



FACULTAD DE INGENIERÍA

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

“CURVAS DE CORRELACIÓN ENTRE LA RELACIÓN AGUA/CEMENTO Y LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN AXIAL DEL MORTERO PARA LAS CANTERAS EL GAVILÁN Y BAZÁN”

Tesis para optar el título profesional de:

Ingeniero Civil

Autor:

Bach. Jessica Raquel Riojas Ortiz

Asesor:

Dr. Ing. Miguel Ángel Mosqueira Moreno

Cajamarca – Perú

2018

APROBACIÓN DE LA TESIS

El (La) asesor(a) y los miembros del jurado evaluador asignados, **APRUEBAN** la tesis desarrollada por el (la) Bachiller **Jessica Raquel Riojas Ortiz**, denominada:

"CURVAS DE CORRELACIÓN ENTRE LA RELACIÓN AGUA/CEMENTO Y LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN AXIAL DEL MORTERO PARA LAS CANTERAS EL GAVILÁN Y BAZÁN"

Dr. Ing. Miguel Ángel Mosqueira Moreno
ASESOR

Dr. Ing. Orlando Aguilar Aliaga
JURADO

Ing. Gerson Quispe Rodríguez
JURADO

Ing. Gabriel Cachi Cerna
JURADO

DEDICATORIA

A Dios: Por ser el dador de la vida y por recordarme que sea fuerte y valiente en todo momento.

A Mis Padres: Por ser mi apoyo incondicional, por regalarme los mejores momentos y darme todo lo necesario para llegar a cumplir mis metas.

AGRADECIMIENTO

A Dios, por cuidarme en todo momento y ser mi guía.

A Mi Familia, por ser mi fuente de inspiración, para ser una persona íntegra y por brindarme su apoyo incondicional en todo momento de mi vida.

A Mi Asesor, por brindarme su apoyo para la adecuada elaboración de la presente tesis.

A Todos Mis docentes, por haberme brindado enseñanzas que me servirán en mi vida profesional.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

APROBACIÓN DE LA TESIS	ii
DEDICATORIA.....	iii
AGRADECIMIENTO.....	iv
ÍNDICE DE CONTENIDOS	v
ÍNDICE DE TABLAS	viii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	x
ÍNDICE DE GRÁFICOS.....	xi
ÍNDICE DE ECUACIONES.....	xii
RESUMEN.....	xiii
ABSTRACT	xiv
CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN	xv
1.1. Realidad problemática	xv
1.2. Formulación del problema.....	17
1.3. Justificación	17
1.4. Delimitaciones	18
1.5. Objetivos.....	18
1.5.1. Objetivo general.....	18
1.5.2. Objetivos específicos	18
CAPÍTULO 2. MARCO TEÓRICO	19
2.1. Antecedentes.....	19
2.2. Bases teóricas	25
2.2.1. Mortero.....	25
2.2.2. Tipos de mortero	25
2.2.3. Usos del mortero.....	26
2.2.4. Clasificación según su composición	26
2.2.5. Propiedades del mortero	27
2.3. Marco Normativo Legal.....	28
2.3.1. Ensayo de Análisis Granulométrico mediante tamizado en seco:.....	28
2.3.2. Ensayo de Contenido de Humedad:	28
2.3.3. Ensayo de Peso Específico y Absorción:	29
2.3.4. Ensayo de Peso unitario y vacío de los agregados:	29
2.3.5. Ensayo de resistencia a la compresión de morteros de cemento hidráulico (cubos de 50mm):	29

2.4.	Definición de términos básicos.....	30
2.5.	Hipótesis.....	31
CAPÍTULO 3. METODOLOGÍA		31
3.1.	Operacionalización de variables	31
3.2.	Diseño de investigación	31
3.3.	Unidad de estudio	31
3.4.	Población.....	31
3.5.	Muestra.....	32
3.6.	Técnicas, instrumentos y procedimientos de recolección de datos	33
3.7.	Métodos, instrumentos y procedimientos de análisis de datos	34
3.7.1.	Inspección y obtención del agregado fino.....	34
3.7.2.	Método de Cuarteo.....	35
3.7.3.	Ensayos realizados para la determinación de propiedades del agregado fino	37
3.7.4.	Ensayos previos para el diseño de mezclas	46
3.7.5.	Diseño de mezcla del mortero	48
3.7.6.	Elaboración de los especímenes de mortero.....	61
3.7.7.	Almacenamiento de especímenes de ensayo	63
3.7.8.	Ensayo de resistencia a compresión de especímenes de mortero	64
CAPÍTULO 4. RESULTADOS		67
4.1.	Características físicas del agregado fino – cantera El Gavilán.....	67
4.1.1.	Contenido de humedad (NTP 339.127)	67
4.1.2.	Análisis Granulométrico y módulo de finura (NTP 400.012)	68
4.1.3.	Cantidad de material fino que pasa por el tamiz N° 200 (NTP 400.018) ..	70
4.1.4.	Peso específico y absorción (NTP 400.022).....	71
4.1.5.	Peso Unitario Volumétrico Suelto (PUSS) y Compactado (PUCS) (NTP 400.017).....	72
4.2.	Características físicas del agregado fino - cantera Bazán.....	73
4.2.1.	Contenido de Humedad (NTP 339.127)	73
4.2.2.	Análisis Granulométrico y módulo de finura (NTP 400.012)	74
4.2.3.	Cantidad de material fino que pasa por el tamiz N° 200 (NTP 400.018) ..	75
4.2.4.	Peso específico y absorción (NTP 400.022).....	76
4.2.5.	Peso Unitario Volumétrico Suelto (PUSS) y Compactado (PUCS) (NTP 400.017).....	77
4.3.	Resumen de las propiedades físicas del agregado de la cantera El Gavilán y Bazán	78
4.4.	Ensayos previos para el diseño de mezclas.....	78
4.4.1.	Método de presión (NTP 339.083)	78
4.5.	Ensayo de resistencia a compresión axial del mortero - cantera El Gavilán.....	79
4.5.1.	Ensayo de resistencia a compresión axial del mortero para una edad de 7 días - cantera El Gavilán	79

4.5.2.	Ensayo de resistencia a compresión axial del mortero para una edad de 14 días - cantera El Gavilán	81
4.5.3.	Ensayo de resistencia a compresión axial del mortero para una edad de 28 días - cantera El Gavilán	83
4.6.	Ensayo de resistencia a compresión axial del mortero - cantera Bazán	86
4.6.1.	Ensayo de resistencia a compresión axial del mortero para una edad de 7 días - cantera Bazán	86
4.6.2.	Ensayo de resistencia a compresión axial del mortero para una edad de 14 días - cantera Bazán	88
4.6.3.	Ensayo de resistencia a compresión axial del mortero para una edad de 28 días - cantera Bazán	90
CAPÍTULO 5. DISCUSIÓN		93
CONCLUSIONES		96
RECOMENDACIONES.....		97
REFERENCIAS		98
ANEXOS		99

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla N° 1. Granulometría de la arena gruesa.....	28
Tabla N° 2. Operacionalización de variables.....	31
Tabla N° 3. Cantidad de muestras en estudio.....	32
Tabla N° 4. Especificaciones Técnicas para el diseño de mezclas – cantera El Gavilán..	49
Tabla N° 5. Resumen de proporciones de mezcla de mortero para el agregado de la cantera El Gavilán para las diferentes relaciones a/c.....	55
Tabla N° 6. Especificaciones Técnicas para el diseño de mortero – cantera Bazán.....	55
Tabla N° 7. Resumen de proporciones de mezcla de mortero para el agregado de la cantera Bazán para las diferentes relaciones a/c.....	61
Tabla N° 8. Contenido de humedad del agregado fino de la cantera El Gavilán	67
Tabla N° 9. Análisis Granulométrico del agregado fino de la cantera El Gavilán	68
Tabla N° 10. Módulo de finura del agregado fino de la cantera El Gavilán	68
Tabla N° 11. Límites Granulométricos de la arena gruesa	69
Tabla N° 12. Cantidad del material fino que pasa por el tamiz N° 200 del agregado fino de la cantera El Gavilán.....	70
Tabla N° 13. Peso específico y absorción del agregado fino de la cantera	71
Tabla N° 14. Peso Unitario del agregado fino de la cantera El Gavilán	72
Tabla N° 15. Contenido de humedad del agregado fino de la cantera Bazán.....	73
Tabla N° 16. Análisis Granulométrico del agregado fino de la cantera Bazán	74
Tabla N° 17. Módulo de finura del agregado fino de la cantera Bazán	74
Tabla N° 18. Cantidad del material fino que pasa por el tamiz N° 200 del agregado fino de la cantera Bazán.....	75
Tabla N° 19. Peso específico y absorción del agregado fino de la cantera Bazán	76
Tabla N° 20. Peso Unitario del agregado fino de la cantera Bazán	77
Tabla N° 21. Propiedades físicas del agregado fino de las canteras El Gavilán y Bazán .	78
Tabla N° 22. Lectura del contenido de aire	78
Tabla N° 23. Ensayo de resistencia a compresión axial del mortero a la edad de 7 días – cantera El Gavilán.....	79
Tabla N° 24. Ensayo de resistencia a compresión axial del mortero a la edad de 14 días – cantera El Gavilán.....	81
Tabla N° 25. Ensayo de resistencia a compresión axial del mortero a la edad de 28 días – cantera El Gavilán.....	83

Tabla N° 26. Resumen de esfuerzos máximos (ensayo de resistencia a compresión axial del mortero – cantera El Gavilán).....	85
Tabla N° 27. Ensayo de resistencia a compresión axial del mortero a la edad de 7 días – cantera Bazán.....	86
Tabla N° 28. Ensayo de resistencia a compresión axial del mortero a la edad de 14 días – cantera Bazán.....	88
Tabla N° 29. Ensayo de resistencia a compresión axial del mortero a la edad de 28 días – cantera Bazán.....	90
Tabla N° 30. Resumen de esfuerzos máximos (ensayo de resistencia a compresión axial del mortero – cantera Bazán).....	92

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura N° 1. Gráfico R_{28} versus Relación agua/cemento.....	20
Figura N° 2. Gráfico R_{28} versus Dosificación por peso	22
Figura N° 3. Gráfico R_{28} versus Dosificación por peso	22
Figura N° 4. Curva Relación a/c versus proporción.....	24
Figura N° 5. Cantera Bazán	34
Figura N° 6. Cantera Gavilán	34
Figura N° 7. Ubicación de la Cantera Bazán	35
Figura N° 8. Ubicación de la Cantera El Gavilán	35
Figura N° 9. Cuarteo del material (Cantera Bazán)	36
Figura N° 10. Cuarteo del material (Cantera Gavilán)	36
Figura N° 11. Contenido de Humedad - Muestras en estado natural	38
Figura N° 12. Contenido de Humedad - Colocación de las muestras en el horno	38
Figura N° 13. Análisis Granulométrico – Tamizado del agregado fino.....	40
Figura N° 14. Análisis Granulométrico – Retenidos del agregado fino	40
Figura N° 15. Cantidad de Material Fino que pasa por el tamiz N° 200 – Lavado del material	42
Figura N° 16. Gravedad Específica y Absorción – Muestra sumergida en agua.....	43
Figura N° 17. Gravedad Específica y Absorción – Apisonado en molde cónico	44
Figura N° 18. Peso Unitario Volumétrico Suelto (PUSS) y Compactado (PUCS).....	46
Figura N° 19. Ensayo en la olla de Washington	47
Figura N° 20. Contenido de aire atrapado.....	48
Figura N° 21. Elaboración de los especímenes del mortero.....	62
Figura N° 22. Especímenes de mortero elaboradas.....	62
Figura N° 23. Desmolde de especímenes.....	63
Figura N° 24. Identificación de especímenes	63
Figura N° 25. Curado de especímenes	64
Figura N° 26. Medición de especímenes.....	64
Figura N° 27. Colocación de especímenes en la máquina a compresión axial.....	65
Figura N° 28. Ensayo de Resistencia a compresión axial	65
Figura N° 29. Ensayo de Resistencia a compresión axial a los 14 días de curado.....	66

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico N° 1. Curva granulométrica del agregado fino de la cantera El Gavilán.....	69
Gráfico N° 2. Curva granulométrica del agregado fino de la cantera Bazán	74
Gráfico N° 3. Curva de correlación entre la relación agua/cemento y la resistencia a compresión axial del mortero para 7 días de curado - El Gavilán.....	80
Gráfico N° 4. Curva de correlación entre la relación agua/cemento y la resistencia a compresión axial del mortero para 14 días de curado - El Gavilán.....	82
Gráfico N° 5. Curva de correlación entre la relación agua/cemento y la resistencia a compresión axial del mortero para 28 días de curado - El Gavilán.....	84
Gráfico N° 6. Comparación de la variación de resistencias a compresión axial del mortero para 7,14 y 28 días - El Gavilán	85
Gráfico N° 7. Curva de correlación entre la relación agua/cemento y la resistencia a compresión axial del mortero para 7 días de curado - Bazán.....	87
Gráfico N° 8. Curva de correlación entre la relación agua/cemento y la resistencia a compresión axial del mortero para 14 días de curado - Bazán.....	89
Gráfico N° 9. Curva de correlación entre la relación agua/cemento y la resistencia a compresión axial del mortero para 28 días de curado - Bazán.....	91
Gráfico N° 10. Comparación de la variación de resistencias a compresión axial del mortero para 7,14 y 28 días - "Bazán"	92
Gráfico N° 11. Curvas de correlación para las canteras El Gavilán y Bazán – 28 días.....	93

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación N° 1. Contenido de Humedad.....	37
Ecuación N° 2. Módulo de finura.....	39
Ecuación N° 3. Cantidad de Material Fino que pasa por el tamiz N° 200	41
Ecuación N° 4. Peso específico	44
Ecuación N° 5. Absorción	44
Ecuación N° 6. Peso Unitario Suelto Seco (PUSS).....	45
Ecuación N° 7. Peso Unitario Suelto Seco (PUCS).....	45
Ecuación N° 8. Resistencia a la compresión	66

RESUMEN

El presente proyecto de investigación tuvo el propósito de determinar curvas de correlación entre la relación agua/cemento y la resistencia a compresión axial del mortero para las canteras El Gavilán y Bazán. La dosificación empleada fue de cemento:arena 1:4 constante, con relaciones agua/cemento variables de 0,7, 0,8, 0,9, 1. En la elaboración de las muestras de estudio se utilizó Cemento Portland Compuesto Tipo ICo conforme a la norma NTP 334.090, agua potable y agregado fino (arena gruesa), de la ciudad de Cajamarca, tanto de cerro como de río respectivamente de las canteras antes mencionadas. Se desarrollaron los ensayos de caracterización de los agregados finos con el uso de protocolos, tales como: Contenido de Humedad (MTC E 108 / ASTM D2216 / NTP 339.127), Análisis Granulométrico (MTC E 204 / ASTM C136 / NTP 400.012), Módulo de finura, Cantidad de Material fino que pasa por el tamiz N° 200 (MTC E 202 – ASTM C117 – NTP 400.018), Peso específico y Absorción (MTC E 205 / ASTM C128 / NTP 400.022) y Peso Unitario Volumétrico Suelto (PUSS) y Compactado (PUCS) (MTC E 203 / ASTM C29 / NTP 400.017). Para la realización de las probetas y el ensayo de resistencia a compresión axial del mortero se empleó la normativa (MTC E609 – ASTM C109 – NTP 334.051). Las probetas empleadas fueron de dimensiones cúbicas de 5 x 5 x 5 cm, curadas en una solución de hidróxido de calcio y ensayadas a edades de 7,14 y 28 días. Llegando a la conclusión que la curva de correlación a una edad de 28 días para el rango de relaciones agua/cemento entre 0,7 a 1 para la cantera "El Gavilán" es de $f_m = -1424.1(a/c)^2 + 2079.4(a/c) - 537.35$, con un coeficiente de determinación $R^2 = 0.983$ y que la relación a/c que alcanza la máxima resistencia es de 0,8 con un $f_m = 221.94 \text{ kg/cm}^2$, mientras que para la cantera Bazán es de $f_m = 306.81(a/c)^2 - 646.04(a/c) + 411.52$, con un coeficiente de determinación $R^2 = 0.996$ y que la relación a/c que alcanza la máxima resistencia es de 0,7 con un $f_m = 110.02 \text{ kg/cm}^2$.

ABSTRACT

The purpose of this research project was to determine correlation curves between the water / cement ratio and the axial compressive strength of the mortar for the "El Gavilán" and Bazán quarries. The dosage used was cement:sand 1:4 constant, with variable water / cement ratios of 0.7, 0.8, 0.9, 1. In the preparation of the study samples was used Cement Portland Composite Type ICo conformal to standard NTP 334.090, potable water and fine aggregate (coarse sand), from the city of Cajamarca, both on the hill and in the river, respectively, of the aforementioned quarries. The characterization tests of the fine aggregates were developed with the use of protocols, such as: Moisture Content (MTC E 108 / ASTM D2216 / NTP 339.127), Granulometric Analysis (MTC E 204 / ASTM C136 / NTP 400.012), Module of Fineness, Amount of fine material passing through the No. 200 sieve (MTC E 202 - ASTM C117 - NTP 400,018), Specific gravity and Absorption (MTC E 205 / ASTM C128 / NTP 400,022) and Loose Volume Unit Weight (PUSS) and Compacted (PUCS) (MTC E 203 / ASTM C29 / NTP 400.017). For the realization of the test pieces and the test of resistance to axial compression of the mortar, the regulations were used (MTC E609 - ASTM C109 - NTP 334.051). The test pieces used were of cubic dimensions of 5 x 5 x 5 cm, cured in a calcium hydroxide solution and tested at ages of 7,14 and 28 days. Reaching the conclusion that the correlation curve at an age of 28 days for the range of water/cement ratios between 0.7 to 1 for the quarry "El Gavilán" is $f_m = -1424.1(a/c)^2 + 2079.4(a/c) - 537.35$, with a coefficient of determination $R^2 = 0.983$ and that the ratio a/c that reaches the maximum resistance is 0.8 with a $f_m = 221.94 \text{ kg/cm}^2$, while for the quarry Bazán is $f_m = 306.81(a/c)^2 - 646.04(a/c) + 411.52$, with a coefficient of determination $R^2 = 0.996$ and that the ratio a/c that reaches the maximum resistance is 0.7 with a $f_m = 110.02 \text{ kg/cm}^2$.

CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN

1.1. Realidad problemática

Según Ramos, 1994, vivimos en un país sísmico, donde el medio ambiente es altamente erosivo, por lo que las edificaciones tienen que ser convenientemente analizadas, diseñadas y construidas, de modo que tengan un adecuado comportamiento ante todo tipo de sollicitación.

