	127.32
CA03	10.00	5.00	19.63	426	2150	109.50
CA04	10.00	5.00	19.63	432	2550	129.87
CA05	10.00	5.00	19.63	440	2450	124.78
CA06	10.00	5.00	19.63	442	2550	129.87
CA07	10.00	5.00	19.63	430	2500	127.32
CA08	10.00	5.00	19.63	434	2350	119.68
CA09	10.00	5.00	19.63	438	2200	112.05
CA10	10.00	5.00	19.63	442	2400	122.23
CA11	10.00	5.00	19.63	436	2500	127.32
CA12	10.00	5.00	19.63	430	2050	104.41
CA13	10.00	5.00	19.63	434	2350	119.68
CA14	10.00	5.00	19.63	434	2400	122.23
CA15	10.00	5.00	19.63	446	2650	134.96
CA16	10.00	5.00	19.63	428	2500	127.32
CA17	10.00	5.00	19.63	434	2450	124.78
CA18	10.00	5.00	19.63	434	2600	132.42
CA19	10.00	5.00	19.63	426	2400	122.23
CA20	10.00	5.00	19.63	422	2250	114.59
CA21	10.00	5.00	19.63	432	3000	152.79
CA22	10.00	5.00	19.63	444	2600	132.42
CA23	10.00	5.00	19.63	452	2800	142.60
CA24	10.00	5.00	19.63	444	2950	150.24
CA25	10.00	5.00	19.63	440	2950	150.24
CA26	10.00	5.00	19.63	442	2500	127.32
CA27	10.00	5.00	19.63	428	2600	132.42
CA28	10.00	5.00	19.63	436	2500	127.32
CA29	10.00	5.00	19.63	430	2750	140.06
CA30	10.00	5.00	19.63	436	2750	140.06
PROMEDIO						128.09
DESVIACIÓN ESTANDAR						11.74
COEFICIENTE DE VARIACIÓN						9.16

Normas: ASTM C305-14 y ASTM C109.

PORPORCIÓN 1:4

Tabla N° 107. Cálculo del Promedio, Desviación Estándar y Coeficiente de Variación de las resistencias a compresión de los especímenes de la cantera "Río Cajamarquino" en proporción 1:4 a los 28 días.

CODIGO	DIMENSIONES		ÁREA (cm ²)	PESO (gr)	CARGA ÚLTIMA (kg)	RESISTENCIA (kg/cm ²)
	ALTO (cm)	DIAMETRO (cm)				
CA01	10.00	5.00	19.63	436	3600	183.35
CA02	10.00	5.00	19.63	440	3400	173.16
CA03	10.00	5.00	19.63	436	3500	178.25
CA04	10.00	5.00	19.63	446	3100	157.88
CA05	10.00	5.00	19.63	438	3500	178.25
CA06	10.00	5.00	19.63	428	3550	180.80
CA07	10.00	5.00	19.63	444	3650	185.89
CA08	10.00	5.00	19.63	446	3500	178.25
CA09	10.00	5.00	19.63	442	3500	178.25
CA10	10.00	5.00	19.63	438	3550	180.80
CA11	10.00	5.00	19.63	432	3450	175.71
CA12	10.00	5.00	19.63	436	3550	180.80
CA13	10.00	5.00	19.63	440	3500	178.25
CA14	10.00	5.00	19.63	432	3650	185.89
CA15	10.00	5.00	19.63	448	3000	152.79
CA16	10.00	5.00	19.63	434	3250	165.52
CA17	10.00	5.00	19.63	436	3000	152.79
CA18	10.00	5.00	19.63	442	2900	147.70
CA19	10.00	5.00	19.63	446	3350	170.61
CA20	10.00	5.00	19.63	436	3500	178.25
CA21	10.00	5.00	19.63	452	3200	162.97
CA22	10.00	5.00	19.63	432	3450	175.71
CA23	10.00	5.00	19.63	450	3200	162.97
CA24	10.00	5.00	19.63	434	3250	165.52
CA25	10.00	5.00	19.63	426	3300	168.07
CA26	10.00	5.00	19.63	440	3150	160.43
CA27	10.00	5.00	19.63	446	3550	180.80
CA28	10.00	5.00	19.63	440	2950	150.24
CA29	10.00	5.00	19.63	442	3600	183.35
CA30	10.00	5.00	19.63	414	2900	147.70
PROMEDIO						170.70
DESVIACIÓN ESTANDAR						11.97
COEFICIENTE DE VARIACIÓN						7.01

Normas: ASTM C305-14 y ASTM C109.

PORPORCIÓN 1:3

Tabla N° 108. Cálculo del Promedio, Desviación Estándar y Coeficiente de Variación de las resistencias a compresión de los especímenes de la cantera "Río Cajamarquino" en proporción 1:3 a los 28 días.

CODIGO	DIMENSIONES		ÁREA (cm ²)	PESO (gr)	CARGA ÚLTIMA (kg)	RESISTENCIA (kg/cm ²)
	ALTO (cm)	DIAMETRO (cm)				
CA01	10.00	5.00	19.63	442	4800	244.46
CA02	10.00	5.00	19.63	460	4700	239.37
CA03	10.00	5.00	19.63	446	4600	234.28
CA04	10.00	5.00	19.63	448	5100	259.74
CA05	10.00	5.00	19.63	440	5100	259.74
CA06	10.00	5.00	19.63	452	4950	252.10
CA07	10.00	5.00	19.63	448	5400	275.02
CA08	10.00	5.00	19.63	440	4400	224.09
CA09	10.00	5.00	19.63	436	4800	244.46
CA10	10.00	5.00	19.63	438	4450	226.64
CA11	10.00	5.00	19.63	432	4900	249.55
CA12	10.00	5.00	19.63	444	5150	262.29
CA13	10.00	5.00	19.63	458	4700	239.37
CA14	10.00	5.00	19.63	440	4550	231.73
CA15	10.00	5.00	19.63	456	4400	224.09
CA16	10.00	5.00	19.63	438	4600	234.28
CA17	10.00	5.00	19.63	430	4350	221.54
CA18	10.00	5.00	19.63	438	4400	224.09
CA19	10.00	5.00	19.63	450	4900	249.55
CA20	10.00	5.00	19.63	448	4050	206.26
CA21	10.00	5.00	19.63	448	4800	244.46
CA22	10.00	5.00	19.63	450	4700	239.37
CA23	10.00	5.00	19.63	446	4900	249.55
CA24	10.00	5.00	19.63	444	4800	244.46
CA25	10.00	5.00	19.63	446	4700	239.37
CA26	10.00	5.00	19.63	438	4950	252.10
CA27	10.00	5.00	19.63	448	4500	229.18
CA28	10.00	5.00	19.63	436	4750	241.92
CA29	10.00	5.00	19.63	442	5050	257.19
CA30	10.00	5.00	19.63	442	5050	257.19
PROMEDIO						241.92
DESVIACIÓN ESTANDAR						14.74
COEFICIENTE DE VARIACIÓN						6.09

Normas: ASTM C305-14 y ASTM C109.

PORPORCIÓN 1:2

Tabla N° 109. Cálculo del Promedio, Desviación Estándar y Coeficiente de Variación de las resistencias a compresión de los especímenes de la cantera "Río Cajamarquino" en proporción 1:2 a los 28 días.