Para Guzmán, 2001, el concreto, es un material de construcción que se diseña y se produce de conformidad con normas rigurosas, para los fines y aplicaciones que se requieren en un proyecto determinado y con las características de economía, facilidad de colocación y consolidación, velocidad de fraguado y apariencia adecuada según su aplicación. Lo antes mencionado no es bien conocido o frecuentemente olvidado en obra, así como acontece, con los morteros en su fabricación, usos y aplicaciones.

Quiun, 2014, menciona que el sistema de construcción de edificios más popular en las zonas urbanas del Perú es la albañilería confinada ya que más del 43% de las viviendas son construidas con este sistema estructural.

En los últimos años debido al auge que ha tomado el empleo de la albañilería estructural y su influencia en la ejecución de obras civiles principalmente en edificaciones, el consumo del mortero se ha incrementado enormemente. Sin embargo, hasta el momento en el Perú no han existido procedimientos de diseño, producción y control que garanticen una buena calidad de este material, como así se tienen para el concreto (Rivera, 1989).

Además, Guzmán, 2001, menciona que: El cemento y sus derivados, el concreto, los morteros y todos sus subproductos son resultados de "diseños", trabajos reales de ingeniería, susceptibles de toda acción de ajuste, modificación y, lo que es más importante de optimización. La experiencia ha confirmado que la diferencia entre un

concreto bueno y uno malo radica en los criterios juiciosos que se aplican durante su diseño, elaboración, colocación, curado y protección; estas elementales consideraciones ponen de presente la necesidad de estudiar, conocer e investigar soluciones que permitan mejores formas de hacer las cosas, de disminuir costos y, en general, de mejorar la calidad del producto.

Cabe mencionar que, Valdivia, 2010, indica que, si se considera que el mortero de junta ocupa alrededor de un 15% del volumen total de un muro de albañilería, desempeñaría un papel crucial en su funcionamiento estructural, debido a que es el responsable de mantener monolíticamente las unidades de albañilería.

Cabe mencionar que, para Salamanca, 1984, en cada país la clasificación de los morteros obedece a propiedades específicas de resistencia a la compresión. Además 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.

Por todo esto cabe decir que las construcciones tanto formales como informales en el Perú y Cajamarca necesitan de especificaciones que ayuden a la mezcla de mortero a cumplir mejor y adecuadamente sus funciones; ya que, básicamente nos basamos en normas preestablecidas que nos indican relaciones o parámetros ya predichos antes de hacer un estudio específico para la zona, la Norma E.070 (NTP E.070, 2006); establece proporciones en volumen según la finalidad de la albañilería; mas no se hace mención a relaciones específicas que aporten una determinada resistencia.

Debido a esto, Huamán, 2015, menciona que el papel del agua en la elaboración de un mortero es de suma importancia, ya que de la cantidad utilizada en relación con la cantidad de cemento (relación a/c) depende la manejabilidad y resistencias finales.

Por tal motivo es que la presente investigación se enfocará en la determinación de curvas de correlación entre la relación agua/cemento y la resistencia a compresión axial del mortero con respecto a lugares específicos en este caso canteras de la ciudad de Cajamarca.

1.2. Formulación del problema

¿Qué tipo de ecuación se ajusta más a las curvas de correlación entre la relación agua/cemento y la resistencia a compresión axial del mortero para las canteras El Gavilán y Bazán?

1.3. Justificación

Justificación Teórica.

La presente investigación busca determinar curvas de correlación entre relación agua/cemento y la resistencia a compresión axial del mortero, ya que la representación gráfica de estos nos permitirá conocer, analizar y comparar visual y rápidamente los datos relacionados entre sí, de manera que facilite su comprensión y se pueda elegir un resultado a conveniencia y para la mejora del material.

Justificación Práctica.

Se podrán utilizar los resultados encontrados en la presente investigación en construcciones de albañilería confinada y estructural, lo cual traerá beneficio al aumentar la calidad del material (mortero) y por tanto de la estructura.

Justificación Académica.

La presente investigación servirá para ampliar el marco de la investigación científica sobre el tema y ser utilizado como fuente para estudiantes, profesionales, además, de resolver un problema de carácter ingenieril, social y económico ya que al optimizar la elaboración del mortero se logrará disminuir costos, mejorar la manera de hacer las cosas y en gran manera mejorar la calidad del producto.

1.4. Delimitaciones

- La elección del agregado fino se debió a la accesibilidad e importancia de las canteras, por lo cual se utilizó material de las canteras El Gavilán y Bazán de la ciudad de Cajamarca. Esto significa, que los resultados obtenidos en la investigación son exclusivos para estas canteras.
- No existe una norma específica para el diseño de morteros.

1.5. Objetivos

1.5.1. Objetivo general

1. Determinar curvas de correlación entre relación a/c y la resistencia a compresión axial del mortero para las canteras El Gavilán y Bazán.

1.5.2. Objetivos específicos

1. Determinar propiedades físico - mecánicas del agregado fino: Contenido de humedad, Análisis Granulométrico, Módulo de finura, Cantidad de Material Fino que pasa por el tamiz N° 200, Peso Específico, Absorción y Peso Unitario Volumétrico Suelto y Compactado de los agregados.
2. Comparar las curvas de correlación obtenidas a los 28 días entre las canteras El Gavilán y Bazán.

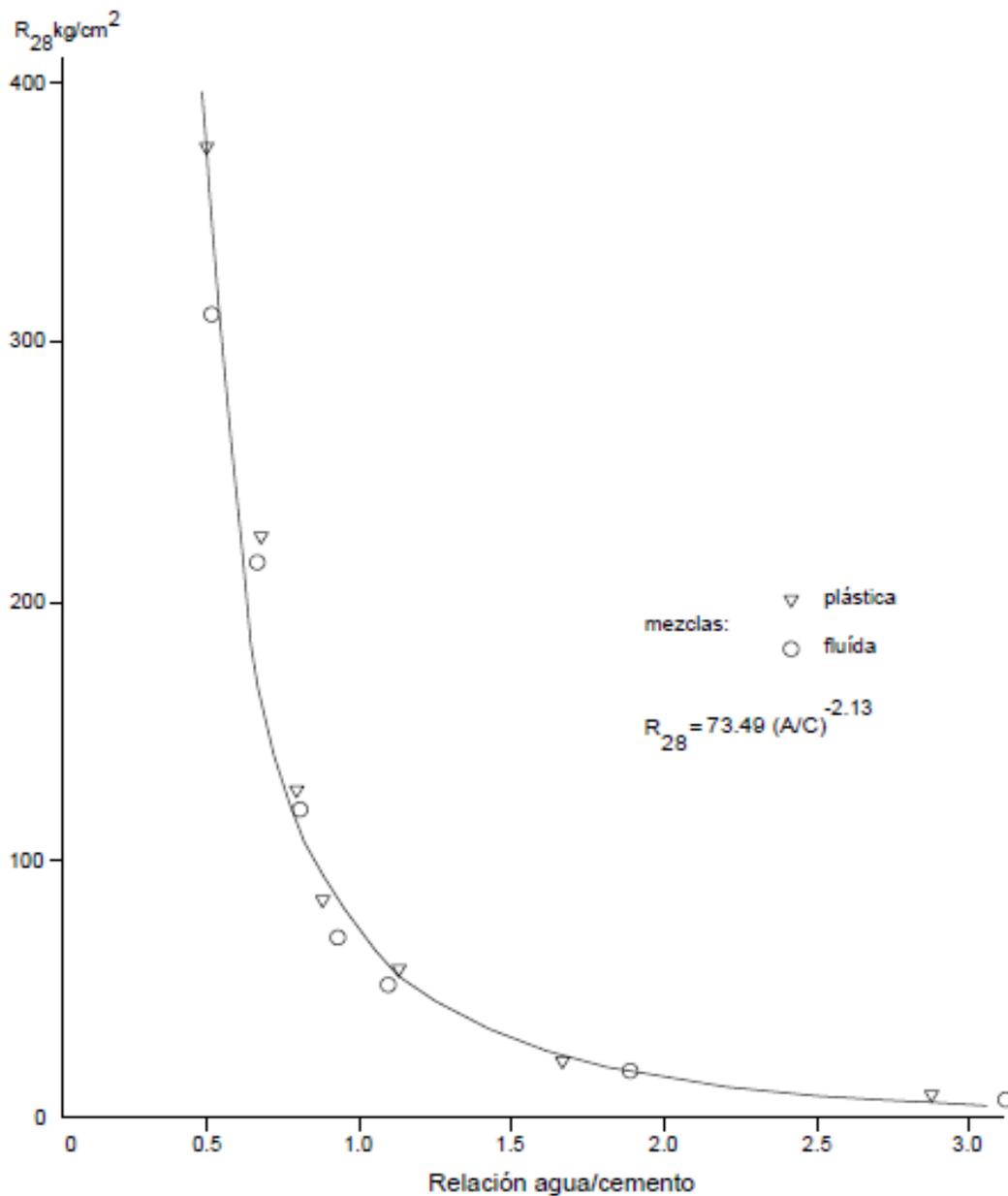
CAPÍTULO 2. MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes

Según Salamanca, 1984, en su proyecto "Dosificación de morteros, diseño de mezclas de mortero"; realizado en Bogotá, menciona 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; es así, que en esa investigación se controlaron tres variables: proporción cemento: arena, finura de la arena y fluidez de la mezcla. En cuanto a la primera variable, proporción cemento: arena (1:n), se usaron valores de n variando entre 2 y 15, proporciones en peso, lo cual evidentemente implica un amplio rango de resistencias, desde muy altas para las mezclas ricas en cemento (1:2, por ejemplo) hasta muy bajas para las mezclas pobres (1:10 o 1:15). La segunda variable, finura de la arena, fue evaluada mediante el módulo de finura obtenida en ensayos granulométricos, y se usaron tres diferentes arenas, todas de uso corriente de la ciudad de Bogotá; la primera es una arena de río Tunjuelito, con alto valor de módulo de finura de 3,39. La segunda es una arena de peña San Francisco, con módulo de finura intermedio de 2,43 y la tercera también de peña La Cita, con un módulo de finura de 1,97. La tercera variable es la fluidez de la mezcla de mortero, la cual fue evaluada mediante ensayos en la mesa de flujo: se trabajó con dos diferentes fluideces: hicieron mezclas plásticas (fluidez normal) es decir aquellas cuya expansión en la base del tronco de cono, medida por mesa de flujo, fluctúa entre 100% - 115% y mezclas fluidas, aquellas con expansión mayor de 120%. Con respecto a los ensayos de resistencia a la compresión se hicieron sobre cilindros de 7,5 cm de diámetro y 15 cm de altura; en términos generales se ensayaron tres cilindros para cada edad (3, 7 y 28 días) de cada mezcla y adicionalmente se fundieron cilindros para efectuar ensayos rápidos mediante curado acelerado para algunas de las mezclas, así como cilindros de 15 cm de diámetro y 30 cm de altura, para estudiar el efecto del tamaño de las muestras sobre la resistencia a la compresión del mortero.

Finalmente, los resultados obtenidos se presentan en la Figura N° 1, gráfico que permite dosificar el mortero, y además otras conclusiones a las que se llegó tras ensayar muestras de 76 mezclas de mortero siempre en función de la resistencia obtenida a los 28 días.

Figura N° 1. Gráfico R_{28} versus Relación agua/cemento



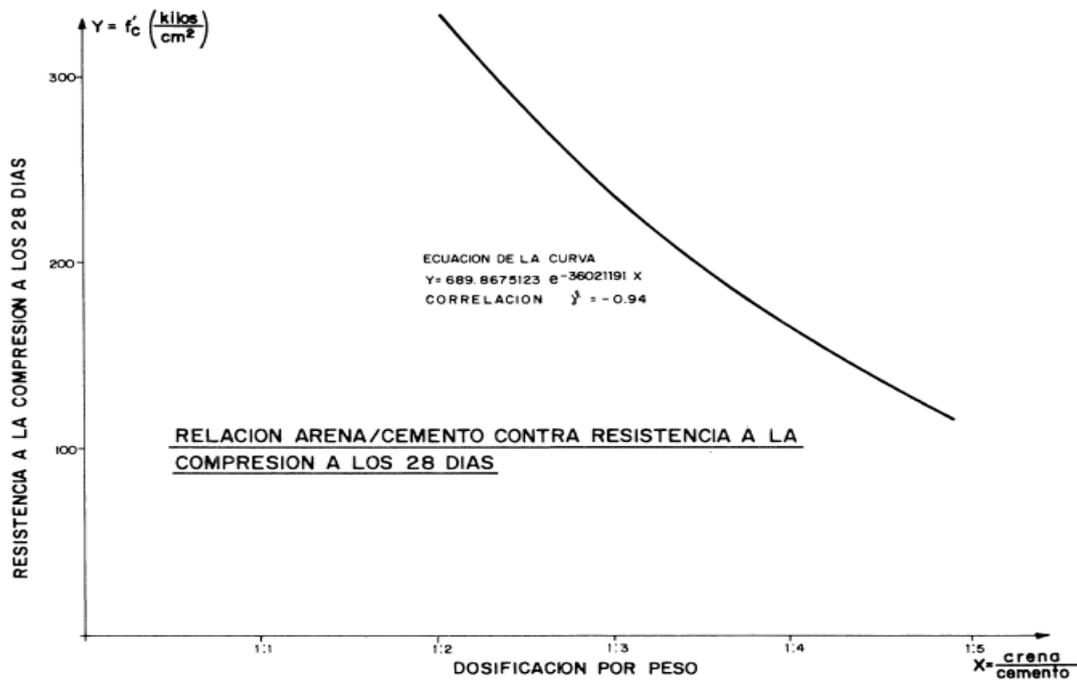
Fuente. Salamanca, 1984.

Salamanca, 1984, concluye finalmente que la resistencia a la compresión del mortero se ve afectada por múltiples factores, siendo las siguientes:

- 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 diseñados con arenas de alto 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.

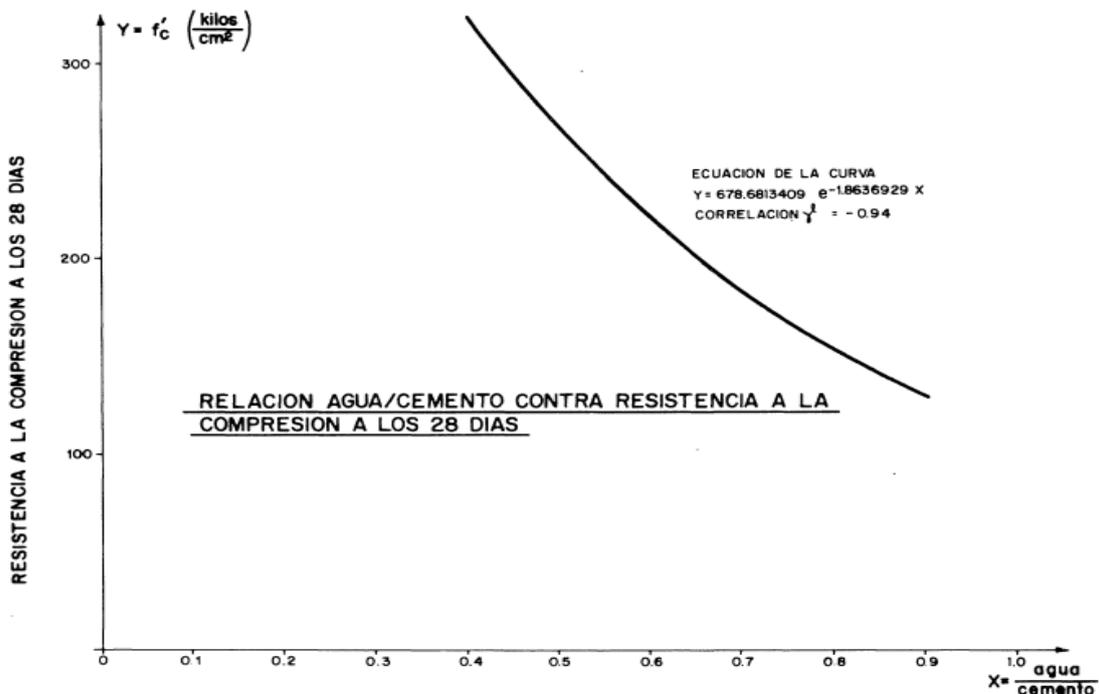
Según Salazar, 1985, en su investigación "Un método empírico para el proporcionamiento de mezclas de Morteros de Cemento Portland para Albañilería", realizado en Cali, indica que se llevó a cabo el análisis de las variables que inciden en el comportamiento de los morteros; además de la formulación de una experimentación que permitiera comprobar y correlacionar la interdependencia entre estas, presentando así un método de dosificación que satisface óptimamente los aspectos técnicos, donde para la dosificación de morteros (cemento: arena) se trabajó con dosificaciones en peso entre 1: 2 hasta 1: 4 y se realizaron especímenes cúbicos según la norma ITINTEC 220, con respecto a la relación agua/cemento se varió para cada una de las dosificaciones, determinándose para cada variación la fluidez y las resistencias mecánicas a compresión a 3, 7 y 28 días, se estableció un rango de fluidez entre el 95% y 110%, donde para cada una de ellas se varió la relación agua/ cemento en función del flujo y se determinaron las resistencias mecánicas a compresión a las edades mencionadas anteriormente. Finalmente, en base a los resultados conseguidos, se hizo un procesamiento matemático con el fin de establecer una correlación estadística de ellos. Se definió una correlación no lineal que se presenta mediante gráficos que a continuación se muestran.

Figura N° 2. Gráfico R₂₈ versus Dosificación por peso



Fuente. Salazar, 1985.

Figura N° 3. Gráfico R₂₈ versus Dosificación por peso

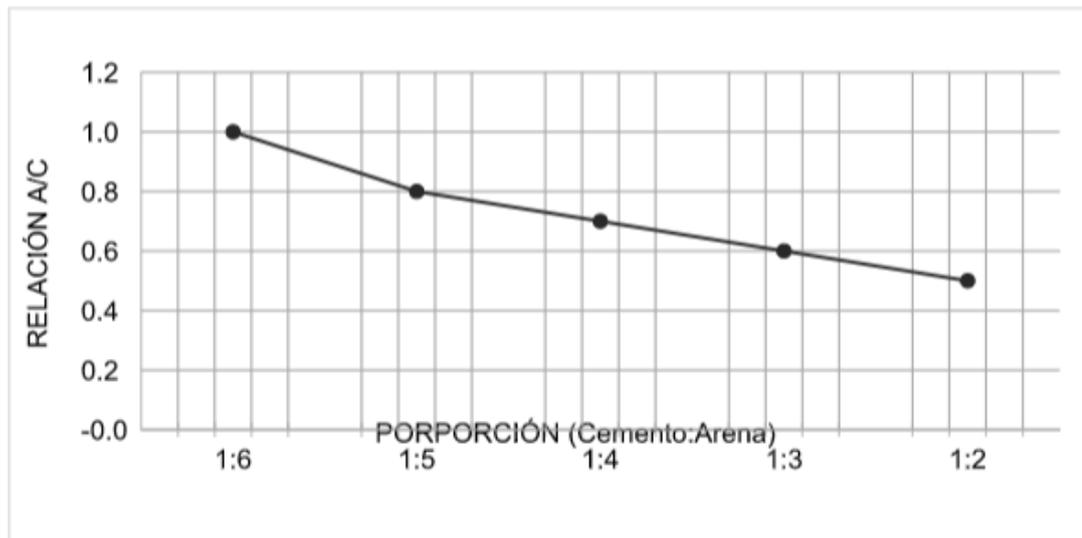


Fuente. Salazar, 1985.