CODIGO	DIMENSIONES		ÁREA (cm ²)	PESO (gr)	CARGA ÚLTIMA (kg)	RESISTENCIA (kg/cm ²)
	ALTO (cm)	DIAMETRO (cm)				
CA01	10.00	5.00	19.63	454	5900	300.48
CA02	10.00	5.00	19.63	456	5950	303.03
CA03	10.00	5.00	19.63	456	6050	308.12
CA04	10.00	5.00	19.63	452	5800	295.39
CA05	10.00	5.00	19.63	452	6100	310.67
CA06	10.00	5.00	19.63	446	6050	308.12
CA07	10.00	5.00	19.63	436	6100	310.67
CA08	10.00	5.00	19.63	458	6050	308.12
CA09	10.00	5.00	19.63	440	5800	295.39
CA10	10.00	5.00	19.63	444	5300	269.93
CA11	10.00	5.00	19.63	468	5750	292.85
CA12	10.00	5.00	19.63	454	6100	310.67
CA13	10.00	5.00	19.63	448	5400	275.02
CA14	10.00	5.00	19.63	438	5900	300.48
CA15	10.00	5.00	19.63	440	5450	277.57
CA16	10.00	5.00	19.63	456	5850	297.94
CA17	10.00	5.00	19.63	450	6250	318.31
CA18	10.00	5.00	19.63	438	5750	292.85
CA19	10.00	5.00	19.63	446	5800	295.39
CA20	10.00	5.00	19.63	452	5500	280.11
CA21	10.00	5.00	19.63	448	6100	310.67
CA22	10.00	5.00	19.63	444	5450	277.57
CA23	10.00	5.00	19.63	442	5500	280.11
CA24	10.00	5.00	19.63	452	5800	295.39
CA25	10.00	5.00	19.63	440	6100	310.67
CA26	10.00	5.00	19.63	440	6250	318.31
CA27	10.00	5.00	19.63	450	5500	280.11
CA28	10.00	5.00	19.63	454	5800	295.39
CA29	10.00	5.00	19.63	448	5600	285.21
CA30	10.00	5.00	19.63	452	5650	287.75
PROMEDIO						296.41
DESVIACIÓN ESTANDAR						13.60
COEFICIENTE DE VARIACIÓN						4.59

Normas: ASTM C305-14 y ASTM C109.

viii. ENSAYO DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN A LOS 60 DÍAS

PORPORCIÓN 1:6

Tabla N° 110. Cálculo del Promedio, Desviación Estándar y Coeficiente de Variación de las resistencias a compresión de los especímenes de la cantera "Río Cajamarquino" en proporción 1:6 a los 60 días.

CODIGO	DIMENSIONES		ÁREA (cm ²)	PESO (gr)	CARGA ÚLTIMA (kg)	RESISTENCIA (kg/cm ²)
	ALTO (cm)	DIAMETRO (cm)				
CA01	10.00	5.00	19.63	413	3040	154.83
CA02	10.00	5.00	19.63	418	2600	132.42
CA03	10.00	5.00	19.63	418	2960	150.75
CA04	10.00	5.00	19.63	435	3040	154.83
CA05	10.00	5.00	19.63	415	3060	155.84
PROMEDIO						149.73
DESVIACIÓN ESTANDAR						9.88
COEFICIENTE DE VARIACIÓN						6.60

Normas: ASTM C305-14 y ASTM C109.

PORPORCIÓN 1:5

Tabla N° 111. Cálculo del Promedio, Desviación Estándar y Coeficiente de Variación de las resistencias a compresión de los especímenes de la cantera "Río Cajamarquino" en proporción 1:5 a los 60 días.

CODIGO	DIMENSIONES		ÁREA (cm ²)	PESO (gr)	CARGA ÚLTIMA (kg)	RESISTENCIA (kg/cm ²)
	ALTO (cm)	DIAMETRO (cm)				
CA01	10.00	5.00	19.63	413	3580	182.33
CA02	10.00	5.00	19.63	419	3120	158.90
CA03	10.00	5.00	19.63	421	3660	186.40
CA04	10.00	5.00	19.63	429	3380	172.14
CA05	10.00	5.00	19.63	432	3160	160.94
PROMEDIO						172.14
DESVIACIÓN ESTANDAR						12.33
COEFICIENTE DE VARIACIÓN						7.16

Normas: ASTM C305-14 y ASTM C109.

PORPORCIÓN 1:4

Tabla N° 112. Cálculo del Promedio, Desviación Estándar y Coeficiente de Variación de las resistencias a compresión de los especímenes de la cantera "Río Cajamarquino" en proporción 1:4 a los 60 días.

CODIGO	DIMENSIONES		ÁREA (cm ²)	PESO (gr)	CARGA ÚLTIMA (kg)	RESISTENCIA (kg/cm ²)
	ALTO (cm)	DIAMETRO (cm)				
CA01	10.00	5.00	19.63	449	4440	226.13
CA02	10.00	5.00	19.63	429	4760	242.42
CA03	10.00	5.00	19.63	433	4800	244.46
CA04	10.00	5.00	19.63	428	4900	249.55
CA05	10.00	5.00	19.63	449	4500	229.18
PROMEDIO						238.35
DESVIACIÓN ESTANDAR						10.16
COEFICIENTE DE VARIACIÓN						4.26

Normas: ASTM C305-14 y ASTM C109.

PORPORCIÓN 1:3

Tabla N° 113. Cálculo del Promedio, Desviación Estándar y Coeficiente de Variación de las resistencias a compresión de los especímenes de la cantera "Río Cajamarquino" en proporción 1:3 a los 60 días.

CODIGO	DIMENSIONES		ÁREA (cm ²)	PESO (gr)	CARGA ÚLTIMA (kg)	RESISTENCIA (kg/cm ²)
	ALTO (cm)	DIAMETRO (cm)				
CA01	10.00	5.00	19.63	436	5400	275.02
CA02	10.00	5.00	19.63	436	5600	285.21
CA03	10.00	5.00	19.63	437	5840	297.43
CA04	10.00	5.00	19.63	427	5600	285.21
CA05	10.00	5.00	19.63	428	5000	254.65
PROMEDIO						279.50
DESVIACIÓN ESTANDAR						16.00
COEFICIENTE DE VARIACIÓN						5.73

Normas: ASTM C305-14 y ASTM C109.

PORPORCIÓN 1:2

Tabla N° 114. Cálculo del Promedio, Desviación Estándar y Coeficiente de Variación de las resistencias a compresión de los especímenes de la cantera "Río Cajamarquino" en proporción 1:2 a los 60 días.

CODIGO	DIMENSIONES		ÁREA (cm ²)	PESO (gr)	CARGA ÚLTIMA (kg)	RESISTENCIA (kg/cm ²)
	ALTO (cm)	DIAMETRO (cm)				
CA01	10.00	5.00	19.63	436	6540	333.08
CA02	10.00	5.00	19.63	434	6000	305.58
CA03	10.00	5.00	19.63	435	6260	318.82
CA04	10.00	5.00	19.63	443	5600	285.21
CA05	10.00	5.00	19.63	441	6600	336.14
PROMEDIO						315.76
DESVIACIÓN ESTANDAR						20.99
COEFICIENTE DE VARIACIÓN						6.65

Normas: ASTM C305-14 y ASTM C109.

APENDICE 02: COSTOS DE MATERIAL PARA ELABORACIÓN DE MORTERO

Tabla N° 115. Cálculo del factor de materiales de mortero para un volumen de 1 m³.