Según Sánchez, 1993, en su libro "Tecnología del Concreto y del Mortero", alude que, en cuanto a la arena, el requerimiento de agua disminuye con la presencia de tamaños gruesos y aumenta con la de agregados finos, pero esta relación no es lineal. También esta relación varía según el contenido de cemento. Por otra parte, el requerimiento de agua aumenta a medida que aumenta la angulosidad, el aspecto escamoso y la aspereza de la textura superficial de las partículas, como el de la granulometría disminuye con el aumento de proporción de cemento.

Sánchez, 2017, en su tesis de maestría denominada "Optimización del diseño de morteros cemento – arena mediante un método gráfico en la ciudad de Cajamarca", realiza gráficas de Resistencia a la Compresión axial versus proporción de morteros, elaborados con material de dos canteras de cerro (El Gavilán y El Guitarrero) y dos canteras de río (Chonta y Cajamarquino), para el ensayo de resistencia a la compresión se realizaron 150 especímenes cilíndricos de 50 mm de diámetro x 100 mm de altura según la norma ASTM C 109 para cada cantera, las proporciones se eligieron teniendo en cuenta las proporciones que brinda la Norma Técnica E 0.70, que como límite inferior recomienda proporción 1:6 y como límite superior 1:2. En cuanto al módulo de finura menciona que los agregados presentan elevadas cantidades de partículas gruesas; siendo así, el valor de módulo de finura de la cantera del río Chonta igual a ($mf = 3.245$), El Guitarrero ($mf = 3.076$), El Gavilán ($mf = 2.914$) y por último el Río Cajamarquino ($mf = 2.831$). La norma NTP E.070 indica que el valor del módulo de finura debe estar comprendido entre 1.6 – 2.5, y se puede observar que ninguno de los agregados de las canteras cumple con la especificación brindada para la elaboración de los morteros. En cuanto su análisis sobre material más fino que pasa la malla N° 200, menciona que los valores de mayor a menor son: El Guitarrero (14.87%), El Gavilán (10%), Río Chonta (5.80%) y Río Cajamarquino (5.33%). Según la Norma NTP E.070 establece que las partículas quebradizas no deben exceder 1% en peso; eso quiere decir, que ninguna de las arenas cumple con lo establecido en la norma. Esto afectaría a la adherencia (pasta – piedra) y aumentaría la demanda de agua en la mezcla. En el análisis de relación a/c (consistencia de la mezcla) realiza un gráfico de relación a/c versus proporción cemento: arena, la cual es la siguiente:

Figura N° 4. Curva Relación a/c versus proporción



Fuente. Sánchez, 2017.

Según el gráfico, el autor menciona 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. En el desarrollo de la resistencia a compresión de los especímenes de mortero a edades de 28 días, menciona lo siguiente con respecto a la proporción 1:4, El Guitarrero ($f_m = 253.04 \text{ Kg/cm}^2$), El Gavilán ($f_m = 260.84 \text{ Kg/cm}^2$), río Chonta ($f_m = 192.51 \text{ Kg/cm}^2$), río Cajamarquino ($f_m = 170.70 \text{ Kg/cm}^2$).

Huamán, 2015, en su artículo de mortero y concreto menciona que el papel del agua en la elaboración de un mortero es de suma importancia, ya que de la cantidad utilizada en relación con la cantidad de cemento (relación a/c) depende de la manejabilidad y resistencias finales; así mismo, radica en la importancia de la calidad del agua para elaborar el concreto, cabe resaltar que hace mención a que un alto contenido de agua reduce la resistencia y hace aumentar la retracción. Así mismo refiere que el tipo de mortero de cemento Portland, es utilizado cuando se requieren altas resistencias, y es el más común en nuestro medio, ya que con él se realizan la mayoría de las obras de mampostería de ladrillo común. Su resistencia, cómo en la mayoría de las mezclas, depende de la dosificación que se trabaje.

2.2. Bases teóricas

2.2.1. Mortero

Para Gutiérrez, 2003, el mortero es una mezcla homogénea de un material cementante (cemento), un material de relleno (agregado fino o arena), agua y en algunas ocasiones aditivos.

El mortero se utiliza principalmente en albañilería (muros), también en el tarrajeo, entre otros. (Guzmán, 2001).

La principal función del mortero es proporcionar apoyo y adherencia a las unidades de albañilería, lo cual se logra si dentro del ensamblaje actúa como elemento integral, con unas características de comportamiento deseados. Además, de influir en las propiedades estructurales de albañilería. La resistencia a la compresión es de gran consideración en el concreto y en el mortero, es sólo uno de los factores importantes, por esto se adiciona agua al mortero después de mezclado hasta obtener el grado adecuado de trabajabilidad, que permita una eficiente colocación y por tanto una buena adherencia (Asocreto, 2010).

2.2.2. Tipos de mortero

El mortero se puede producir empleando cemento Portland o cemento para albañilería, y cada uno de ellos puede ser mejorado mediante la adición de cal hidratada, la cual ayuda a mejorar muchas propiedades deseables, entre las que están la plasticidad, la retención de agua y estabilidad volumétrica. La cantidad de cal debe ser estudiada para cada mezcla en particular, mucha podría producir efectos adversos, tal como la reducción en el tiempo de trabajabilidad, con la consecuente necesidad de emplear aditivos retardantes (Asocreto, 2010).

Según Gutiérrez, 2003, teniendo en cuenta los materiales que los constituyen pueden ser: morteros calcáreos (en los que interviene la cal como aglomerante), morteros de yeso (se preparan con yeso hidratado con contenido de agua variable según el grado de cocción, calidad y finura del yeso molido), morteros de cal y cemento (se usan mayormente cuando se busca gran trabajabilidad, buena relación de agua y alta

resistencia), morteros de cemento (su composición es de arena y cemento Portland, este mortero tiene altas resistencias y su trabajabilidad es variable de acuerdo a la proporción de cemento y arena usados, este es hidráulico y debe prepararse teniendo en cuenta que haya el menor tiempo posible entre el amasado y la colocación; en obra es acostumbrado revolver primero el cemento y la arena y después adicionar el agua).

2.2.3. Usos del mortero

Según Gutiérrez, 2017, los morteros pueden tener una función estructural, y pueden usarse entonces en la construcción de elementos estructurales, o en la mampostería estructural en donde puede ser de pega o de relleno en las celdas de los muros.

- **Mortero de junta:** debe tener cualidades especiales, diferentes a los morteros usados para otros fines porque está sometido a las condiciones especiales del sistema constructivo, y una resistencia adecuada ya que debe absorber esfuerzos de tensión y compresión.
- **Morteros de relleno:** Se utilizan para llenar las celdas de los elementos en la mampostería estructural, y al igual que el mortero de pega debe tener una adecuada resistencia.
- **Morteros de recubrimiento:** Ya que su función no es estructural sino de embellecimiento, o la de proporcionar una superficie uniforme para aplicar la pintura, no requieren una resistencia determinada; la plasticidad juega en ellos un papel muy importante.

2.2.4. Clasificación según su composición

2.2.4.1. Morteros de cemento Portland

El mortero de cemento Portland generalmente carece de plasticidad, tiene baja retentividad, es más duro y menos trabajable que el mortero con cemento de albañilería o de cemento Portland adicionado con cal. Por otro lado, un mortero

de cemento Portland y arena, únicamente tiene una alta resistencia a la compresión y una baja retentividad. Un muro construido con dicho mortero tendrá buena resistencia, pero será vulnerable el agrietamiento y a la penetración del agua (Asocreto, 2010).

2.2.4.2. Morteros de cemento de mampostería

Es un producto que generalmente contiene cemento Portland y finos, tales como la caliza y otros materiales en diferentes proporciones, más aditivos tales como plastificantes y agentes incorporadores de aire y agentes repelentes de agua. El cemento que usualmente contiene es tipo 3. Los morteros elaborados con él, poseen en general una excelente trabajabilidad y durabilidad (Asocreto, 2010).

2.2.5. Propiedades del mortero

Según Gutiérrez, 2017, las propiedades principales que debe poseer un mortero para su buen desempeño son:

- Propiedades en estado fresco: Trabajabilidad, Retentividad.
- Propiedades en estado endurecido: Resistencia Mecánica, Adherencia, Impermeabilidad, Retracción.

Además, menciona que, con respecto a la resistencia mecánica, si el mortero es de junta la resistencia debe estar condicionada por las unidades de albañilería, ya que, si el mortero fuese más resistente que éstas, no se obtendría ninguna ventaja estructural, puesto que la falla se produciría al llegar a la resistencia última de las unidades. Lo que se busca es que en el momento que se produzca la falla, ésta traspase a los dos materiales. Si el mortero va a ser utilizado para soportar cargas altas y sucesos, tal es el caso de la mampostería estructural, debe poseer una alta resistencia a la compresión. Por último, el contenido de agua del mortero tiene influencia sobre su resistencia; los morteros secos dan mayor resistencia que los morteros húmedos, porque pueden ser más densamente compactados.

2.3. Marco Normativo Legal

2.3.1. Ensayo de Análisis Granulométrico mediante tamizado en seco:

Este ensayo pretende determinar, cuantitativamente, los tamaños de las partículas de agregados gruesos y finos de un material, por medio de tamices de abertura cuadrada. Se determina la distribución de los tamaños de las partículas de una muestra seca del agregado, por separación a través de tamices dispuestos sucesivamente de mayor a menor abertura. Según la norma NTP E 0.70, 2006, para la composición del mortero, el agregado fino será arena gruesa, libre de materia orgánica, sales y con las características indicadas en la tabla siguiente:

Tabla N° 1. Granulometría de la arena gruesa

GRANULOMETRÍA DE LA ARENA GRUESA	
MALLA ASTM	% QUE PASA
N° 4 (4,75 mm)	100
N° 8 (2,36 mm)	95 a 100
N° 16 (2,36 mm)	70 a 100
N° 30 (2,36 mm)	40 a 75
N° 50 (2,36 mm)	10 a 35
N° 100 (2,36 mm)	2 a 15
N° 200 (2,36 mm)	Menos de 2

Fuente. Norma Técnica Peruana E.070, 2006.

- **NORMA:**

MTC E 107 / ASTM D421 / NTP E.070

2.3.2. Ensayo de Contenido de Humedad:

El contenido de humedad de un material se usa para expresar las relaciones de fase del aire, agua y sólidos en un volumen de material dado. Como es posible obtener la humedad en casi todos los tipos de muestra, se utiliza con frecuencia para completar los diagramas de fase. En un suelo fino (cohesivo), la consistencia depende de su humedad.

- **NORMA:**

MTC E 108 / ASTM D2216 / NTP 339.127

2.3.3. Ensayo de Peso Específico y Absorción:

Este ensayo se aplica para determinar el peso específico aparente seco, peso específico aparente saturado con superficie seca, peso específico nominal seco y absorción de agregado fino, a fin de usar estos valores en el cálculo y corrección de diseños de mezclas.

- **NORMA:**

MTC E 205 / ASTM C128 / NTP 400.022

2.3.4. Ensayo de Peso unitario y vacío de los agregados:

Este ensayo cubre la determinación del peso unitario suelto o compactado y el cálculo de vacíos en el agregado fino, grueso o en una mezcla de ambos, basados en la misma determinación. Este método se utiliza para determinar el valor del peso unitario utilizado por algunos métodos de diseño de mezclas de concreto.

- **NORMA:**

MTC E 203 / ASTM C29 / NTP 400.017

2.3.5. Ensayo de resistencia a la compresión de morteros de cemento hidráulico (cubos de 50mm):

Se aplica para determinar la resistencia a la compresión de cementos Portland y otros morteros y los resultados pueden ser usados para verificar el cumplimiento de requisitos. Se debe tener cuidado de utilizar los resultados de este método para predecir la resistencia de concreto.

Según la norma internacional ASTM C 109, 2005, para determinar la resistencia a compresión de morteros de cemento hidráulico, se deben utilizar especímenes cúbicos de 2 in, 50 mm o 5 cm.

- **NORMA:**

MTC E 609 / ASTM C109/ NTP 334.051

2.4. Definición de términos básicos

Mortero. Es un material empleado para adherir horizontal y verticalmente a las unidades de albañilería; además, de estar 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 (NTP E.070, 2006).

Agregado fino. 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).

Cemento portland. El Cemento Portland es un producto obtenido por la pulverización del Clinker portland, con la adición eventual de sulfato de calcio (Reglamento Nacional de Edificaciones, 2006).

Relación a/c. Se conoce como relación agua/cemento (A/C) a la razón existente entre el peso del agua con respecto al peso de cemento (ACI, 2007).

Resistencia a compresión. Esfuerzo máximo que puede soportar un material bajo una carga de aplastamiento (Robles, 2007).

Cantera. Sistema de explotación a cielo abierto para extraer de él rocas o minerales no disgregados, utilizados como material de construcción (Ministerio de Energía y Minas, 2012).

Albañilería o Mampostería. Material estructural compuesto por unidades de albañilería asentadas con mortero o por unidades de albañilería apiladas, en cuyo caso son integradas con concreto líquido (NTP E.070, 2006).

2.5. Hipótesis

La ecuación cuadrática es la que más se ajusta a las curvas de correlación entre la relación agua/cemento y la resistencia a compresión axial del mortero para las canteras El Gavilán y Bazán.

CAPÍTULO 3. METODOLOGÍA

3.1. Operacionalización de variables

Tabla N° 2. Operacionalización de variables

TIPO DE VARIABLE	VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	INDICADORES	UNIDAD DE MEDIDA	TÉCNICAS/ INSTRUMENTOS
Variable Independiente	Relación a/c	Razón existente entre el peso del agua con respecto al peso del cemento (ACI, 2007).	1	lts/lts	Ensayos/protocolos
			0,9		
			0,8		
			0,7		
Variable Dependiente	Resistencia a compresión axial	Esfuerzo máximo que puede soportar un material bajo una carga de aplastamiento (Robles,2007).	Resistencia a compresión axial de especímenes de mortero	kg/cm ²	Ensayos/protocolos

Fuente. Elaboración Propia, 2017.

3.2. Diseño de investigación

Experimental aplicada.

3.3. Unidad de estudio

Cada espécimen de mortero cúbico de 5 x 5 x 5 cm a ensayar.

3.4. Población

La población será la misma que la muestra asumida por el investigador.

3.5. Muestra

Según la norma ASTM C109, 2005; sugiere realizar dos o tres especímenes de mortero para cada periodo de ensayo o edad de ensayo, sin embargo, con la finalidad de tener una muestra más representativa se realizó 6 especímenes por dosificación (experimento) para cada edad, es así que esta consta de 144 especímenes, distribuidos de la siguiente manera:

Tabla N° 3. Cantidad de muestras en estudio

MUESTRAS - CANTERA: EL GAVILÁN			
Relación a/c	Edades de Ensayo		
	7 días	14 días	28 días
1	6 especímenes	6 especímenes	6 especímenes
0,9	6 especímenes	6 especímenes	6 especímenes
0,8	6 especímenes	6 especímenes	6 especímenes
0,7	6 especímenes	6 especímenes	6 especímenes
SUB TOTAL	72 especímenes		
MUESTRAS - CANTERA: BAZÁN			
Relación a/c	Edades de Ensayo		
	7 días	14 días	28 días
1	6 especímenes	6 especímenes	6 especímenes
0,9	6 especímenes	6 especímenes	6 especímenes
0,8	6 especímenes	6 especímenes	6 especímenes
0,7	6 especímenes	6 especímenes	6 especímenes
SUB TOTAL	72 especímenes		
TOTAL	144 especímenes		

Fuente. Elaboración Propia, 2017.

3.6. Técnicas, instrumentos y procedimientos de recolección de datos

Características físicas del agregado

La recolección de datos, será realizada en el laboratorio de suelos de la Universidad Privada del Norte, realizando los ensayos respectivos al agregado fino a utilizar en la elaboración del mortero, mediante el uso de protocolos específicos para cada ensayo, brindados por la Universidad Privada del Norte.

Resistencia a compresión axial del mortero

Los ensayos y la recolección de datos, será realizada en el laboratorio de concreto de la Universidad Privada del Norte, según la norma ASTM C109, realizando los ensayos respectivos a los especímenes cúbicos de 5 x 5 x 5 cm de mortero a edades de 7, 14 y 28 días en la máquina de compresión uniaxial, determinando la resistencia, así como la deformación de los mismos, mediante el uso del protocolo "Compresión de morteros de cemento hidráulico (cubos 50 mm).

3.7. Métodos, instrumentos y procedimientos de análisis de datos

3.7.1. Inspección y obtención del agregado fino

Se realiza la inspección de las canteras y la obtención del agregado, el día 15 de septiembre del 2017, cantera El Gavilán perteneciente al centro poblado menor de Agocucho cuyas coordenadas UTM son: 779231m E, 9198840m N y Bazán ubicada en la Av. Miguel Carducci N° 696 a una elevación de 2754 m.s.n.m., con coordenadas UTM: 773404.91m E, 9210542.43m N.

Figura N° 5. Cantera Bazán



Fuente. Elaboración Propia, 2017.