CANTERA	MATERIAL PARA UNA RESISTENCIA DE 180 Kg/cm ² (LADRILLO TIPO V)									
	MATERIAL EN PESO (Kg)			Puss (Kg/m ³)	MATERIAL EN VOLUMEN (pie ³)		MATERIALES POR 1 M3 (m ³)			
	C	AF	w		C	AF	C	AF	w	FACTOR
EL GAVILÁN	1.00	6.00	1.00	1582.87	1.00	5.69	0.03	0.16	0.0010	5.25
EL GUITARRERO	1.00	5.86	1.00	1547.87	1.00	5.68	0.03	0.16	0.0010	5.26
RÍO CHONTA	1.00	4.14	0.70	1626.12	1.00	3.82	0.03	0.11	0.0007	7.29
RÍO CAJAMARQUINO	1.00	3.82	0.70	1598.00	1.00	3.59	0.03	0.10	0.0007	7.66
NORMA E070	-				1.00	5.00	0.03	0.14	0.0007	5.86

Tabla N° 116. Cálculo de costos de materiales para 1 m³ de la cantera El Gavilán.

CANTERA	EL GAVILÁN		
	CANT. MATERIAL	COSTO (S/)	SUBTOTAL (S/)
CEMENTO (bol)	5.25	20.00	105.03
ARENA (m ³)	0.85	30.00	25.38
COSTO TOTAL			130.41

Tabla N° 117. Cálculo de costos de materiales para 1 m³ de la cantera El Guitarrero.

CANTERA	EL GUITARRERO		
	CANT. MATERIAL	COSTO (S/)	SUBTOTAL (S/)
CEMENTO (bol)	5.26	20.00	105.14
ARENA (m ³)	0.85	30.00	25.38
COSTO TOTAL			130.52

Tabla N° 118. Cálculo de costos de materiales para 1 m³ de la cantera Río Chonta.

CANTERA	RÍO CHONTA		
	CANT. MATERIAL	COSTO (S/)	SUBTOTAL (S/)
CEMENTO (bol)	7.29	20.00	145.75
ARENA (m ³)	0.79	60.00	47.31
COSTO TOTAL			193.06

Tabla N° 119. Cálculo de costos de materiales para 1 m³ de la cantera Río Cajamarquino.

CANTERA	RÍO CAJAMARQUINO		
	CANT. MATERIAL	COSTO (S/)	SUBTOTAL (S/)
CEMENTO (bol)	7.66	20.00	153.13
ARENA (m ³)	0.78	60.00	46.67
COSTO TOTAL			199.80

Tabla N° 120. Cálculo de costos de materiales para 1 m³ norma E070.

CANTERA	NORMA E070				
	CANT. MATERIAL	COSTO CERRO (S/)	COSTO RÍO (S/)	SUBTOTAL CERRO (S/)	SUBTOTAL RÍO (S/)
CEMENTO (bol)	5.86	20.00	20.00	117.23	117.23
ARENA (m ³)	0.83	30.00	60.00	24.90	49.79
COSTO TOTAL				142.13	167.03

APÉNDICE 03: GRÁFICAS f'_c VS PROPORCIÓN

I. CANTERA "EL GAVILÁN"

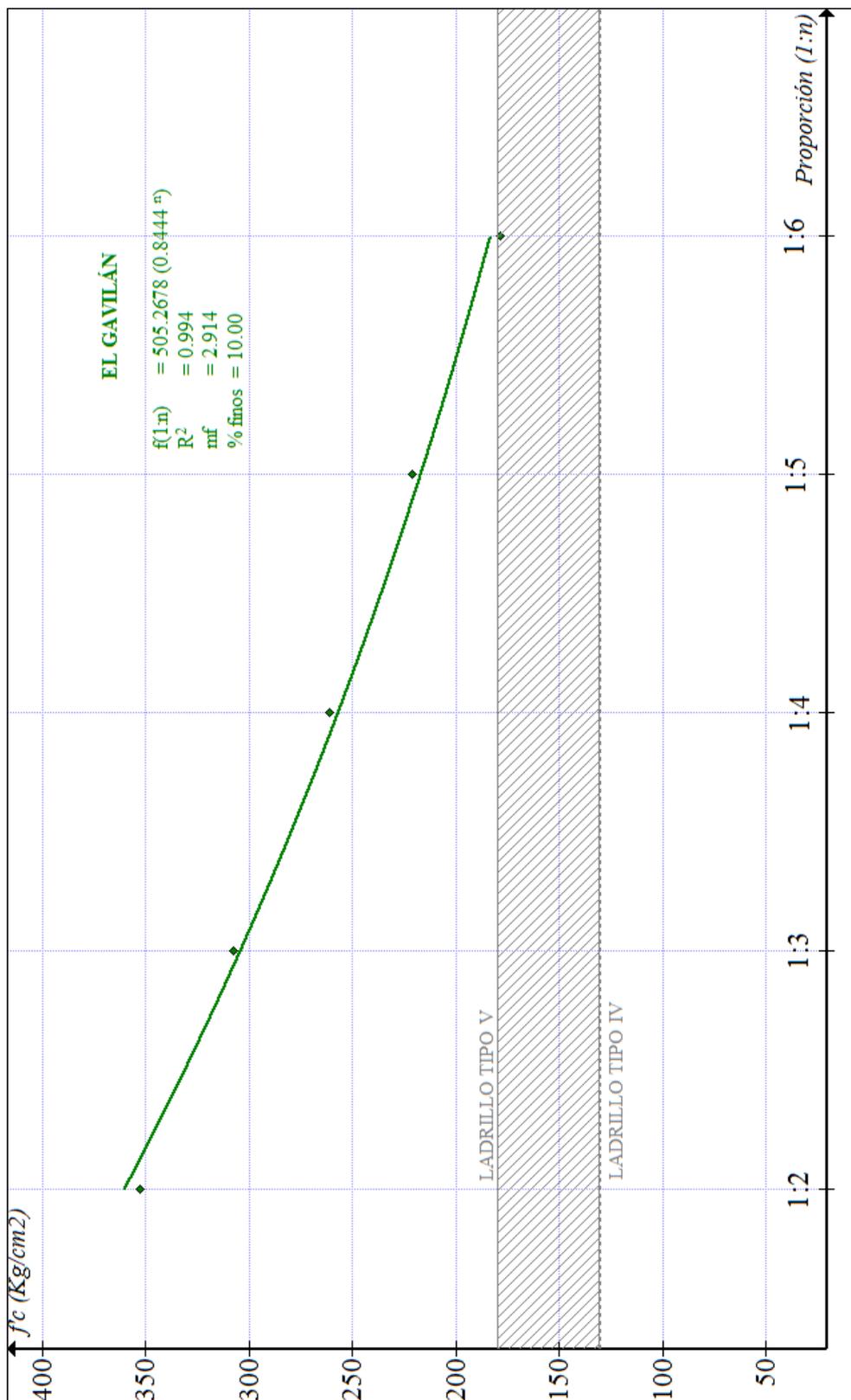


Figura N° 38. Gráfico Resistencia a Compresión vs Proporción de la cantera "El Gavilán".