Figura N° 6. Cantera Gavilán



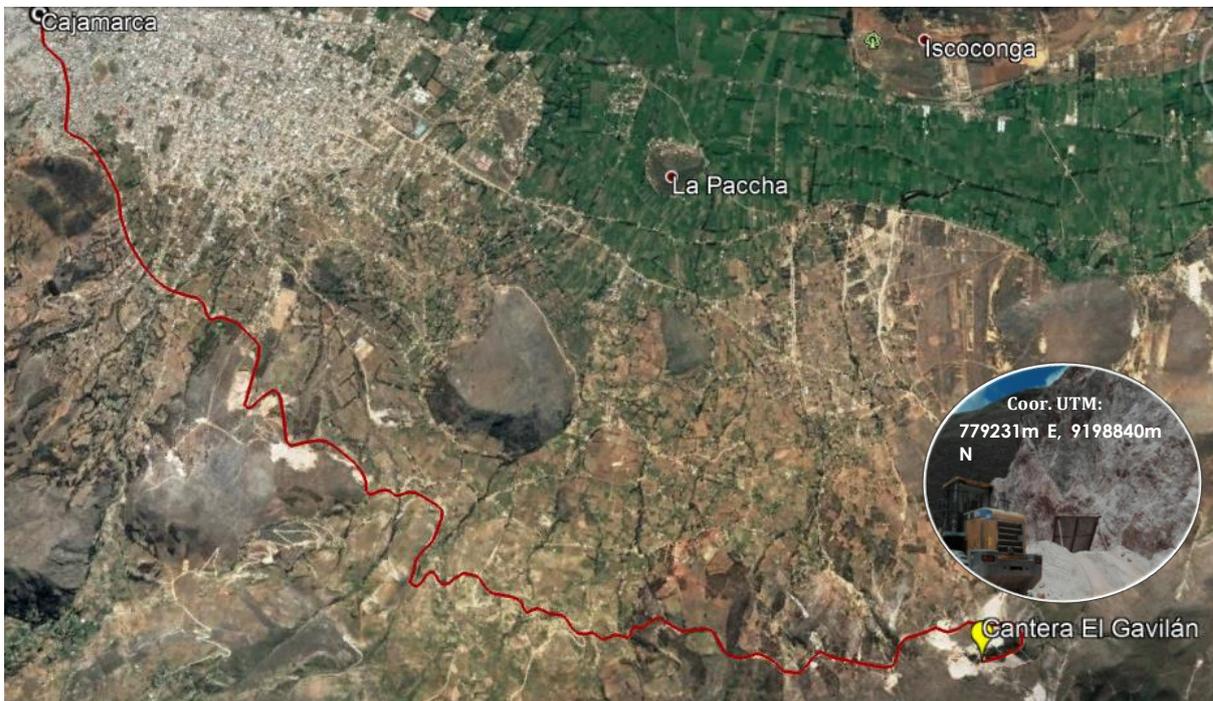
Fuente. Elaboración Propia, 2017.

Figura N° 7. Ubicación de la Cantera Bazán



Fuente. Google Earth, 2017.

Figura N° 8. Ubicación de la Cantera El Gavilán



Fuente. Google Earth, 2017.

3.7.2. Método de Cuarteo

Se lleva a cabo la toma de muestras de diferentes puntos de donde está depositado el material a utilizar; mediante el método B (cuarteo manual) se procede a realizar lo siguiente:

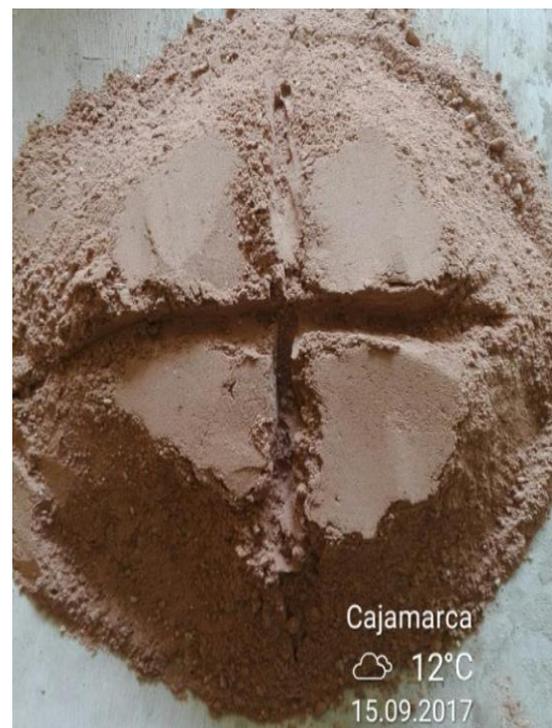
- a) La muestra en forma de cono.
- b) El aplanado de la muestra.
- c) El cuarteo con ayuda de una palana después de aplanar el cono.
- d) La muestra dividida en cuartos
- e) Retener dos de los cuartos y retirar los otros dos cuartos.

Figura N° 9. Cuarteo del material
(Cantera Bazán)



Fuente. Elaboración Propia, 2017.

Figura N° 10. Cuarteo del material
(Cantera Gavilán)



Fuente. Elaboración Propia, 2017.

3.7.3. Ensayos realizados para la determinación de propiedades del agregado fino

Se efectúan ensayos en laboratorio con el uso de instrumentos de recolección de datos (protocolos), para la determinación de las propiedades físico – mecánicas del agregado fino a utilizar en la elaboración de los especímenes de mortero, las cuales son: Contenido de humedad, Análisis Granulométrico, Cantidad de Material Fino que pasa por el tamiz N° 200, Peso Específico y Absorción, Peso Unitario Volumétrico Suelto (PUSS) y Compactado (PUCS).

3.7.3.1. Contenido de Humedad (MTC E 108 / ASTM D2216 / NTP 339.127)

- Identificación del recipiente.
- Pesar el recipiente o tara.
- Pesar la muestra húmeda en el recipiente o tara.
- Secar la muestra en la estufa durante 24 horas a 105°C.
- Pesar la muestra seca en el recipiente o tara.
- Determinar el peso del agua.
- Determinar el peso del suelo seco.
- Determinar el contenido de humedad, con la siguiente fórmula:

Ecuación N° 1. Contenido de Humedad

$$(W\%) = \frac{W_{H2O}}{W_S} * 100$$

Donde:

$W\%$ = Porcentaje de humedad.

W_{H2O} = Peso del agua en la muestra.

W_S = Peso suelo seco.

- Finalmente se determina el resultado con respecto al promedio del contenido de humedad de las muestras tomadas.

Figura N° 11. Contenido de Humedad - Muestras en estado natural



Fuente. Elaboración Propia, 2017.

Figura N° 12. Contenido de Humedad - Colocación de las muestras en el horno



Fuente. Elaboración Propia, 2017.

3.7.3.2. Análisis Granulométrico (MTC E 204 / ASTM C136 / NTP 400.012)

- Previamente secar la muestra.
- Seleccionar tamices adecuados para cumplir con las especificaciones del material que se va a ensayar, colocar los tamices en orden decreciente por tamaño de abertura.
- Efectuar la operación de tamizado manual.
- Limitar la cantidad de material en un tamiz con el objetivo que todas las partículas puedan alcanzar las aberturas del tamiz varias veces durante el tamizado.
- Continuar el tamizado por un periodo suficiente, de tal manera que al final no más del 1% de la masa del residuo sobre uno de los tamices, pasará a través de él durante 1 min de tamizado manual.
- Determinar la masa de cada incremento de medida sobre una balanza. La masa total de material luego del tamizado deberá ser verificada con la masa de la muestra colocada sobre cada tamiz. Si la cantidad difiere en más de 0.3%, sobre la masa seca original de la muestra, el resultado no deberá utilizarse para propósitos de aceptación.
- Finalmente, el módulo de finura, se calcula con la siguiente fórmula:

Ecuación N° 2. Módulo de finura

$$M. F. = \frac{\%Ret. Acum. (N^{\circ}4, N^{\circ}8, N^{\circ}16, N^{\circ}30, N^{\circ}50, N^{\circ}100)}{100}$$

Donde:

M. F. = Módulo de finura.

Figura N° 13. Análisis Granulométrico – Tamizado del agregado fino



Fuente. Elaboración Propia, 2017.

Figura N° 14. Análisis Granulométrico – Retenidos del agregado fino



Fuente. Elaboración Propia, 2017.

3.7.3.3. Cantidad de Material Fino que pasa por el tamiz N° 200 (MTC E 202 – ASTM C117 – NTP 400.018)

- Secar muestra a peso constante a una temperatura de $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$, pesar con una aproximación al 0.1% de la masa de la muestra de ensayo.
- Colocar la muestra pesada y seca en un recipiente y adicionar agua hasta cubrirla.
- Agitar la muestra para lograr la separación completa de las partículas más finas que el tamiz N° 200 de las partículas gruesas y llevar el material fino a la suspensión.
- Sobre el tamiz N° 200 verter el agua de lavado conteniendo los sólidos suspendidos y disueltos sobre los tamices; tener cuidado para evitar la decantación de las partículas más gruesas de la muestra.
- Adicionar una segunda carga de agua a la muestra en el recipiente, agitar y decantar como antes. Repetir esta operación hasta que el agua de lavado esté clara.
- Retornar todo el material retenido sobre los tamices mediante un chorro de agua. Secar el agregado lavado a peso constante a una temperatura de $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ y determinar la masa con aproximación al 0.1% de la masa original de la muestra.
- Finalmente, se utiliza la siguiente fórmula para el cálculo:

Ecuación N° 3. Cantidad de Material Fino que pasa por el tamiz N° 200

$$\% \text{ que pasa el tamiz N}^{\circ} 200 = \left(\frac{Pm - Pm \text{ lavada y seca}}{Pm} \right) \times 100$$

Donde:

% que pasa el tamiz N° 200 = Cantidad de Material Fino que pasa por el tamiz N° 200.

Pm = Peso de la muestra.

Figura N° 15. Cantidad de Material Fino que pasa por el tamiz N° 200 – Lavado del material



Fuente. Elaboración Propia, 2017.

3.7.3.4. Peso Específico y Absorción (MTC E 205 / ASTM C128 / NTP 400.022)

- Se coloca el material en un recipiente y se cubre con agua, se deja reposar durante 24 horas. Se extiende sobre una superficie plana expuesta a una corriente suave de aire tibio y se remueve con frecuencia, para garantizar un secado uniforme. Se continúa esta operación hasta que los granos del agregado no se adhieran entre sí. En el molde cónico, se coloca la muestra y se apisona suavemente 25 veces con la varilla de metal y se levanta el molde verticalmente. Repetir la operación del secado y del molde cónico hasta que el cono de agregado se desintegre, siendo en ese instante cuando el agregado fino se encuentra en estado de saturado superficialmente seco.
- Se introduce en el frasco 500 gr de la muestra preparada y se añade agua hasta aproximadamente 90% de la capacidad del frasco, se agita constantemente para eliminar el aire atrapado.

- Se saca el agregado fino del frasco, se seca a peso constante a una temperatura de $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$, se enfría a temperatura ambiente en un secador durante $\frac{1}{2}$ hora a $1\frac{1}{2}$ hora y se pesa.

Figura N° 16. Gravedad Específica y Absorción – Muestra sumergida en agua



Fuente. Elaboración Propia, 2017.

Figura N° 17. Gravedad Específica y Absorción – Apisonado en molde cónico



Fuente. Elaboración Propia, 2017.

- El peso específico se calcula con la siguiente fórmula:

Ecuación N° 4. Peso específico

$$\text{Peso específico aparente (seco)} = \frac{A}{B + S - C}$$

Donde:

A = Peso al aire de la muestra desecada.

B = Peso del picnómetro aforado lleno de agua.

S = Peso de la Muestra Saturada Superficie Seca.

C = Peso total del picnómetro aforado con la muestra y lleno de agua.

- La absorción se calcula con la siguiente fórmula:

Ecuación N° 5. Absorción

$$\text{Absorción} = \left(\frac{\text{Peso saturado superf. seco} - \text{Peso seco del suelo}}{\text{Peso seco del suelo}} \right) \times 100$$

3.7.3.5. Peso Unitario Suelto Seco (PUSS) y Compactado (PUCS) (MTC E 203 / ASTM C29 / NTP 400.017)

Peso Unitario Suelto Seco (PUSS)

- Se llena el recipiente por medio de una herramienta (pala o cucharón de mano), de modo que el agregado se descargue de una altura no mayor de 50 mm, por encima del borde hasta colmarlo, el agregado sobrante se elimina con una regla.
- Se determina el peso del recipiente de medida más su contenido y el peso del recipiente y se registran los pesos con una aproximación de 0.05 kg.
- Finalmente se calcula de la siguiente manera:

Ecuación N° 6. Peso Unitario Suelto Seco (PUSS)

$$PUSS = \left(\frac{\text{Peso del agregado fino suelto}}{\text{Volumen del molde}} \right)$$

Peso Unitario Compactado Seco (PUCS)

- El agregado debe colocarse en el recipiente, en tres capas de igual volumen aproximadamente, hasta colmarlo; cada una de las capas se nivela con la mano y se apisona con 25 golpes de varilla, distribuidos uniformemente en cada capa, utilizando el extremo semiesférico de la varilla. Al apisonar la primera, debe evitarse que la varilla golpee el fondo del recipiente, al apisonar las capas superiores, se aplica la fuerza necesaria para que la varilla solamente atraviese la respectiva capa.
- Una vez colmado el recipiente, se enrasa la superficie con la varilla, usándola como regla, y se determina el peso del recipiente lleno en kilogramos.

Ecuación N° 7. Peso Unitario Suelto Seco (PUCS)

$$PUSS = \left(\frac{\text{Peso del agregado fino compactado}}{\text{Volumen del molde}} \right)$$

Figura N° 18. Peso Unitario Volumétrico Suelto (PUSS) y Compactado (PUCS)



Fuente. Elaboración Propia, 2017.

3.7.4. Ensayos previos para el diseño de mezclas

3.7.4.1. Contenido de aire – Método de presión (ASTM C231 y NTP 339.083)

- Inicialmente se debe asegurar que el recipiente descansa sobre en una superficie plana y libre de vibraciones.
- Remezclar la mezcla de mortero con ayuda del cucharón.
- Posteriormente el volumen fue llenado en tres partes, la primera 1/3 del volumen total, distribuyendo la mezcla en forma equitativa en toda la superficie del recipiente, varillando la capa 25 veces en todo el espesor, pero sin golpear con fuerza en el fondo del recipiente en toda la sección transversal del mismo, golpear con el mazo de goma para cerrar los huecos dejados por la varilla de compactación, de igual manera con las partes sucesivas hasta llenar el recipiente u olla de Washington.

- Se enrasa con ayuda de la regla de enrase del centro a los extremos dejando una superficie nivelada, se limpia el borde del recipiente para colocar la tapa.
- Se cierra la válvula de purga de aire y se procede a ingresar agua dentro de las llaves de purga de agua mediante el uso de la jeringa hasta ver que el agua salga por el otro lado de la purga de agua.
- Se bombea aire dentro de la cámara, y estabilizamos el manómetro, cerramos las llaves de purga de agua creando un sello hermético total
- Finalmente se da lectura del contenido de aire atrapado.

Figura N° 19. Ensayo en la olla de Washington



Fuente. Elaboración Propia, 2017.

Figura N° 20. Contenido de aire atrapado



Fuente. Elaboración Propia, 2017.

3.7.5. Diseño de mezcla del mortero

Se realizó la elaboración correspondiente de diseño de mezcla con una relación cemento/arena 1:4 y con las relaciones agua/cemento siguiente: 0,7, 0,8, 0,9 y 1, tanto para el agregado de la cantera El Gavilán como para la cantera Bazán.

3.7.5.1. Diseño de mezcla del mortero para el agregado de la cantera El Gavilán

DATOS:

Tamaño de la probeta:

Ancho = 5.00 cm

Largo = 5.00 cm

Altura = 5.00 cm

Tabla N° 4. Especificaciones Técnicas para el diseño de mezclas – cantera El Gavilán

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS		
AGREGADO		
Peso específico aparente (seco)	2.56	g/cm ³
Peso específico aparente (SSS)	2.62	g/cm ³
Peso específico nominal (seco)	2.73	g/cm ³
Peso unitario suelto	1515.41	Kg/m ³
Peso unitario compactado	1684.85	Kg/m ³
Contenido de humedad	5.62	%
Absorción	2.33	%
Aire atrapado	2.45	%
CEMENTO		
Peso específico del cemento	3.00	g/cm ³
DOSIFICACIÓN		
Relación cemento/arena	1:4	
Relación agua/cemento	Variable	

Fuente. Elaboración Propia, 2017.

➤ **Diseño de mezcla del mortero para una relación a/c = 0.7**

Volúmenes aparentes:

Cemento =	1	Pies ³
Arena =	4	Pies ³
Agua de diseño =	0.70	

Materiales Secos:

Cemento =	42.50	Kg
Arena =	171.64	Kg
Agua de diseño =	29.75	Kg
	243.895	Kg (Tanda)

Volúmenes Absolutos:

Cemento =	42.50 Kg	0.014167 m ³
Arena =	171.64 Kg	0.066922 m ³
Agua de diseño =	29.75 Kg	0.029750 m ³
Sub total =		0.110839 m ³
Aire atrapado (%)=	2.45	0.002716 m ³
		TOTAL = 0.113555 m³

Cantidad de materiales por metro cúbico:

N° bolsas = 8.81 bolsas/ m³

Materiales Secos de diseño

CEMENTO	374.27 kg
AGREGADO FINO SECO	1511.56 kg
AGUA DE DISEÑO	261.99 lts

Materiales corregidos por humedad

CEMENTO	374.27	Kg
AGREGADO FINO SECO	1596.45	Kg
AGUA EFECTIVA	212.36	lts

Cantidad de material para 6 probetas

Volumen para 1 espécimen 125 cm³

Volumen para "n" especímenes

cantidad = 6 750 cm³
0.00075 m³

Dosificación para la mezcla 1:4 - Relación a/c 0.70

Materiales	Sin desperdicios	Con desperdicios
Cemento	0.281 Kg	0.309 Kg
Agregado fino húmedo	1.197 Kg	1.317 Kg
Agua efectiva	0.159 Kg	0.175 Kg

➤ **Diseño de mezcla del mortero para una relación a/c = 0.8**

Volúmenes aparentes:

Cemento =	1	Pies ³
Arena =	4	Pies ³
Agua de diseño =	0.80	

Materiales Secos:

Cemento =	42.50	Kg	
Arena =	171.64	Kg	
Agua de diseño =	34.00	Kg	
	<u>248.145</u>	Kg	(Tanda)

Volúmenes Absolutos:

Cemento =	42.50 Kg	0.014167 m ³
Arena =	171.64 Kg	0.066922 m ³
Agua de diseño =	34.00 Kg	0.034000 m ³
Sub total =		<u>0.115089 m³</u>
Aire atrapado (%) =	2.45	0.002820 m ³
		<u>TOTAL = 0.117909 m³</u>

Cantidad de materiales por metro cúbico:

N° bolsas =	8.48 bolsas/ m ³
-------------	-----------------------------

Materiales Secos de diseño

CEMENTO	360.45 kg
AGREGADO FINO SECO	1455.74 kg
AGUA DE DISEÑO	288.36 lts

Materiales corregidos por humedad

CEMENTO	360.45	Kg
AGREGADO FINO SECO	1537.50	Kg
AGUA EFECTIVA	240.57	lts

Cantidad de material para 6 probetas

Volumen para 1 espécimen	125 cm ³
---------------------------------	---------------------

Volumen para "n" especímenes

cantidad =	6	750 cm ³
		0.00075 m³

**Dosificación para la mezcla 1:4 -
Relación a/c 0.80**

Materiales	Sin desperdicios	Con desperdicios
Cemento	0.270 Kg	0.297 Kg
Agregado fino húmedo	1.153 Kg	1.268 Kg
Agua efectiva	0.180 Kg	0.198 Kg

➤ **Diseño de mezcla del mortero para una relación a/c = 0.9**

Volúmenes aparentes:

Cemento =	1	Pies ³
Arena =	4	Pies ³
Agua de diseño =	0.90	

Materiales Secos:

Cemento =	42.50	Kg	
Arena =	171.64	Kg	
Agua de diseño =	38.25	Kg	
	<u>252.395</u>	Kg	(Tanda)

Volúmenes Absolutos:

Cemento =	42.50 Kg	0.014167 m ³
Arena =	171.64 Kg	0.066922 m ³
Agua de diseño =	38.25 Kg	<u>0.038250 m³</u>
Sub total =		0.119339 m ³
Aire atrapado (%) =	2.45	<u>0.002924 m³</u>
		TOTAL = 0.122263 m³

Cantidad de materiales por metro cúbico:

N° bolsas = 8.18 bolsas/ m³

Materiales Secos de diseño

CEMENTO	347.61 kg
AGREGADO FINO SECO	1403.90 kg
AGUA DE DISEÑO	312.85 lts

Materiales corregidos por humedad

CEMENTO	347.61	Kg
AGREGADO FINO SECO	1482.75	Kg
AGUA EFECTIVA	266.76	lts

Cantidad de material para 6 probetas

Volumen para 1 espécimen 125 cm³

Volumen para "n" especímenes

cantidad = 6 750 cm³
0.00075 m³

Dosificación para la mezcla 1:4 - Relación a/c 0.90

Materiales	Sin desperdicios	Con desperdicios
Cemento	0.261 Kg	0.287 Kg
Agregado fino húmedo	1.112 Kg	1.223 Kg
Agua efectiva	0.200 Kg	0.220 Kg

➤ Diseño de mezcla del mortero para una relación a/c = 1

Volúmenes aparentes:

Cemento =	1	Pies ³
Arena =	4	Pies ³
Agua de diseño =	1.00	

Materiales Secos:

Cemento =	42.50	Kg	
Arena =	171.64	Kg	
Agua de diseño =	42.50	Kg	
	<u>256.645</u>	Kg	(Tanda)

Volúmenes Absolutos:

Cemento =	42.50 Kg	0.014167 m ³
Arena =	171.64 Kg	0.066922 m ³
Agua de diseño =	42.50 Kg	<u>0.042500 m³</u>
Sub total =		0.123589 m ³
Aire atrapado (%) =	2.45	<u>0.003028 m³</u>
		TOTAL = 0.126617 m³

**Cantidad de materiales por metro
cúbico:**

N° bolsas = 7.90
bolsas/ m³

Materiales Secos de diseño

CEMENTO	335.66 kg
AGREGADO FINO SECO	1355.62 kg
AGUA DE DISEÑO	335.66 lts

Materiales corregidos por humedad

CEMENTO	335.66	Kg
AGREGADO FINO SECO	1431.76	Kg
AGUA EFECTIVA	291.15	lts

Cantidad de material para 6 probetas

Volumen para 1 espécimen 125 cm³

Volumen para "n" especímenes

cantidad = 6 750 cm³
0.00075 m³

**Dosificación para la mezcla 1:4 -
Relación a/c**

1.00

Materiales	Sin desperdicios	Con desperdicios
Cemento	0.252 Kg	0.277 Kg
Agregado fino húmedo	1.074 Kg	1.181 Kg
Agua efectiva	0.218 Kg	0.240 Kg

3.7.5.1.1. Resumen de proporciones de la mezcla del mortero para el agregado de la cantera El Gavilán para las diferentes relaciones a/c

Tabla N° 5. Resumen de proporciones de mezcla de mortero para el agregado de la cantera El Gavilán para las diferentes relaciones a/c

Espécimen	Relaciones a/c	Cemento	Agregado fino	Agua
		Kg	Kg	Kg
Mortero C/A 1:4	0.7	0.309	1.317	0.175
Mortero C/A 1:4	0.8	0.297	1.268	0.198
Mortero C/A 1:4	0.9	0.287	1.223	0.220
Mortero C/A 1:4	1	0.277	1.181	0.240

Fuente. Elaboración Propia, 2017.

3.7.5.2. Diseño de mezcla del mortero para el agregado de la cantera Bazán

DATOS:

Tamaño de la probeta:

Ancho = 5.00 cm

Largo = 5.00 cm

Altura = 5.00 cm

Tabla N° 6. Especificaciones Técnicas para el diseño de mortero – cantera Bazán

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS		
AGREGADO		
Peso específico aparente (seco)	2.60	g/cm ³
Peso específico aparente (SSS)	2.64	g/cm ³
Peso específico nominal (seco)	2.70	g/cm ³
Peso unitario suelto	1591.07	Kg/m ³
Peso unitario compactado	1786.27	Kg/m ³
Contenido de humedad	6.52	%
Absorción	1.32	%
Aire atrapado	2.50	%
CEMENTO		
Peso específico del cemento	3.00	g/cm ³
DOSIFICACIÓN		
Relación cemento/arena	1:4	
Relación agua/cemento	Variable	

Fuente. Elaboración Propia, 2017.

➤ **Diseño de mezcla del mortero para una relación a/c = 0.7**

Volúmenes aparentes:

Cemento =	1	Pies ³
Arena =	4	Pies ³
Agua de diseño =	0.70	

Materiales Secos:

Cemento =	42.50	Kg	
Arena =	180.21	Kg	
Agua de diseño =	29.75	Kg	
	<u>252.464</u>	Kg	(Tanda)

Volúmenes Absolutos:

Cemento =	42.50 Kg	0.014167 m ³
Arena =	180.21 Kg	0.069189 m ³
Agua de diseño =	29.75 Kg	<u>0.029750 m³</u>
Sub total =		0.113105 m ³
Aire atrapado (%) =	2.50	<u>0.002828 m³</u>
		TOTAL = 0.115933 m³

Cantidad de materiales por metro cúbico:

N° bolsas = 8.63 bolsas/ m³

Materiales Secos de diseño

CEMENTO	366.59 kg
AGREGADO FINO SECO	1554.47 kg
AGUA DE DISEÑO	256.61 lts

Materiales corregidos por humedad

CEMENTO	366.59	Kg
AGREGADO FINO SECO	1655.82	Kg
AGUA EFECTIVA	175.74	lts

Cantidad de material para 6 probetas

Volumen para 1 espécimen 125 cm³

Volumen para "n" especímenes

cantidad = 6 750 cm³
0.00075 m³

**Dosificación para la mezcla 1:4 -
Relación a/c 0.70**

Materiales	Sin desperdicios	Con desperdicios
Cemento	0.275 Kg	0.302 Kg
Agregado fino húmedo	1.242 Kg	1.366 Kg
Agua efectiva	0.132 Kg	0.145 Kg

➤ **Diseño de mezcla del mortero para una relación a/c = 0.8**

Volúmenes aparentes:

Cemento =	1	Pies ³
Arena =	4	Pies ³
Agua de diseño =	0.80	

Materiales Secos:

Cemento =	42.50	Kg	
Arena =	180.21	Kg	
Agua de diseño =	34.00	Kg	
	<hr style="width: 100%; border: 0.5px solid black;"/>		
	256.714	Kg	(Tanda)

Volúmenes Absolutos:

Cemento =	42.50 Kg	0.014167 m ³
Arena =	180.21 Kg	0.069189 m ³
Agua de diseño =	34.00 Kg	0.034000 m ³
Sub total =		<hr style="width: 100%; border: 0.5px solid black;"/> 0.117355 m ³
Aire atrapado (%) =	2.50	0.002934 m ³
		<hr style="width: 100%; border: 0.5px solid black;"/>
		TOTAL = 0.120289 m³

Cantidad de materiales por metro cúbico:

N° bolsas = 8.31 bolsas/ m³

Materiales Secos de diseño

CEMENTO	353.32 kg
AGREGADO FINO SECO	1498.18 kg
AGUA DE DISEÑO	282.65 lts

Materiales corregidos por humedad

CEMENTO	353.32	Kg
AGREGADO FINO SECO	1595.86	Kg
AGUA EFECTIVA	204.70	lts

Cantidad de material para 6 probetas

Volumen para 1 espécimen 125 cm³

Volumen para "n" especímenes

cantidad = 6 750 cm³
0.00075 m³

Dosificación para la mezcla 1:4 - Relación a/c 0.80

Materiales	Sin desperdicios	Con desperdicios
Cemento	0.265 Kg	0.291 Kg
Agregado fino húmedo	1.197 Kg	1.317 Kg
Agua efectiva	0.154 Kg	0.169 Kg

➤ Diseño de mezcla del mortero para una relación a/c = 0.9

Volúmenes aparentes:

Cemento =	1	Pies ³
Arena =	4	Pies ³
Agua de diseño =	0.90	

Materiales Secos:

Cemento =	42.50	Kg	
Arena =	180.21	Kg	
Agua de diseño =	38.25	Kg	
	<u>260.964</u>	Kg	(Tanda)

Volúmenes Absolutos:

Cemento =	42.50 Kg	0.014167 m ³
Arena =	180.21 Kg	0.069189 m ³
Agua de diseño =	38.25 Kg	<u>0.038250 m³</u>
Sub total =		0.121605 m ³
Aire atrapado (%) =	2.50	<u>0.003040 m³</u>
	TOTAL =	0.124645 m³

**Cantidad de materiales por metro
cúbico:**

N° bolsas = 8.02 bolsas/ m³

Materiales Secos de diseño

CEMENTO	340.97 kg
AGREGADO FINO SECO	1445.82 kg
AGUA DE DISEÑO	306.87 lts

Materiales corregidos por humedad

CEMENTO	340.97	Kg
AGREGADO FINO SECO	1540.08	Kg
AGUA EFECTIVA	231.65	lts

Cantidad de material para 6 probetas

Volumen para 1 espécimen 125 cm³

Volumen para "n" especímenes

cantidad = 6 750 cm³
0.00075 m³

**Dosificación para la mezcla 1:4 -
Relación a/c 0.90**

Materiales	Sin desperdicios	Con desperdicios
Cemento	0.256 Kg	0.281 Kg
Agregado fino húmedo	1.155 Kg	1.271 Kg
Agua efectiva	0.174 Kg	0.191 Kg

➤ **Diseño de mezcla del mortero para una relación a/c = 1**

Volúmenes aparentes:

Cemento =	1	Pies ³
Arena =	4	Pies ³
Agua de diseño =	1.00	

Materiales Secos:

Cemento =	42.50	Kg	
Arena =	180.21	Kg	
Agua de diseño =	42.50	Kg	
	<u>265.214</u>	<u>Kg</u>	(Tanda)

Volúmenes Absolutos:

Cemento =	42.50 Kg	0.014167 m ³
Arena =	180.21 Kg	0.069189 m ³
Agua de diseño =	42.50 Kg	0.042500 m ³
Sub total =		<u>0.125855 m³</u>
Aire atrapado (%) =	2.50	<u>0.003146 m³</u>
	TOTAL =	0.129002 m³

Cantidad de materiales por metro cúbico:

N° bolsas = 7.75 bolsas/ m³

Materiales Secos de diseño

CEMENTO	329.45 kg
AGREGADO FINO SECO	1396.99 kg
AGUA DE DISEÑO	329.45 lts

Materiales corregidos por humedad

CEMENTO	329.45	Kg
AGREGADO FINO SECO	1488.08	Kg
AGUA EFECTIVA	256.77	lts

Cantidad de material para 6 probetas

Volumen para 1 espécimen 125 cm³

Volumen para "n" especímenes

cantidad = 6 750 cm³
0.00075 m³

Dosificación para la mezcla 1:4 - Relación a/c 1

Materiales	Sin desperdicios	Con desperdicios
Cemento	0.247 Kg	0.272 Kg
Agregado fino húmedo	1.116 Kg	1.228 Kg
Agua efectiva	0.193 Kg	0.212 Kg

3.7.5.2.1. Resumen de proporciones de la mezcla del mortero para el agregado de la cantera Bazán para las diferentes relaciones a/c

Tabla N° 7. Resumen de proporciones de mezcla de mortero para el agregado de la cantera Bazán para las diferentes relaciones a/c

Especimen	Relaciones a/c	Cemento	Agregado fino	Agua
		Kg	Kg	Kg
Mortero C/A 1:4	0.7	0.302	1.366	0.145
Mortero C/A 1:4	0.8	0.291	1.317	0.169
Mortero C/A 1:4	0.9	0.281	1.271	0.191
Mortero C/A 1:4	1	0.272	1.228	0.212

Fuente. Elaboración Propia, 2017.

3.7.6. Elaboración de los especímenes de mortero

Se procedió a elaborar los especímenes de mortero, realizando lo siguiente:

- Se pesan los materiales conforme al diseño establecido.
- Mezclar uniformemente la arena y el cemento hasta que se integren totalmente, ir colocando el agua e ir unificando la mezcla.
- Posteriormente se aplica un recubrimiento delgado de un desencofrante (aceite) a las caras interiores del molde, además si es necesario se quita cualquier exceso con ayuda de un paño.
- Se realiza el moldeado de los especímenes por apisonamiento manual, vertiendo la mezcla en los moldes cúbicos, en capas de alrededor de 25 mm, compactando en cada compartimiento 32 veces en alrededor de 10 segundos en 4 rondas.

Figura N° 21. Elaboración de los especímenes del mortero



Fuente. Elaboración Propia, 2017.

Figura N° 22. Especímenes de mortero elaboradas



Fuente. Elaboración Propia, 2017.

3.7.7. Almacenamiento de especímenes de ensayo

Después de completar el moldeo, se procede a desmoldar e identificar a las 24 h de edad cada muestra, para posteriormente sumergir los especímenes en agua de cal saturada en tanques de almacenamiento.

Figura N° 23. Desmolde de especímenes



Fuente. Elaboración Propia, 2017.

Figura N° 24. Identificación de especímenes



Fuente. Elaboración Propia, 2017.

Figura N° 25. Curado de especímenes



Fuente. Elaboración Propia, 2017.

3.7.8. Ensayo de resistencia a compresión de especímenes de mortero

Retirar de los tanques de almacenamiento los cubos que van a ser ensayados tanto a los 7, 14 y 28 días, según corresponda y dejarlos secar para seguidamente ser medidos y posteriormente ensayados. Además; se debe comprobar por medio de una regla que las caras están perfectamente planas, para seguidamente colocar el espécimen en la máquina centrando debajo del bloque superior.

Figura N° 26. Medición de especímenes



Fuente. Elaboración Propia, 2017.

Figura N° 27. Colocación de especímenes en la máquina a compresión axial



Fuente. Elaboración Propia, 2017.

Figura N° 28. Ensayo de Resistencia a compresión axial



Fuente. Elaboración Propia, 2017.

Figura N° 29. Ensayo de Resistencia a compresión axial a los 14 días de curado



Fuente. Elaboración Propia, 2017.

Finalmente se registra la carga máxima total indicada por la máquina y se procede a calcular la resistencia a compresión axial mediante la siguiente expresión:

Ecuación N° 8. Resistencia a la compresión

$$f_m = P/A$$

Donde:

f_m = Resistencia a la compresión.

P = Carga total máxima.

A = Área de superficie cargada.

CAPÍTULO 4. RESULTADOS

4.1. Características físicas del agregado fino – cantera El Gavilán

4.1.1. Contenido de humedad (NTP 339.127)

En la Tabla N° 8 se muestra el contenido de humedad del agregado fino de la cantera El Gavilán.

Tabla N° 8. Contenido de humedad del agregado fino de la cantera El Gavilán

CONTENIDO DE HUMEDAD					
ID	DESCRIPCIÓN	UND	1	2	3
A	Identificación del recipiente o Tara		1A	2A	3A
B	Peso del Recipiente	gr	27.40	26.50	28.30
C	Recipiente + Suelo Húmedo	gr	246.60	220.10	129.30
D	Recipiente + Suelo Seco	gr	235.20	209.70	123.87
E	Peso del suelo húmedo (Ww) C - B	gr	219.20	193.60	101.00
F	Peso del Suelo Seco (Ws) D - B	gr	207.80	183.20	95.57
W _{H2O}	Peso del agua en la muestra E- F	gr	11.40	10.40	5.43
W %	Porcentaje de humedad $(W_{H2O} / F) * 100$	%	5.49	5.68	5.69
G	Promedio Porcentaje Humedad	%	5.62		

Fuente. Elaboración Propia, 2017

4.1.2. Análisis Granulométrico y módulo de finura (NTP 400.012)

En la Tabla N° 9 se muestra el análisis granulométrico y en la Tabla N° 10 el módulo de finura del agregado fino de la cantera El Gavilán utilizado para la elaboración de los especímenes de mortero.

Tabla N° 9. Análisis Granulométrico del agregado fino de la cantera El Gavilán

TAMIZ		PESO RETENIDO (gr)	% RETENIDO (%)	% RETENIDO ACUMULADO (%)	% QUE PASA
(pulg)	(mm)				
N° 4	4.75	0	0.00	0.00	100.00
N° 8	2.36	51.2	5.14	5.14	94.86
N° 16	1.18	126.79	12.72	17.85	82.15
N° 30	0.6	134.3	13.47	31.32	68.68
N° 50	0.3	436.19	43.75	75.07	24.93
N° 100	0.15	135.55	13.60	88.67	11.33
N° 200	0.075	76.85	7.71	96.38	3.62
Fondo		36.14	3.62	100.00	0.00

Fuente. Elaboración Propia, 2017

Tabla N° 10. Módulo de finura del agregado fino de la cantera El Gavilán

MÓDULO DE FINURA	
M.F =	2.18

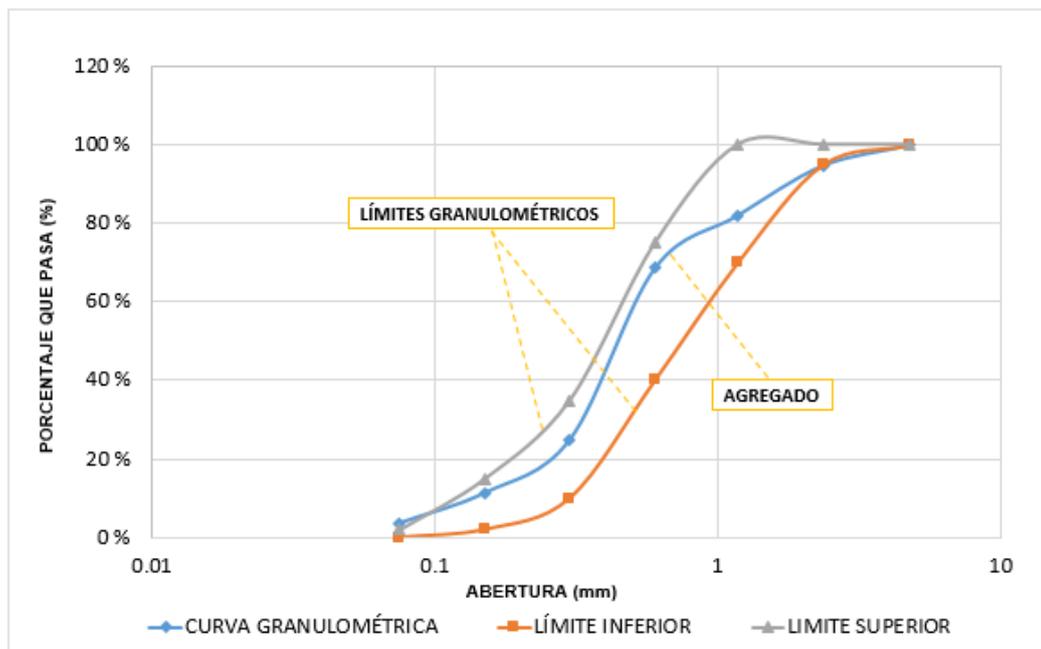
Fuente. Elaboración Propia, 2017

Tabla N° 11. Límites Granulométricos de la arena gruesa

GRANULOMETRÍA DE LA ARENA GRUESA	
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 Peruana E.070, 2006.