II. CANTERA “EL GUITARRERO”

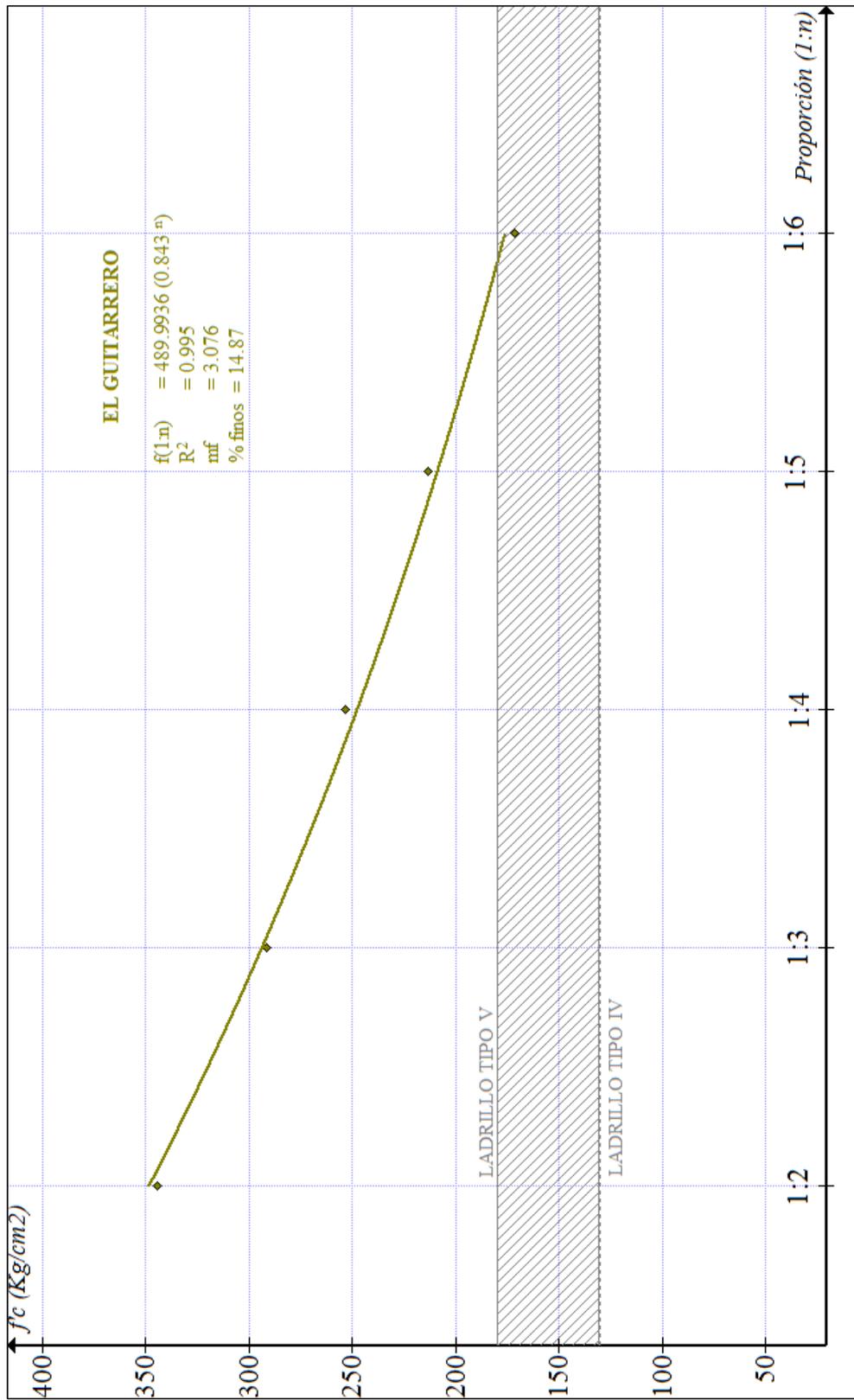


Figura N° 39. Gráfico Resistencia a Compresión vs Proporción de la cantera “El Guitarrero”.

III. CANTERA “RÍO CHONTA”

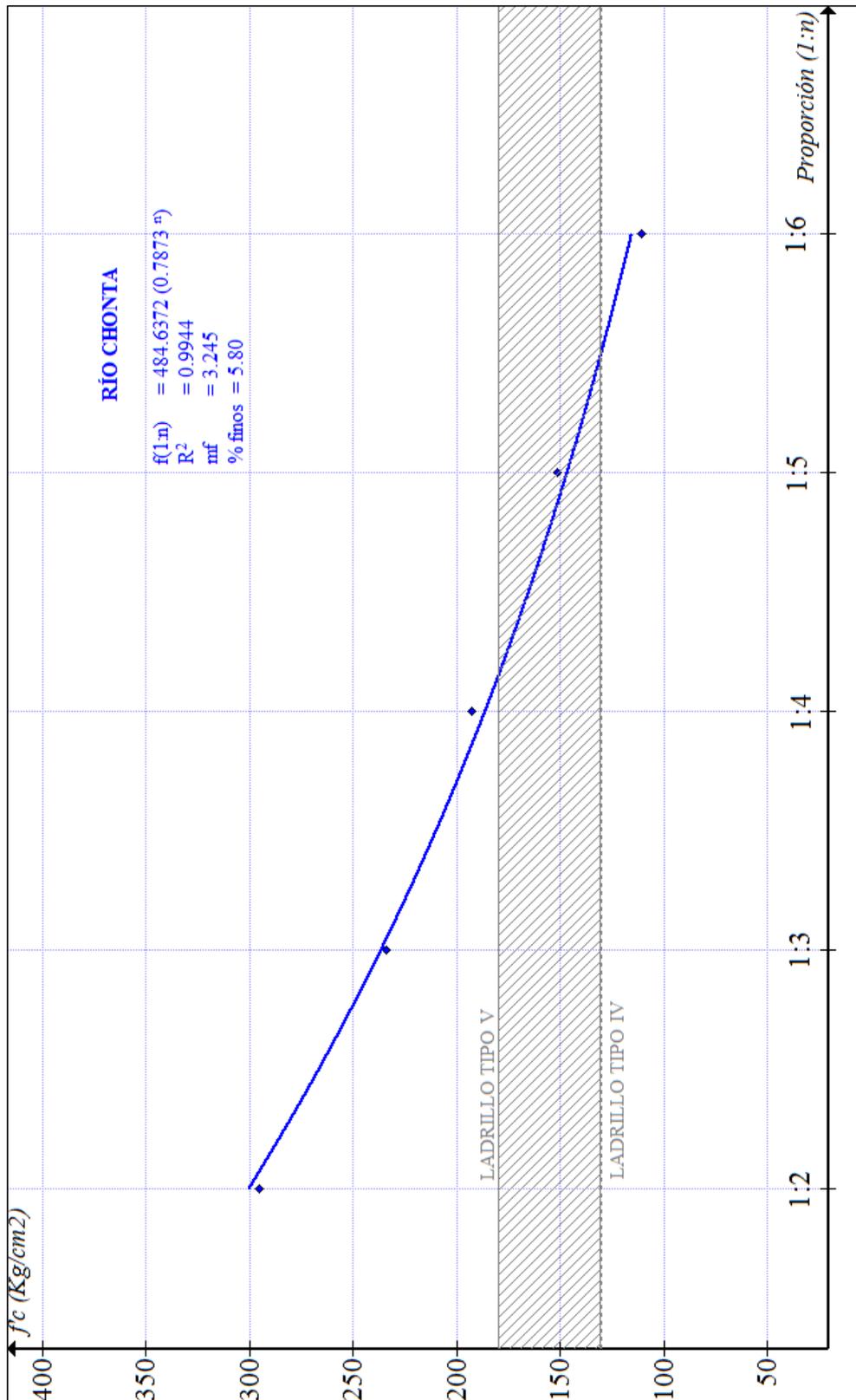


Figura N° 40. Gráfico Resistencia a Compresión vs Proporción de la cantera “Río Chonta”.

IV. CANTERA "RÍO CAJAMARQUINO"

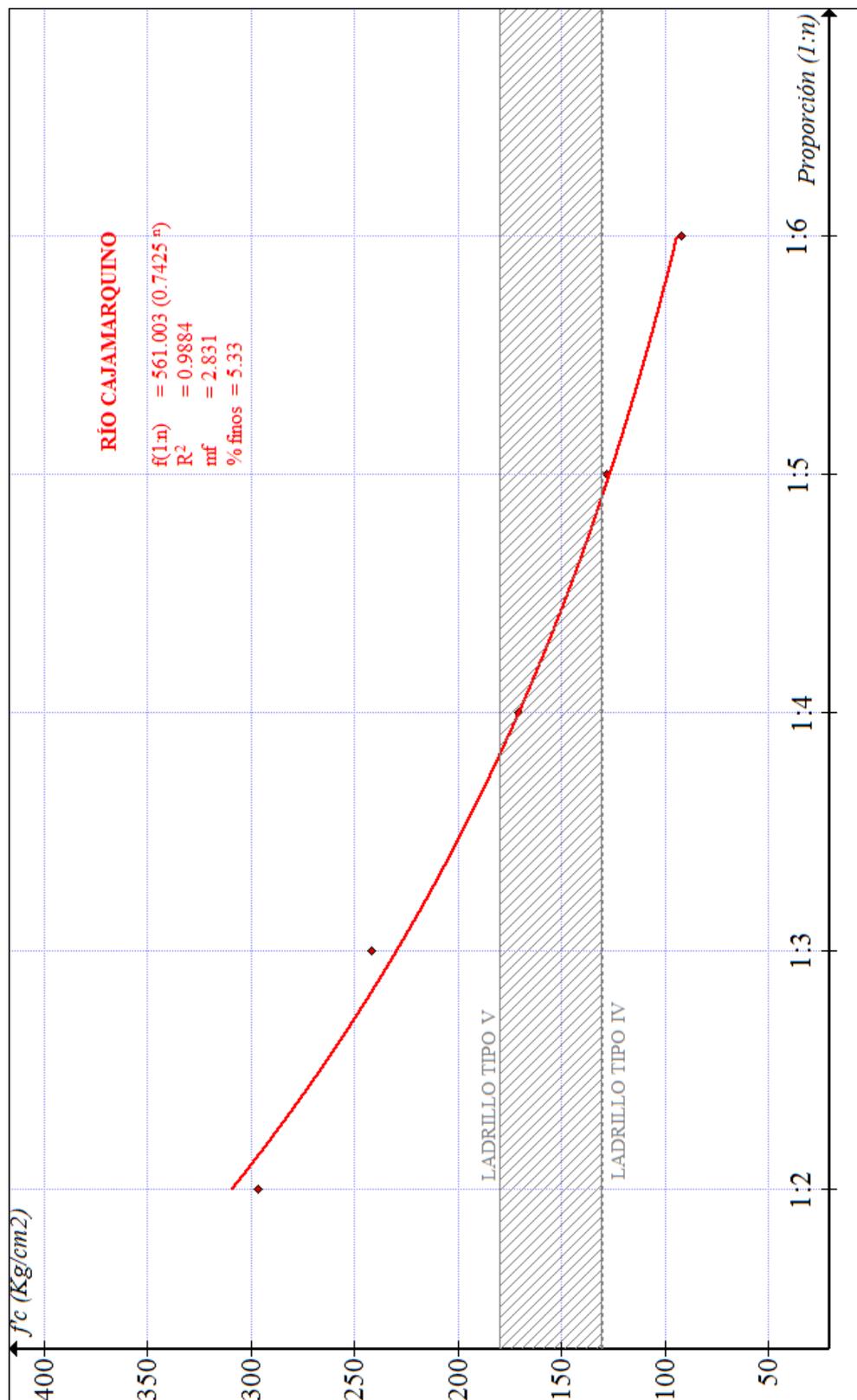


Figura N° 41. Gráfico Resistencia a Compresión vs Proporción de la cantera "Río Cajamarquino".

APÉNDICE 04: PROGRAMA EXCEL

La hoja de cálculo Excel se encuentra de forma digital en el CD, en la dirección:
CD://Programa/Programa.exe.

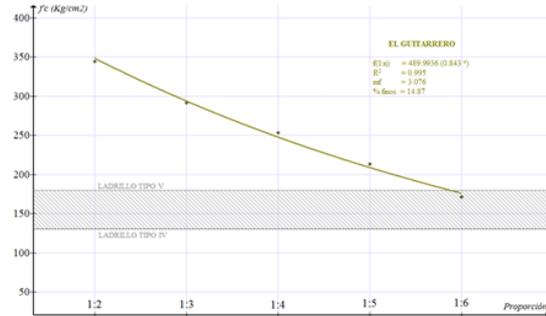
CÁLCULO DE PROPORCIÓN Y RESISTENCIA DE LA CANTERA "GUITARREROS"

CÁLCULO DE PROPORCIÓN

RESISTENCIA: 348.21 [172.86-348.21] Kg/cm²
 PROPORCIÓN: 1 : 2.00

CÁLCULO DE RESISTENCIA

PROPORCIÓN: 1 : 2.00 [2-6]
 RESISTENCIA: 348.21 Kg/cm²



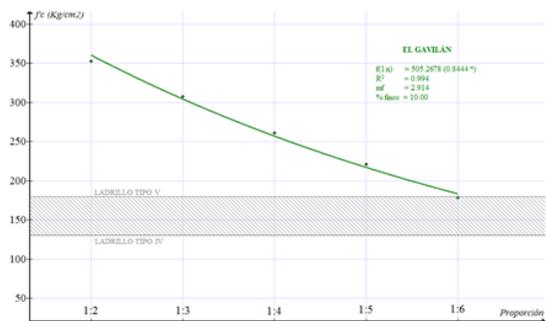
CÁLCULO DE PROPORCIÓN Y RESISTENCIA DE LA CANTERA "GAVILÁN"

CÁLCULO DE PROPORCIÓN

RESISTENCIA: 183.16 [183.16-360.26] Kg/cm²
 PROPORCIÓN: 1 : 6.00

CÁLCULO DE RESISTENCIA

PROPORCIÓN: 1 : 6.00 [2-6]
 RESISTENCIA: 183.15 Kg/cm²



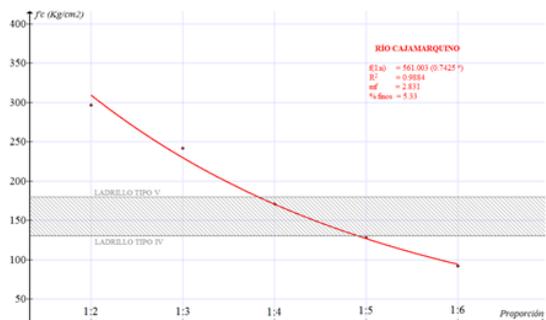
CÁLCULO DE PROPORCIÓN Y RESISTENCIA DE LA CANTERA "RÍO CAJAMARQUINO"