Gráfico N° 1. Curva granulométrica del agregado fino de la cantera El Gavilán



Fuente. Elaboración Propia, 2017.

4.1.3. Cantidad de material fino que pasa por el tamiz N° 200 (NTP 400.018)

En la Tabla N°12 se muestra el resultado obtenido en el ensayo de Cantidad de material fino que pasa por el tamiz N° 200, obteniendo el siguiente:

Tabla N° 12. Cantidad del material fino que pasa por el tamiz N° 200 del agregado fino de la cantera El Gavilán

CANTIDAD DE MATERIAL FINO QUE PASA POR EL TAMIZ N°200					
ID	DESCRIPCIÓN	UND	1	2	3
A	Peso de la muestra	gr	500	500.1	500.3
B	Peso de la muestra lavada y seca	gr	415.9	416.7	418
C	Material que pasa el tamiz N° 200 C = A – B	gr	84.1	83.4	82.3
D	% que pasa el tamiz N° 200	%	16.82	16.68	16.45
PROMEDIO		%	16.65		

Fuente. Elaboración Propia, 2017.

4.1.4. Peso específico y absorción (NTP 400.022)

En la Tabla N° 13 se muestran los resultados obtenidos en el ensayo de Peso específico y absorción, obteniendo los siguientes resultados:

Tabla N° 13. Peso específico y absorción del agregado fino de la cantera
El Gavilán

PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DE AGREGADOS FINOS						
ID	DESCRIPCIÓN	Und.	1	2	3	RESULTADO
A	Peso al aire de la muestra desecada.	gr.	488.3	488.4	489.1	N.A
B	Peso del picnómetro aforado lleno de agua.	gr.	673.8	673.8	673.8	N.A
C	Peso total del picnómetro aforado con la muestra y lleno de agua	gr.	983.5	983.3	983.1	N.A
S	Peso de la Muestra Saturada Superficie Seca	gr.	500	500	500	N.A
E	Peso específico aparente (Seco) $P. e. a(seco) = \frac{A}{B + S - C}$	gr./cm ³	2.566	2.564	2.565	2.565
F	Peso específico aparente (SSS) $P. e. a(SSS) = \frac{S}{B + S - C}$	gr./cm ³	2.627	2.625	2.622	2.625
G	Peso específico nominal (Seco) $P. e. n(seco) = \frac{A}{B + A - C}$	gr./cm ³	2.734	2.730	2.720	2.728
H	Absorción $Abs(\%) = \frac{S - A}{A} * 100\%$	(%)	2.396	2.375	2.229	2.333

Fuente. Elaboración Propia, 2017.

4.1.5. Peso Unitario Volumétrico Suelto (PUSS) y Compactado (PUCS) (NTP 400.017)

En la Tabla N° 14 se muestran los resultados del ensayo de peso unitario del agregado fino de la cantera El Gavilán utilizado para la elaboración de los especímenes. Obteniendo como resultados: PUSS = 1515.41 kg/m³ y PUCS = 1684.85 kg/m³.

Tabla N° 14. Peso Unitario del agregado fino de la cantera El Gavilán

PESO UNITARIO DEL AGREGADO FINO						
AGREGADO FINO		TAMAÑO MÁX. NOMINAL		< 1/2"	VOLUMEN MOLDE	0.00934
ID	DESCRIPCIÓN	UND	1	2	3	RESULTADO
A	Peso del Molde + AF Compactado	kg	20.53	20.63	20.44	
B	Peso del molde	kg	4.79	4.79	4.79	
C	Peso del AF Compactado, C = A – B	kg	15.74	15.84	15.65	
D	PESO UNITARIO COMPACTADO D = C / Vol. Molde	kg/m ³	1684.46	1695.16	1674.93	1684.85
E	Peso del Molde + AF Suelto	kg	18.96	18.93	18.95	
F	Peso del AF Suelto, F = E – B	kg	14.18	14.14	14.17	
G	PESO UNITARIO SUELTO, G = F / Vol. Molde	kg/m ³	1516.98	1513.23	1516.01	1515.41

Fuente. Elaboración Propia, 2017.

4.2. Características físicas del agregado fino - cantera Bazán

4.2.1. Contenido de Humedad (NTP 339.127)

En la Tabla N° 15 se muestra el contenido de humedad del agregado fino de la cantera Bazán.

Tabla N° 15. Contenido de humedad del agregado fino de la cantera Bazán

CONTENIDO DE HUMEDAD					
ID	DESCRIPCIÓN	UND	1	2	3
A	Identificación del recipiente o Tara		1A	2A	3A
B	Peso del Recipiente	gr	26.7	27.6	35.4
C	Recipiente + Suelo Húmedo	gr	246.6	222.9	234.6
D	Recipiente + Suelo Seco	gr	232.98	210.9	222.60
E	Peso del suelo húmedo (Ww) C - B	gr	219.90	195.3	199.20
F	Peso del Suelo Seco (Ws) D - B	gr	206.28	183.3	187.20
W _{H2O}	Peso del agua en la muestra E-F	gr	13.62	12.00	12.00
W %	Porcentaje de humedad $(W_{H2O}/F) * 100$	%	6.60	6.55	6.41
G	Promedio Porcentaje Humedad	%	6.52		

Fuente. Elaboración Propia, 2017

4.2.2. Análisis Granulométrico y módulo de finura (NTP 400.012)

En la Tabla N° 16 se muestra el análisis granulométrico y en la Tabla N° 17 el módulo de finura del agregado fino de la cantera Bazán utilizado para la elaboración de los especímenes de mortero.

Tabla N° 16. Análisis Granulométrico del agregado fino de la cantera Bazán

TAMIZ		PESO RETENIDO (gr)	% RETENIDO (%)	% RETENIDO ACUMULADO (%)	% QUE PASA
(pulg)	(mm)				
N° 4	4.75	0	0.000	0.000	100.000
N° 8	2.36	40.7	4.09	4.09	95.91
N° 16	1.18	234.8	23.58	27.67	72.33
N° 30	0.6	218.47	21.94	49.61	50.39
N° 50	0.3	226.89	22.79	72.39	27.61
N° 100	0.15	196.5	19.73	92.13	7.87
N° 200	0.075	56.2	5.64	97.77	2.23
cazoleta		22.2	2.23	100.00	0.00

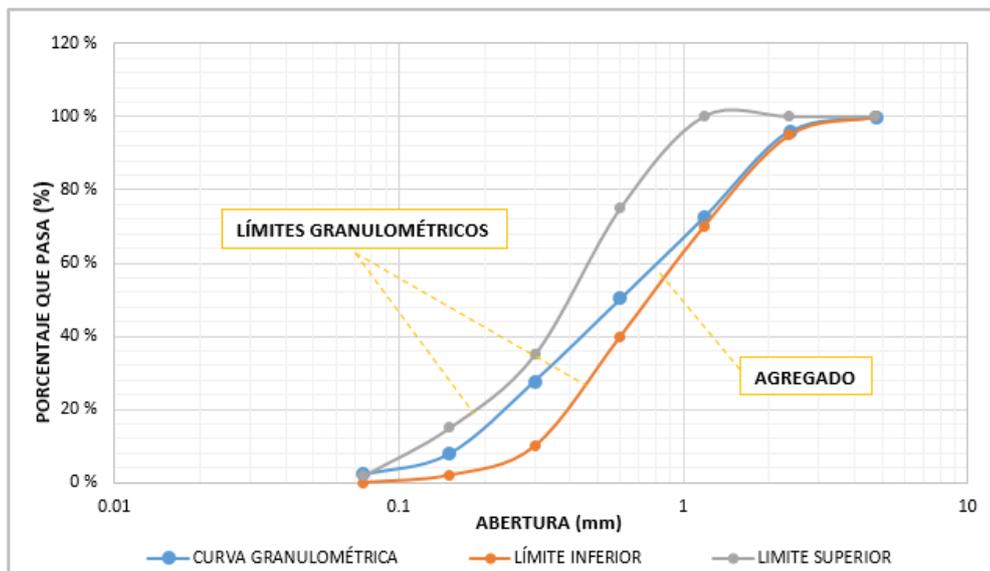
Fuente. Elaboración Propia, 2017.

Tabla N° 17. Módulo de finura del agregado fino de la cantera Bazán

MÓDULO DE FINURA	
M.F =	2.46

Fuente. Elaboración Propia, 2017

Gráfico N° 2. Curva granulométrica del agregado fino de la cantera Bazán



Fuente. Elaboración Propia, 2017.

4.2.3. Cantidad de material fino que pasa por el tamiz N° 200 (NTP 400.018)

En la Tabla N° 18, se muestran el resultado obtenido en el ensayo de Cantidad de material fino que pasa por el tamiz N° 200, obteniendo el siguiente:

Tabla N° 18. Cantidad del material fino que pasa por el tamiz N° 200 del agregado fino de la cantera Bazán

CANTIDAD DE MATERIAL FINO QUE PASA POR EL TAMIZ N°200					
ID	DESCRIPCIÓN	UND	1	2	3
A	Peso de la muestra	gr	500	500.1	500.3
B	Peso de la muestra lavada y seca	gr	477.80	478.10	478.60
C	Material que pasa el tamiz N° 200 C = A – B	gr	22.20	22.10	22.00
D	% que pasa el tamiz N° 200	%	4.44	4.42	4.39
PROMEDIO		%	4.42		

Fuente. Elaboración Propia, 2017.

4.2.4. Peso específico y absorción (NTP 400.022)

En la Tabla N° 19, se muestran los resultados obtenidos en el ensayo de Peso específico y absorción, obteniendo los siguientes resultados:

Tabla N° 19. Peso específico y absorción del agregado fino de la cantera Bazán

GRAVEDAD ESPECÍFICA Y ABSORCIÓN DE AGREGADOS FINOS						
ID	DESCRIPCIÓN	Und.	1	2	3	RESULTADO
A	Peso al aire de la muestra desecada.	gr.	493.6	493.5	493.4	N.A
B	Peso del picnómetro aforado lleno de agua.	gr.	673.8	673.8	673.8	N.A
C	Peso total del picnómetro aforado con la muestra y lleno de agua	gr.	984.2	984.3	984.5	N.A
S	Peso de la Muestra Saturada Superficie Seca	gr.	500	500	500	N.A
E	Peso específico aparente (Seco) $P. e. a(seco) = \frac{A}{B + S - C}$	gr./cm ³	2.603	2.604	2.606	2.605
F	Peso específico aparente (SSS) $P. e. a(SSS) = \frac{S}{B + S - C}$	gr./cm ³	2.637	2.639	2.641	2.639
G	Peso específico nominal (Seco) $P. e. n(seco) = \frac{A}{B + A - C}$	gr./cm ³	2.694	2.697	2.701	2.697
H	Absorción $Abs(\%) = \frac{S - A}{A} * 100\%$	(%)	1.297	1.317	1.338	1.317

Fuente. Elaboración Propia, 2017.

4.2.5. Peso Unitario Volumétrico Suelto (PUSS) y Compactado (PUCS) (NTP 400.017)

En la Tabla N° 20 se muestran los resultados del ensayo de peso unitario del agregado fino de la cantera Bazán utilizado para la elaboración de los especímenes. Obteniendo como resultados: PUSS = 1591.07 Kg/m³ y PUCS = 1786.27 Kg/m³.

Tabla N° 20. Peso Unitario del agregado fino de la cantera Bazán

PESO UNITARIO DEL AGREGADO FINO						
AGREGADO FINO		TAMAÑO MÁX. NOMINAL		< 1/2"	VOLUMEN MOLDE	0.00934
ID	DESCRIPCIÓN	UND	1	2	3	RESULTADO
A	Peso del Molde + AF Compactado	kg	21.59	21.47	21.37	
B	Peso del molde	kg	4.79	4.79	4.79	
C	Peso del AF Compactado, C = A – B	kg	16.81	16.68	16.59	
D	PESO UNITARIO COMPACTADO D = C / Vol. Molde	kg/m ³	1798.43	1785.06	1775.32	1786.27
E	Peso del Molde + AF Suelto	kg	19.63	19.65	19.69	
F	Peso del AF Suelto, F = E – B	kg	14.84	14.86	14.90	
G	PESO UNITARIO SUELTO, G = F / Vol. Molde	kg/m ³	1588.14	1590.28	1594.78	1591.07

Fuente. Elaboración Propia, 2017.

4.3. Resumen de las propiedades físicas del agregado de la cantera El Gavilán y Bazán

Tabla N° 21. Propiedades físicas del agregado fino de las canteras El Gavilán y Bazán

DESCRIPCIÓN	CANTERA	RESULTADO	UND
Contenido de Humedad	El Gavilán	5.62	%
	Bazán	6.52	%
Módulo de finura	El Gavilán	2.18	-
	Bazán	2.46	-
Cantidad de Material fino que pasa por el tamiz N° 200	El Gavilán	16.65	%
	Bazán	4.42	%
Peso específico	El Gavilán	2.62	gr/cm ³
	Bazán	2.64	gr/cm ³
Absorción	El Gavilán	2.33	%
	Bazán	1.32	%
Peso Unitario Volumétrico Suelto (PUSS)	El Gavilán	1515.41	Kg/m ³
	Bazán	1591.07	Kg/m ³
Peso Unitario Volumétrico Compactado (PUCS)	El Gavilán	1684.85	Kg/m ³
	Bazán	1786.27	Kg/m ³

Fuente. Elaboración Propia, 2017.

4.4. Ensayos previos para el diseño de mezclas

4.4.1. Método de presión (NTP 339.083)

Tabla N° 22. Lectura del contenido de aire

CANTERA	LECTURA DEL CONTENIDO DE AIRE
El Gavilán	2.45%
Bazán	2.50%

Fuente. Elaboración Propia, 2017.

4.5. Ensayo de resistencia a compresión axial del mortero - cantera El Gavilán

4.5.1. Ensayo de resistencia a compresión axial del mortero para una edad de 7 días - cantera El Gavilán

La tabla N° 23 muestra los resultados obtenidos en el ensayo de resistencia a compresión axial de los morteros realizados, considerando su respectiva resistencia promedio a los 7 días para cada tanda de 06 muestras tomadas para cada relación a/c.

Tabla N° 23. Ensayo de resistencia a compresión axial del mortero a la edad de 7 días – cantera El Gavilán

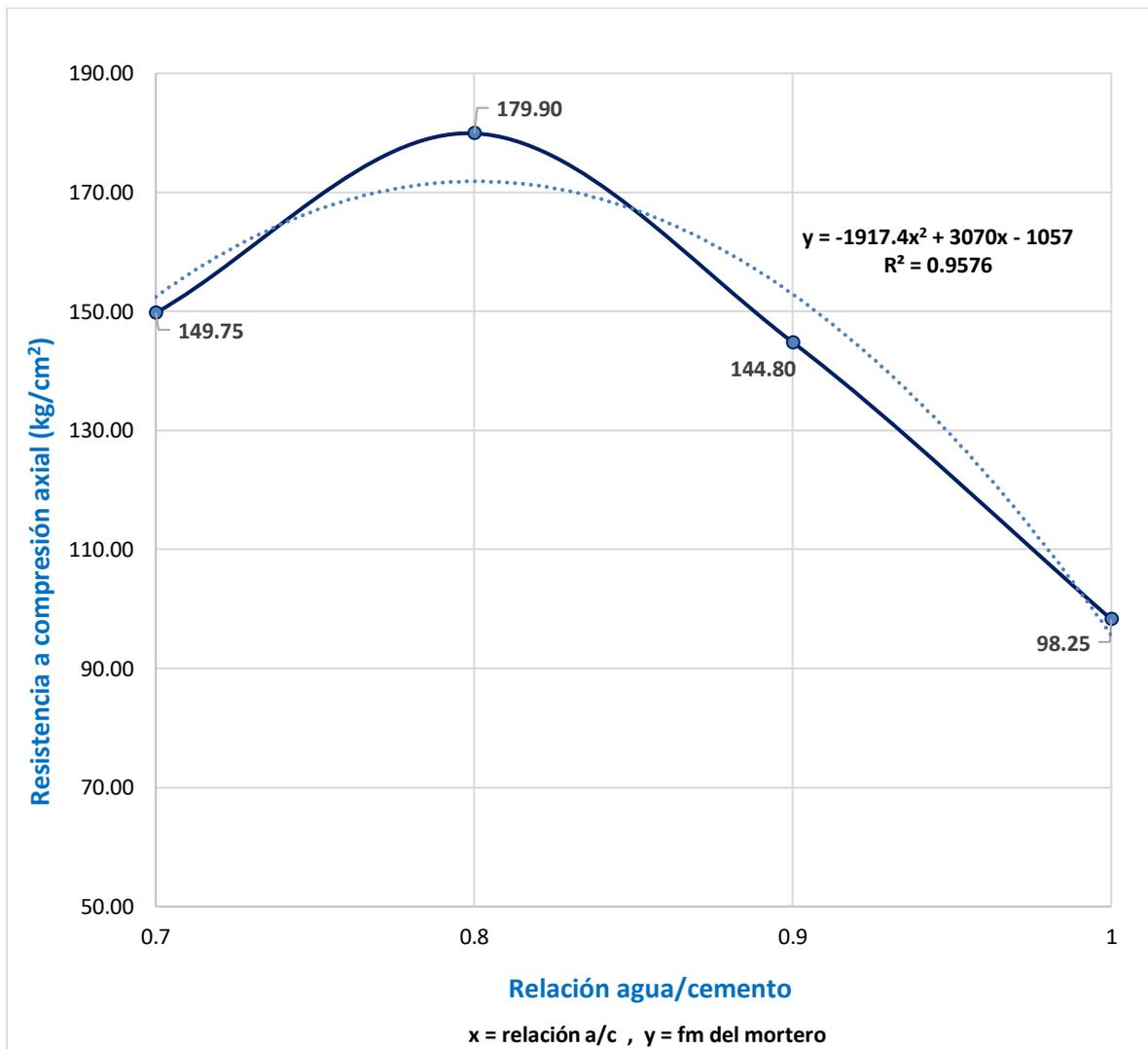
CANTERA EL GAVILÁN – 7 DÍAS						
Relación a/c	ID. Mortero	Carga última (Kg-f)	Área (cm ²)	Esfuerzo Máximo (Kg/cm ²)	Esfuerzo Máximo Promedio (Kg/cm ²)	Desviación Estándar
0.7	A1	3914	24.62	158.97	149.75	8.77
	A2	3336	24.93	133.79		
	A3	3708	24.55	151.04		
	A4	3788	24.49	154.66		
	A5	3613	24.60	146.90		
	A6	3803	24.84	153.12		
0.8	A1	4253	24.85	171.15	179.90	11.32
	A2	4207	24.84	169.38		
	A3	4687	25.17	186.23		
	A4	4632	24.54	188.78		
	A5	4808	24.69	194.70		
	A6	4366	25.81	169.15		
0.9	A1	4002	24.60	162.70	144.80	10.45
	A2	3663	24.95	146.81		
	A3	3500	25.09	139.49		
	A4	3288	24.85	132.32		
	A5	3691	24.95	147.94		
	A6	3480	24.94	139.52		
1	A1	2708	24.65	109.87	98.25	9.84
	A2	2307	25.05	92.10		
	A3	2637	24.70	106.77		
	A4	2563	24.84	103.17		
	A5	2373	25.50	93.06		
	A6	2152	25.45	84.56		

Fuente. Elaboración propia, 2017.