CÁLCULO DE PROPORCIÓN

RESISTENCIA: 94.01 [94.01-309.28] Kg/cm²
 PROPORCIÓN: 1 : 6.00

CÁLCULO DE RESISTENCIA

PROPORCIÓN: 1 : 6.00 [2-6]
 RESISTENCIA: 94.00 Kg/cm²



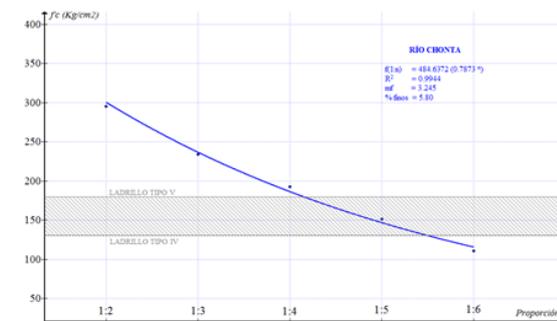
CÁLCULO DE PROPORCIÓN Y RESISTENCIA DE LA CANTERA "RÍO CHONTA"

CÁLCULO DE PROPORCIÓN

RESISTENCIA: 115.42 [115.42-300.39] Kg/cm²
 PROPORCIÓN: 1 : 6.00

CÁLCULO DE RESISTENCIA

PROPORCIÓN: 1 : 2.00 [2-6]
 RESISTENCIA: 300.40 Kg/cm²



APÉNDICE 06: FOTOGRAFÍAS

I. FOTOGRAFÍAS DE LOS MATERIALES E INSUMOS



Imagen N°1. Fotografía del Cemento Pacasmayo Tipo I.



Imagen N°2. Fotografía de los agregados de las canteras "El Guitarrero", "El Gavilán", "Río Chonta" y "Río Cajamarquino".



Imagen N°3. Fotografía de los moldes para elaboración de especímenes de mortero.

II. FOTOGRAFÍAS DE ENSAYOS FÍSICOS Y ELABORACIÓN DE ESPECÍMENES DE MORTERO



Imagen N°4. Fotografía de tamizado de agregado con la Malla # 3/8.



Imagen N°5. Fotografía de ensayos Propiedades Físicas de los agregados de las diferentes Canteras.



Imagen N°6. Fotografía de la elaboración y curado de especímenes de mortero de la cantera "El Guitarrero".



Imagen N°7. Fotografía de la elaboración y curado de especímenes de mortero de la cantera “El Gavilán”.



Imagen N°8. Fotografía de la elaboración y curado de especímenes de mortero de la cantera “Río Chonta”.



Imagen N°9. Fotografía de la elaboración y curado de especímenes de mortero de la cantera “Río Cajamarquino”.

III. PESAJE Y ENSAYO A COMPRESIÓN DE ESPECÍMENES A LOS 28 DÍAS



Imagen N°10. Fotografía de pesaje de los especímenes de la cantera "El Guitarrero".



Imagen N°11. Fotografía de pesaje de los especímenes de la cantera "El Gavilán".



Imagen N°12. Fotografía de pesaje de los especímenes de la cantera "Río Chonta".



Imagen N°13. Fotografía de pesaje de los especímenes de la cantera "Río Cajamarquino".

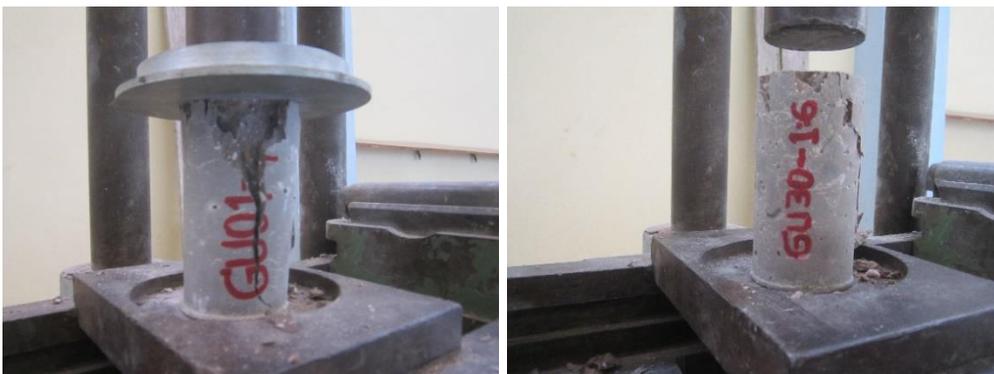


Imagen N°14. Fotografía de ensayo de resistencia a compresión de los especímenes de la cantera "El Guitarrero".



Imagen N°15. Fotografía de ensayo de resistencia a compresión de los especímenes de la cantera "El Gavilán".

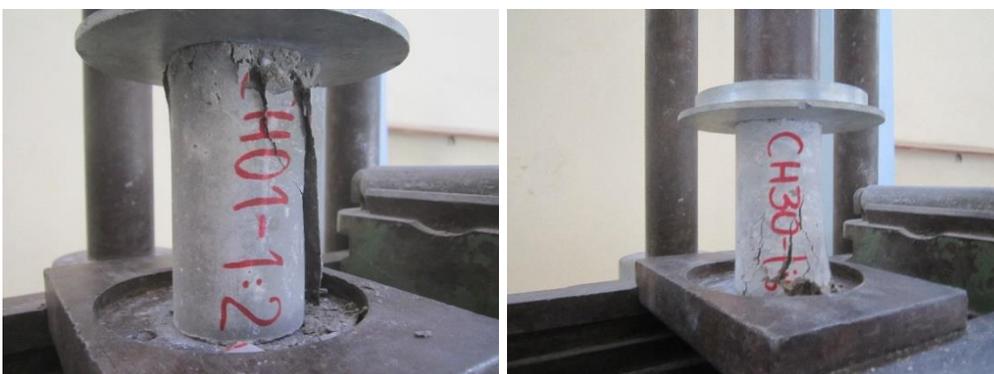


Imagen N°16. Fotografía de ensayo de resistencia a compresión de los especímenes de la cantera "Río Chonta".



Imagen N°17. Fotografía de ensayo de resistencia a compresión de los especímenes de la cantera "Río Cajamarquino".

IV. PESAJE Y ENSAYO A COMPRESIÓN DE ESPECÍMENES A LOS 60 DÍAS

Imagen N°18. Fotografía de pesaje de los especímenes de la cantera "El Guitarrero".



Imagen N°19. Fotografía de pesaje de los especímenes de la cantera "El Gavilán".



Imagen N°20. Fotografía de pesaje de los especímenes de la cantera "Río Chonta".



Imagen N°21. Fotografía de pesaje de los especímenes de la cantera "Río Cajamarquino".



Imagen N°22. Fotografía de ensayo de resistencia a compresión de los especímenes de la cantera "El Guitarrero".



Imagen N°23. Fotografía de ensayo de resistencia a compresión de los especímenes de la cantera "El Gavilán".