4.5.1.1. Curva de correlación entre la relación agua/cemento y la resistencia a compresión axial del mortero para 7 días de curado - El Gavilán

Los resultados obtenidos para un tiempo de curado de 7 días se muestran en el Gráfico N° 3, donde se observa que la resistencia alcanzada fue de 149.75 kg/cm² con una relación a/c de 0.7; 179.90 kg/cm² con una relación a/c de 0.8; 144.80 kg/cm² con una relación a/c de 0.9 y 98.25 kg/cm² con una relación a/c de 1. Además, se puede observar que la resistencia a compresión axial del mortero aumenta con una relación a/c = 0.8, y que disminuye notablemente con una relación a/c = 1, pero con una relación a/c = 0.9 permanece casi estable.

Gráfico N° 3. Curva de correlación entre la relación agua/cemento y la resistencia a compresión axial del mortero para 7 días de curado - El Gavilán



Fuente. Elaboración propia, 2017.

4.5.2. Ensayo de resistencia a compresión axial del mortero para una edad de 14 días - cantera El Gavilán

La tabla N° 24 muestra los resultados obtenidos en el ensayo de resistencia a compresión axial de los morteros realizados, considerando su respectiva resistencia promedio a los 14 días para cada tanda de 06 muestras tomadas para cada relación a/c.

Tabla N° 24. Ensayo de resistencia a compresión axial del mortero a la edad de 14 días – cantera El Gavilán

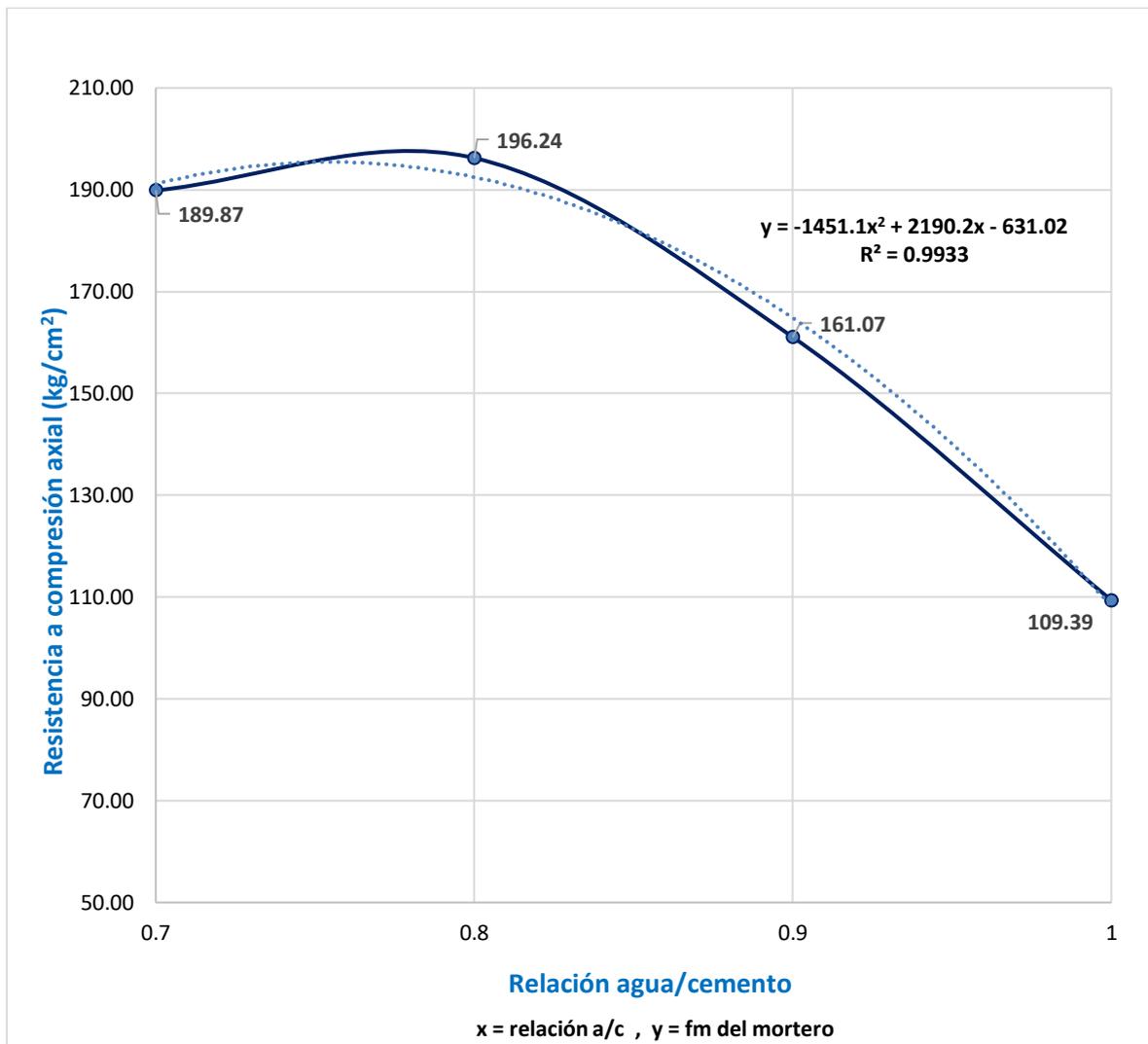
CANTERA EL GAVILÁN - 14 DÍAS						
Relación a/c	ID. Mortero	Carga última (Kg-f)	Área (cm ²)	Esfuerzo Máximo (Kg/cm ²)	Esfuerzo Máximo Promedio(Kg/cm ²)	Desviación Estándar
0.7	A7	5355	26.94	198.81	189.87	9.49
	A8	5199	25.96	200.28		
	A9	4602	25.60	179.75		
	A10	4936	27.03	182.61		
	A11	4903	25.00	196.12		
	A12	4450	24.50	181.63		
0.8	A7	5366	26.47	202.72	196.24	14.36
	A8	5444	25.15	216.46		
	A9	4689	24.58	190.75		
	A10	5409	26.83	201.59		
	A11	4948	25.76	192.12		
	A12	4351	25.04	173.78		
0.9	A7	3953	26.94	146.76	161.07	11.20
	A8	4356	26.32	165.52		
	A9	3700	23.55	157.09		
	A10	3868	25.45	151.98		
	A11	4402	26.21	167.92		
	A12	4499	25.40	177.12		
1	A7	2883	25.45	113.27	109.39	5.98
	A8	2598	26.21	99.11		
	A9	2919	25.50	114.47		
	A10	2966	26.94	110.11		
	A11	2798	26.47	105.71		
	A12	2893	25.45	113.67		

Fuente. Elaboración propia, 2017.

4.5.2.1. Curva de correlación entre la relación agua/cemento y la resistencia a compresión axial del mortero para 14 días de curado - El Gavilán

Los resultados obtenidos para un tiempo de curado de 14 días se muestran en el Gráfico N° 4 donde se observa que la resistencia alcanzada fue de 189.87 kg/cm² con una relación a/c de 0.7; 196.24 kg/cm² con una relación a/c de 0.8; 161.07 kg/cm² con una relación a/c de 0.9 y 109.39 kg/cm² con una relación a/c de 1. Además, se puede observar que la resistencia a compresión axial del mortero aumenta con una relación a/c = 0.8, y que disminuye notablemente con una relación a/c = 1.

Gráfico N° 4. Curva de correlación entre la relación agua/cemento y la resistencia a compresión axial del mortero para 14 días de curado - El Gavilán



Fuente. Elaboración propia, 2017.

4.5.3. Ensayo de resistencia a compresión axial del mortero para una edad de 28 días - cantera El Gavilán

La tabla N° 25 muestra los resultados obtenidos en el ensayo de resistencia a compresión axial de los morteros realizados, considerando su respectiva resistencia promedio a los 28 días para cada tanda de 06 muestras tomadas para cada relación a/c.

Tabla N° 25. Ensayo de resistencia a compresión axial del mortero a la edad de 28 días – cantera El Gavilán

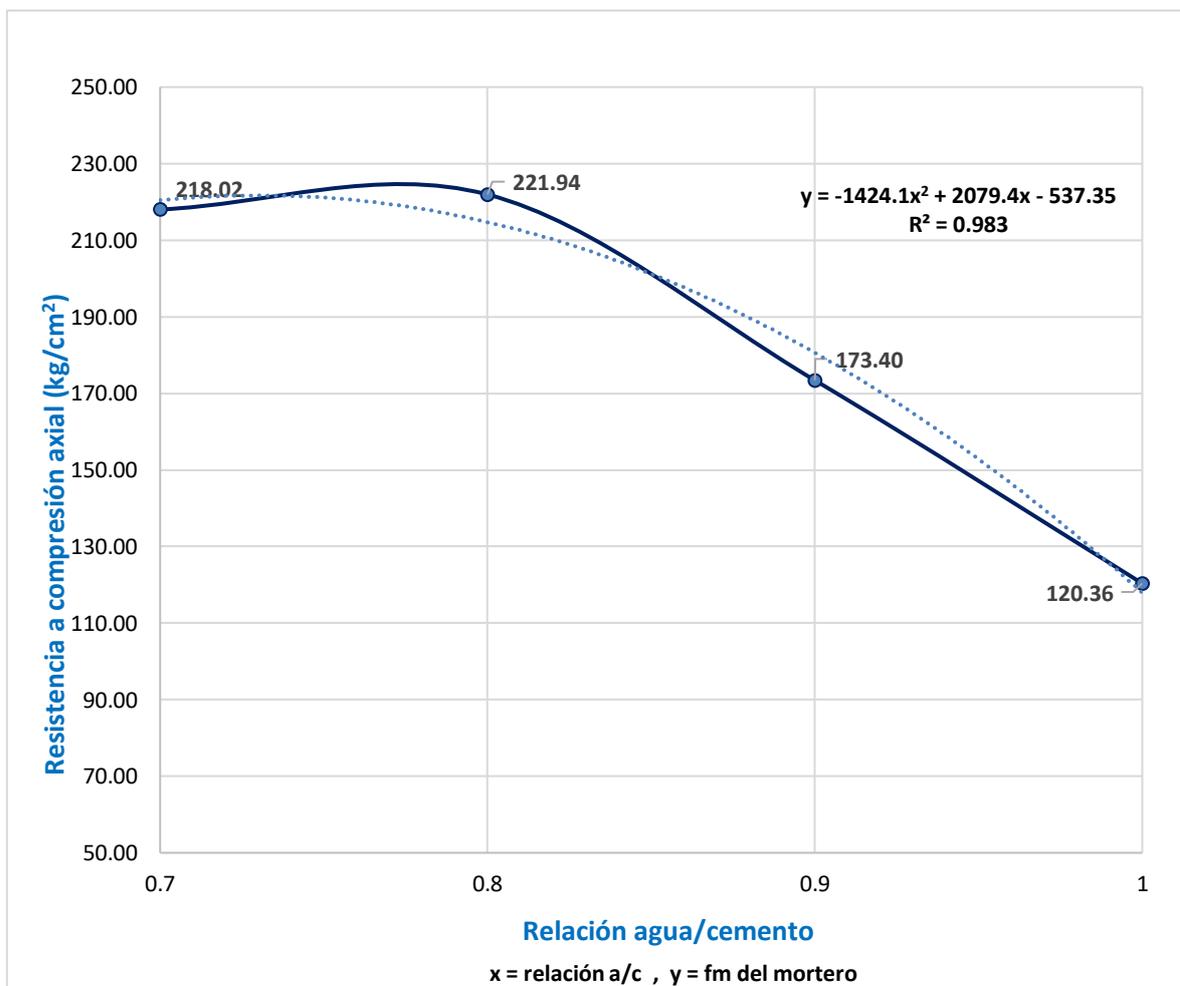
CANTERA EL GAVILÁN - 28 DÍAS						
Relación a/c	ID. Mortero	Carga última (Kg-f)	Área (cm ²)	Esfuerzo Máximo (Kg/cm ²)	Esfuerzo Máximo Promedio(Kg/cm ²)	Desviación Estándar
0.7	A13	5138	25.00	205.52	218.02	8.30
	A14	5400	25.10	215.14		
	A15	5894	25.65	229.76		
	A16	5730	25.70	222.95		
	A17	5763	26.16	220.27		
	A18	5534	25.80	214.50		
0.8	A13	5852	25.50	229.49	221.94	8.17
	A14	5730	24.65	232.45		
	A15	5567	25.24	220.61		
	A16	5418	25.76	210.37		
	A17	5737	25.81	222.31		
	A18	5673	26.21	216.41		
0.9	A13	4588	25.10	182.79	173.40	9.47
	A14	4293	25.04	171.44		
	A15	4182	24.70	169.31		
	A16	4695	25.91	181.22		
	A17	3857	24.50	157.43		
	A18	4472	25.09	178.22		
1	A13	2842	24.90	114.14	120.36	7.67
	A14	2990	24.99	119.65		
	A15	3173	24.65	128.73		
	A16	3071	24.99	122.87		
	A17	3197	25.05	127.63		
	A18	2783	25.50	109.14		

Fuente. Elaboración propia, 2017.

4.5.3.1. Curva de correlación entre la relación agua/cemento y la resistencia a compresión axial del mortero para 28 días de curado - El Gavilán

Los resultados obtenidos para un tiempo de curado de 28 días se muestran en el Gráfico N° 5 donde se observa que la resistencia alcanzada fue de 218.02 kg/cm² con una relación a/c de 0.7; 221.94 kg/cm² con una relación a/c de 0.8; 173.4 kg/cm² con una relación a/c de 0.9 y 120.36 kg/cm² con una relación a/c de 1. Además, se puede observar que la resistencia a compresión axial del mortero aumenta con una relación a/c = 0.8, y que disminuye notablemente con una relación a/c = 1.

Gráfico N° 5. Curva de correlación entre la relación agua/cemento y la resistencia a compresión axial del mortero para 28 días de curado - El Gavilán



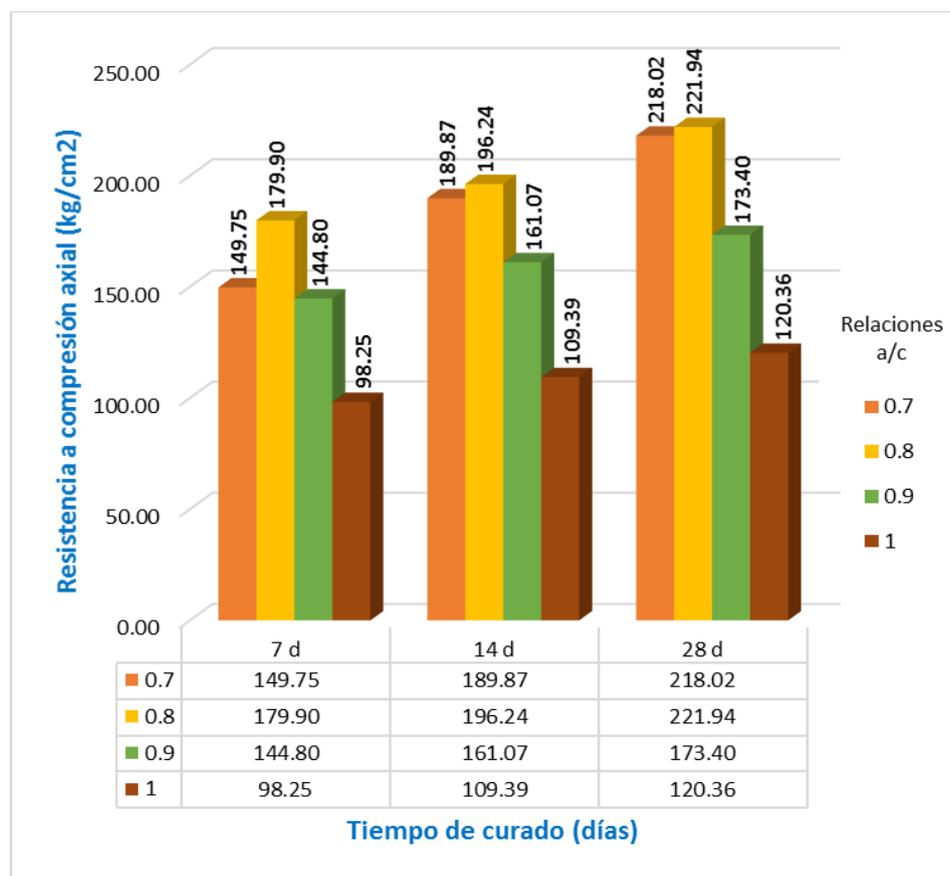
Fuente. Elaboración propia, 2017.