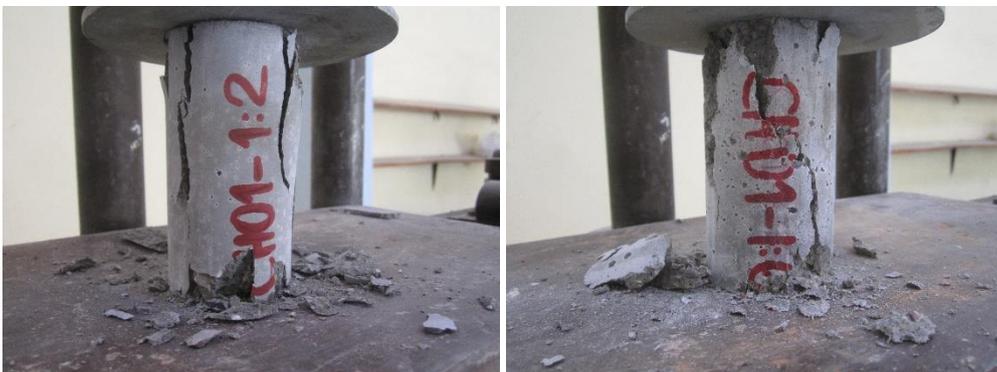


Imagen N°24. Fotografía de ensayo de resistencia a compresión de los especímenes de la cantera "Río Chonta".

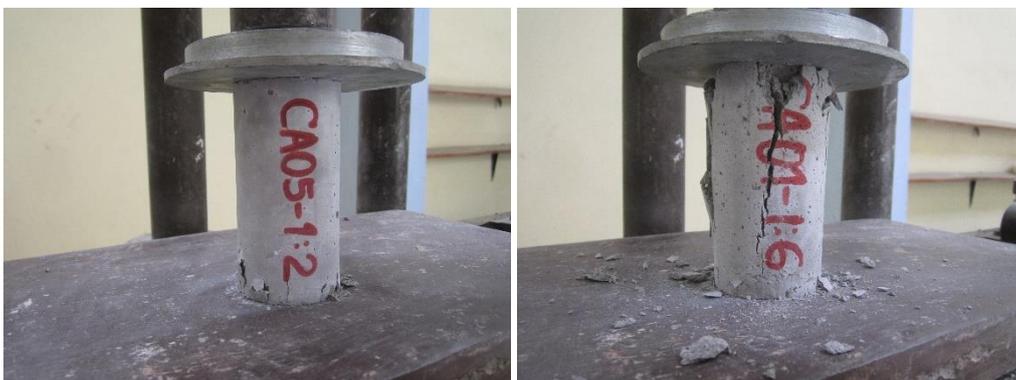


Imagen N°25. Fotografía de ensayo de resistencia a compresión de los especímenes de la cantera "Río Cajamarquino".

ANEXO 01: FICHA TÉCNICA DEL CEMENTO PORTLAND TIPO I



CEMENTOS PACASMAYO S.A.A.

Calle La Colonia Nro. 150 Urb. El Vivero de Monterrico Santiago de Surco - Lima
Carretera Panamericana Norte Km. 666 Pacasmayo - La Libertad
Teléfono 317 - 6000



SGC-REG-06-G0002
Versión 01

Cemento Portland Tipo I

Conforme a la NTP 334.009 / ASTM C150

Pacasmayo, 20 de Julio del 2016

COMPOSICIÓN QUÍMICA		CPSAA	Requisito NTP 334.009 / ASTM C150
MgO	%	2.2	Máximo 6.0
SO3	%	2.8	Máximo 3.0
Pérdida por Ignición	%	3.0	Máximo 3.5
Residuo Insoluble	%	0.73	Máximo 1.5

PROPIEDADES FÍSICAS		CPSAA	Requisito NTP 334.009 / ASTM C150
Contenido de Aire	%	8	Máximo 12
Expansión en Autoclave	%	0.10	Máximo 0.80
Superficie Específica	cm ² /g	3770	Mínimo 2800
Densidad	g/mL	3.12	NO ESPECIFICA

Resistencia Compresión :

Resistencia Compresión a 3días	MPa (Kg/cm ²)	31.7 (323)	Mínimo 12.0 (Mínimo 122)
Resistencia Compresión a 7días	MPa (Kg/cm ²)	38.5 (392)	Mínimo 19.0 (Mínimo 194)
Resistencia Compresión a 28días (*)	MPa (Kg/cm ²)	46.5 (474)	Mínimo 28.0 (Mínimo 286)

Tiempo de Fraguado Vicat :

Fraguado Inicial	min	132	Mínimo 45
Fraguado Final	min	289	Máximo 375

Los resultados arriba mostrados, corresponden al promedio del cemento despachado durante el periodo del 01-06-2016 al 30-06-2016
La resistencia a la compresión a 28 días corresponde al mes de Mayo 2016

(*) Requisito opcional.

Ing. Ivanoff V. Rojas Tello
Superintendente de Control de Calidad

Solicitado por : Distribuidora Norte Pacasmayo S.R.L.

Está totalmente prohibida la reproducción total o parcial de este documento sin la autorización de Cementos Pacasmayo S.A.A.

ANEXO 02: VIVIENDAS SEGÚN MATERIAL PREDOMINANTE INEI 2015

VIVIENDA

VIVIENDAS PARTICULARES SEGÚN MATERIAL PREDOMINANTE EN LAS PAREDES EXTERIORES Y ÁREA DE RESIDENCIA, 2001 - 2015

(Porcentaje del total de viviendas particulares)

Material predominante en las paredes exteriores / Área de residencia	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Total	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
Ladrillo o bloque de cemento	44.3	45.4	45.4	45.1	46.0	46.7	48.2	49.4	50.1	51.4	50.6	51.5	52.2	51.7	51.7
Piedra o sillar con cal o cemento	1.1	1.3	0.7	0.8	0.8	0.9	0.8	0.6	0.7	0.7	0.7	0.8	0.7	0.6	0.6
Adobe o tapia	40.0	37.3	37.8	38.7	37.4	38.1	35.7	34.9	34.8	34.2	34.4	34.1	33.6	34.3	33.5
Quincha (caña con barro)	2.7	3.2	2.9	2.4	2.5	2.2	2.0	1.8	1.8	1.7	1.8	1.8	1.8	1.6	1.7
Piedra con barro	1.1	1.8	1.3	1.2	1.3	1.0	1.2	1.1	0.9	0.9	1.0	1.0	0.9	0.9	0.8
Madera	7.2	7.4	7.5	7.0	7.3	6.1	5.8	6.3	6.6	6.1	6.9	7.0	7.6	7.7	8.5
Estera	1.0	1.1	0.9	1.0	0.7	0.6	0.9	1.1	0.9	0.6	0.7	0.4	0.4	0.4	0.4
Otro material 1/	2.4	2.5	3.4	3.9	3.9	4.4	5.2	4.8	4.2	4.4	3.9	3.4	2.8	2.8	2.8
Urbana	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
Ladrillo o bloque de cemento	63.0	63.7	63.8	62.9	63.5	63.7	64.9	65.7	66.4	67.4	66.2	67.0	67.2	66.4	66.0
Piedra o sillar con cal o cemento	1.3	1.6	0.8	1.0	1.0	1.1	1.0	0.7	0.9	0.9	0.8	1.0	0.8	0.7	0.7
Adobe o tapia	24.6	22.5	22.6	23.5	23.3	23.7	21.5	20.8	20.6	20.5	21.1	20.8	20.8	21.7	21.0
Quincha (caña con barro)	2.2	2.6	2.5	2.0	2.2	1.9	1.9	1.7	1.8	1.5	1.7	1.8	1.8	1.6	1.7
Piedra con barro	0.2	0.4	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.1	0.2	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1
Madera	6.2	6.2	7.1	6.0	6.2	4.8	4.9	5.3	5.5	4.8	5.7	5.8	6.3	6.5	7.5
Estera	1.2	1.2	1.0	1.2	0.9	0.8	1.1	1.2	1.0	0.6	0.8	0.5	0.4	0.5	0.4
Otro material 1/	1.4	1.9	2.1	3.2	2.6	3.8	4.5	4.4	3.7	4.2	3.5	3.1	2.5	2.4	2.5

Rural	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
Ladrillo o bloque de cemento	4.4	4.4	4.4	4.6	4.5	4.8	5.5	5.5	5.6	5.9	6.3	6.2	6.9	7.3	7.3
Piedra o sillar con cal o cemento	0.7	0.6	0.5	0.4	0.4	0.5	0.4	0.3	0.3	0.2	0.3	0.2	0.4	0.3	0.4
Adobe o tapia	73.0	70.4	72.0	73.2	70.8	73.4	72.2	73.0	73.7	73.4	72.3	72.9	72.3	72.1	72.5
Quincha (caña con barro)	4.0	4.8	3.8	3.3	3.2	2.9	2.2	1.9	1.8	2.2	2.0	1.7	1.8	1.6	1.5
Piedra con barro	3.2	5.1	3.8	3.4	3.9	3.1	3.9	3.5	3.0	3.1	3.4	3.7	3.2	3.3	2.9
Madera	9.4	9.9	8.6	9.2	9.7	9.2	8.2	9.0	9.4	9.9	10.5	10.7	11.4	11.3	11.5
Estera	0.6	1.0	0.5	0.4	0.5	0.3	0.6	0.8	0.5	0.5	0.4	0.4	0.4	0.3	0.3
Otro material 1/	4.6	3.9	6.4	5.5	7.0	5.9	7.0	6.0	5.7	4.9	4.9	4.2	3.6	3.7	3.6

1/ Comprende otros materiales como: Caña partida, carrizo, madera con barro, caña brava y pona (palmera de la amazonía de la cual se extrae la chonta que es una madera muy dura de color negro con pequeños jaspes blancos).

Fuente: Instituto Nacional de Estadística e Informática - Encuesta Nacional de Hogares.

ANEXO 03: ESTUDIO TECNOLÓGICO DE LAS CANTERAS EN ESTUDIO

Cantera "El Guitarrero"

Ubicación: Se encuentra ubicada al SE de la ciudad de Cajamarca, al costado derecho de la carretera Cajamarca - Pacasmayo, a una altitud de 2850 m.s.n.m.

Geología: La cantera en estudio está conformada por unidades litológicas sedimentarias, representadas por el cretáceo inferior perteneciente al grupo Goyllarisquizga, formación Chimú. Así mismo la zona estudiada contiene areniscas cuarzosas en la parte inferior y cuarcitas blancas en bancos gruesos en la parte superior, se encuentra roca facturada por diastrofismo, su textura es de grano fino y grueso, constituida por gravas gravillas y arenas en forma angular, su color varía de blanco a rojizo, se encuentra en estratos potentes. Su estructura es granular simple, encontrándose estratos muy densos, cuya orientación es de N 85° W y el buzamiento es de 30° EN.

Cantera "El Gavilán"

Ubicación: Se encuentra ubicada al Sur - Este de la ciudad de Cajamarca en las faldas de cerro "ventanilla" cerca al abra el Gavilán, al costado derecho de la carretera Cajamarca - Pacasmayo, a una altitud de 3250 m.s.n.m. Tiene una extensión aproximada de 37 Hectáreas.

Geología: Esta zona está conformada por unidades litológicas sedimentarias, representadas por el cretáceo inferior. La unidad litológica predominante es casi homogénea, presenta areniscas cuarzosas en la parte inferior y cuarcitas blancas en bancos gruesos en la parte superior. Es una roca muy fracturada por diástrofismo y su color varía de blanco amarillento a blanco rojizo con bastantes oxidaciones de fierro. Su textura es de grano fino a grueso constituido por gravas, gravillas de forma irregular y redondeada. Su estructura es granular simple por no presentar cohesión,

El material puede ser suelto encontrándose este en la parte suprayacente y más consistente a medida como se profundizan los estratos. Los agentes de meteorización de la roca fundamentalmente son: La descomposición de la roca, la cual se da por la oxidación, El viento porque no sólo transporta el material de roca meteorizada de uno a otro sitio, sino que también erosiona a la roca.



Cantera "Río Chonta"

Ubicación: Está ubicada con un rumbo de S 86° E, con respecto a la ciudad de Cajamarca, aproximadamente a 500 m. del distrito de los Baños del Inca, en el río Chonta. Se halla constituida de agregado fino (arena) y agregado grueso (grava) de río.

Geología: Esta cantera está constituida por grandes acumulaciones de material fluvial, formando terrazas discontinuas de aproximadamente 0.90 m. de potencia. El material se caracteriza por su litología consistente en cantos rodados de formas ovoides demostrando haber recorrido una gran distancia y haberse sujetado al fenómeno de fricción que generalmente favorece la forma redondeada de los fragmentos rocosos.



Cantera "Río Cajamarquino"

Ubicación: Está ubicada con un rumbo de S 69° E, con respecto a la ciudad de Cajamarca, en el Fundo "La Victoria", se halla constituido de agregado fino (arena) y agregado grueso (grava) de río. Para extraer el material existe buena accesibilidad durante la época que no llueve.

Geología: Esta cantera está constituida de material aluvial de origen fluvial, cuyos depósitos se hallan en ambas márgenes del río Cajamarca. Estructuralmente estos depósitos presentan rodados que demuestran bastante erosión por transporte, los cuales se hallan formando terrazas fluviales discontinuas de aproximadamente 1.00 m. de potencia.

El agregado fino (arena) presenta grano homogéneo, redondeando y se halla constituido principalmente de cuarzo, feldespato (sanidina y ortosa), ferromagnesianos, arcilla oxidada, hornblenda, y, se halla perfectamente limpia, no contiene sustancias bituminosas.

El agregado grueso (grava), litológicamente se encuentra constituidas de fragmentos de rocas ígneas: tufo volcánicos; rocas sedimentarias: calizas, areniscas y arcillas ferruginosas, de textura porfirítica. Así mismo presenta grano heterogéneo y forma redondeada.



ANEXO 04: CONSTANCIA DEL LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

UNC



Universidad Nacional de Cajamarca

FACULTAD DE INGENIERÍA

Departamento Académico de Ciencias de la Ingeniería



EL DIRECTOR DEL DEPARTAMENTO ACADÉMICO DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA, DEJA:

CONSTANCIA:

Que el señor ARTURO ALEJANDRO SÁNCHEZ PANIAGUA, alumno de la Escuela de Postgrado, Maestría en Ciencias, Mención en Ingeniería y Gerencia de la Construcción de la Universidad Nacional de Cajamarca, ha realizado sus ensayos en el Laboratorio de Ensayo de Materiales de la Facultad de Ingeniería de la UNC, para la Tesis de Maestría Titulada: "OPTIMIZACIÓN DEL DISEÑO DE MORTEROS CEMENTO – ARENA MEDIANTE UN MÉTODO GRÁFICO EN LA CIUDAD DE CAJAMARCA". Dichos ensayos se realizaron del 11 de Agosto de 2016 al 10 de Abril de 2017.

Se expide la presente, para los fines que estime conveniente.

Cajamarca, 31 de Julio de 2017.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA
FACULTAD DE INGENIERÍA
Departamento Académico de Ciencias de la Ingeniería

M.Cs. Ing. MAURIO CERVANTES VARGAS
DIRECTOR