Tabla N° 26. Resumen de esfuerzos máximos (ensayo de resistencia a compresión axial del mortero – cantera El Gavilán)

Descripción	Esfuerzo Máximo Promedio(Kg/cm ²)	Edad del mortero (días)
Mortero Relación a/c = 0.7	149.75	7
Mortero Relación a/c = 0.8	179.90	7
Mortero Relación a/c = 0.9	144.80	7
Mortero Relación a/c =1	98.25	7
Mortero Relación a/c = 0.7	189.87	14
Mortero Relación a/c = 0.8	196.24	14
Mortero Relación a/c = 0.9	161.07	14
Mortero Relación a/c =1	109.39	14
Mortero Relación a/c = 0.7	218.02	28
Mortero Relación a/c = 0.8	221.94	28
Mortero Relación a/c = 0.9	173.40	28
Mortero Relación a/c =1	120.36	28

Fuente. Elaboración propia, 2017.

Gráfico N° 6. Comparación de la variación de resistencias a compresión axial del mortero para 7,14 y 28 días - El Gavilán



Fuente. Elaboración propia, 2017.

4.6. Ensayo de resistencia a compresión axial del mortero - cantera Bazán

4.6.1. Ensayo de resistencia a compresión axial del mortero para una edad de 7 días - cantera Bazán

La tabla N° 27 muestra los resultados obtenidos en el ensayo de resistencia a compresión axial de los morteros realizados, considerando su respectiva resistencia promedio a los 7 días para cada tanda de 06 muestras tomadas para cada relación a/c.

Tabla N° 27. Ensayo de resistencia a compresión axial del mortero a la edad de 7 días – cantera Bazán

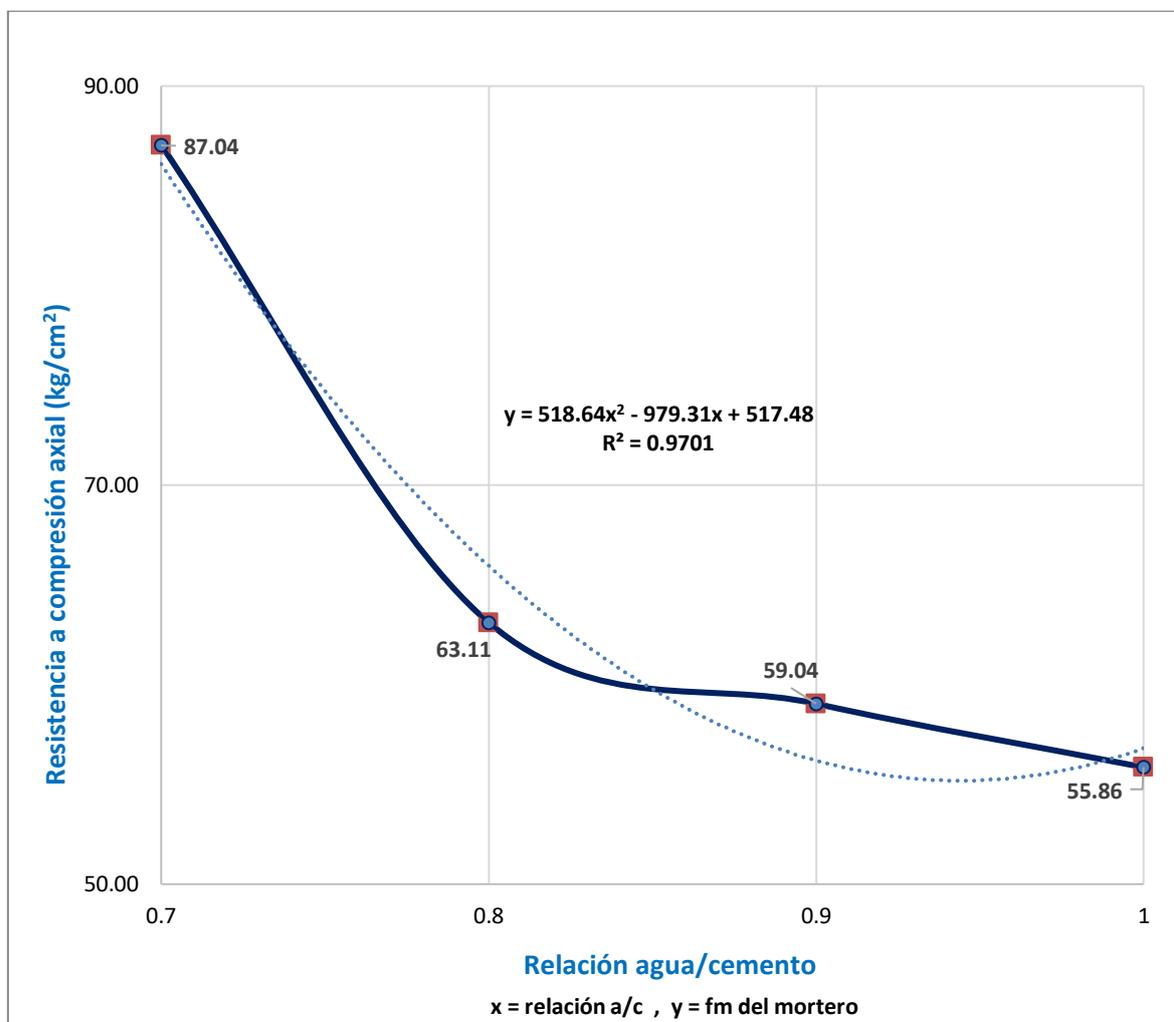
CANTERA BAZÁN - 7 DÍAS						
Relación a/c	ID. Mortero	Carga última (Kg-f)	Área (cm ²)	Esfuerzo Máximo (Kg/cm ²)	Esfuerzo Máximo Promedio(Kg/cm ²)	Desviación Estándar
0.7	B1	2018	24.99	80.75	87.04	4.53
	B2	2252	24.70	91.17		
	B3	2101	25.60	82.06		
	B4	2212	25.20	87.78		
	B5	2298	25.35	90.66		
	B6	2250	25.05	89.83		
0.8	B1	1654	24.95	66.29	63.11	6.17
	B2	1429	25.10	56.93		
	B3	1762	24.95	70.62		
	B4	1433	25.00	57.32		
	B5	1717	24.95	68.82		
	B6	1441	24.55	58.70		
0.9	B1	1450	24.50	59.18	59.04	2.50
	B2	1424	24.99	56.98		
	B3	1461	24.45	59.75		
	B4	1511	24.95	60.56		
	B5	1528	24.50	62.37		
	B6	1413	25.50	55.41		
1	B1	1445	25.10	57.57	55.86	3.17
	B2	1435	24.45	58.69		
	B3	1391	24.90	55.86		
	B4	1381	24.60	56.14		
	B5	1429	25.00	57.16		
	B6	1216	24.45	49.73		

Fuente. Elaboración propia, 2017.

4.6.1.1. Curva de correlación entre la relación agua/cemento y la resistencia a compresión axial del mortero para 7 días de curado - Bazán

Los resultados obtenidos para un tiempo de curado de 7 días se muestran en el Gráfico N° 7 donde se puede observar que la resistencia alcanzada fue de 87.04 kg/cm² con una relación a/c de 0.7; 63.11 kg/cm² con una relación a/c de 0.8; 59.04 kg/cm² con una relación a/c de 0.9 y 55.86 kg/cm² con una relación a/c de 1. Además, se puede observar que la resistencia a compresión axial del mortero disminuye a medida que la relación a/c va en aumento.

Gráfico N° 7. Curva de correlación entre la relación agua/cemento y la resistencia a compresión axial del mortero para 7 días de curado - Bazán



Fuente. Elaboración propia, 2017.

4.6.2. Ensayo de resistencia a compresión axial del mortero para una edad de 14 días - cantera Bazán

La tabla N° 28 muestra los resultados obtenidos en el ensayo de resistencia a compresión axial de los morteros realizados, considerando su respectiva resistencia promedio a los 14 días para cada tanda de 06 muestras tomadas para cada relación a/c.

Tabla N° 28. Ensayo de resistencia a compresión axial del mortero a la edad de 14 días – cantera Bazán

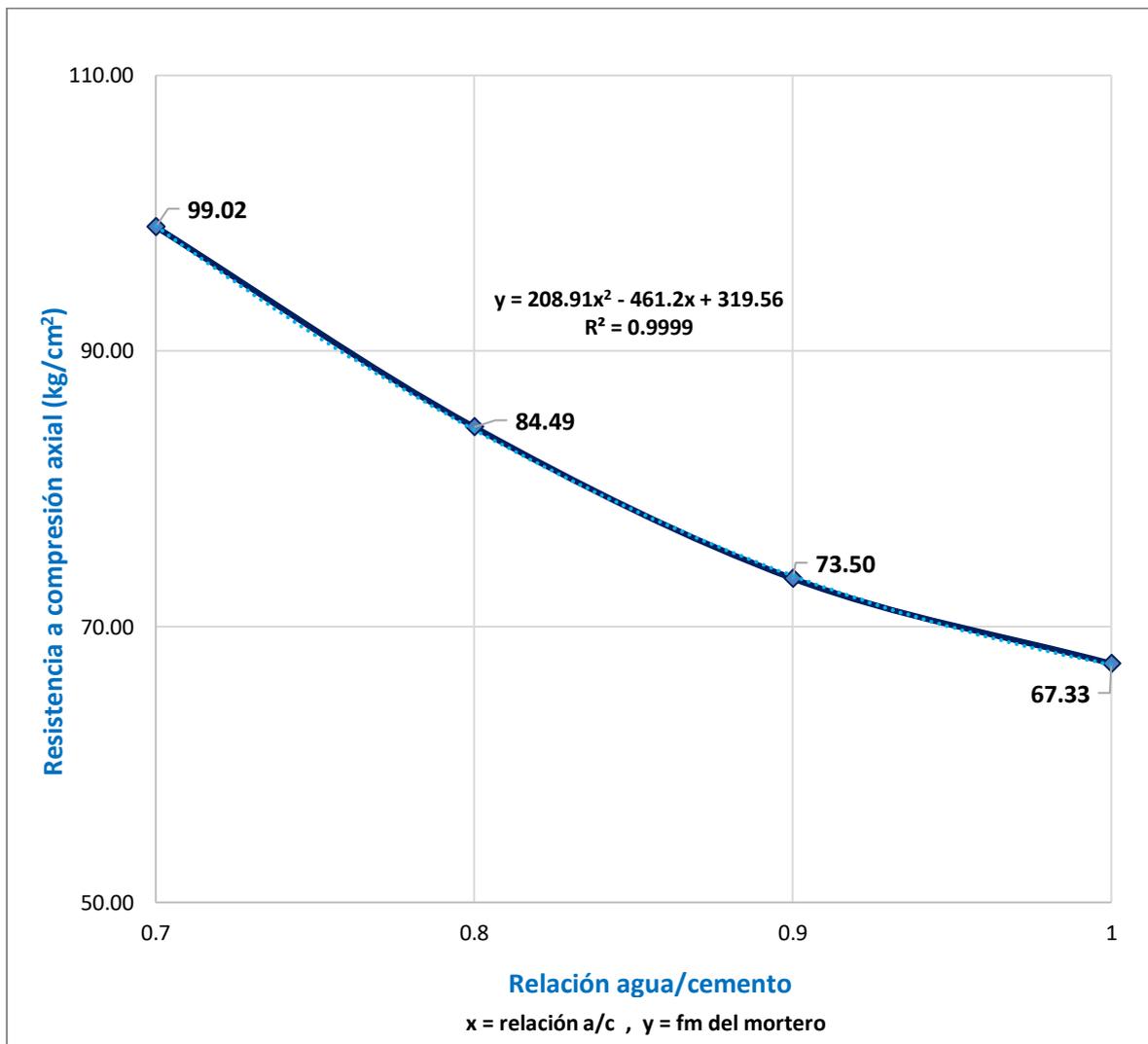
CANTERA BAZÁN - 14 DÍAS						
Relación a/c	ID. Mortero	Carga última (Kg-f)	Área (cm ²)	Esfuerzo Máximo (Kg/cm ²)	Esfuerzo Máximo Promedio(Kg/cm ²)	Desviación Estándar
0.7	B7	2415	24.90	96.99	99.02	2.90
	B8	2418	24.95	96.91		
	B9	2502	25.00	100.08		
	B10	2523	24.21	104.23		
	B11	2399	24.80	96.73		
	B12	2469	24.90	99.16		
0.8	B7	1982	24.20	81.90	84.49	5.05
	B8	1907	24.10	79.13		
	B9	2077	24.50	84.78		
	B10	1929	24.05	80.21		
	B11	2268	25.40	89.30		
	B12	2217	24.20	91.61		
0.9	B7	1769	24.11	73.38	73.50	1.61
	B8	1851	25.00	74.04		
	B9	1741	24.00	72.54		
	B10	1824	24.00	76.00		
	B11	1765	23.90	73.85		
	B12	1705	23.95	71.19		
1	B7	1545	24.55	62.93	67.33	7.98
	B8	1929	23.96	80.51		
	B9	1472	25.00	58.88		
	B10	1520	24.26	62.67		
	B11	1792	24.60	72.86		
	B12	1653	25.00	66.12		

Fuente. Elaboración propia, 2017.

4.6.2.1. Curva de correlación entre la relación agua/cemento y la resistencia a compresión axial del mortero para 14 días de curado - Bazán

Los resultados obtenidos para un tiempo de curado de 14 días se muestran en el Gráfico N° 8 donde se observa que la resistencia alcanzada fue de 99.02 kg/cm² con una relación a/c de 0.7; 84.49 kg/cm² con una relación a/c de 0.8; 73.50 kg/cm² con una relación a/c de 0.9 y 67.33 kg/cm² con una relación a/c de 1. Además, se puede observar que la resistencia a compresión axial del mortero disminuye en cuanto se aumenta la relación a/c.

Gráfico N° 8. Curva de correlación entre la relación agua/cemento y la resistencia a compresión axial del mortero para 14 días de curado - Bazán



Fuente. Elaboración propia, 2017.

4.6.3. Ensayo de resistencia a compresión axial del mortero para una edad de 28 días - cantera Bazán

La tabla N° 29 muestra los resultados obtenidos en el ensayo de resistencia a compresión axial de los morteros realizados, considerando su respectiva resistencia promedio a los 28 días para cada tanda de 06 muestras tomadas para cada relación a/c.

Tabla N° 29. Ensayo de resistencia a compresión axial del mortero a la edad de 28 días – cantera Bazán

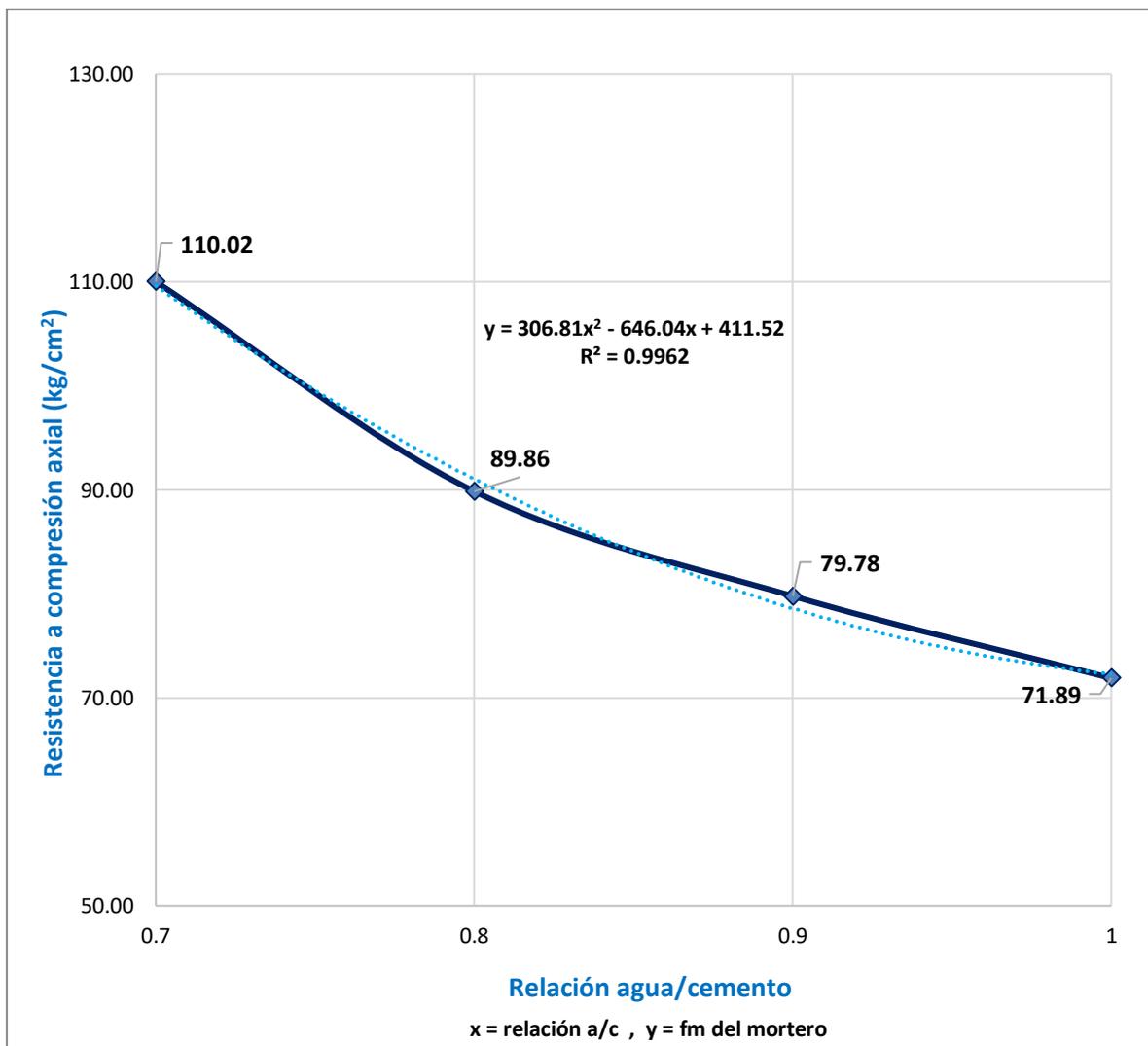
CANTERA BAZÁN - 28 DÍAS						
Relación a/c	ID. Mortero	Carga última (Kg-f)	Área (cm ²)	Esfuerzo Máximo (Kg/cm ²)	Esfuerzo Máximo Promedio (Kg/cm ²)	Desviación Estándar
0.7	B13	2518	24.75	101.75	110.02	6.47
	B14	2755	24.75	111.31		
	B15	2746	24.80	110.72		
	B16	2955	25.35	116.58		
	B17	2533	24.60	102.97		
	B18	2873	24.60	116.79		
0.8	B13	2295	24.85	92.35	89.86	5.02
	B14	2193	24.53	89.40		
	B15	2268	24.90	91.08		
	B16	2382	24.60	96.83		
	B17	2162	24.65	87.71		
	B18	2045	25.00	81.80		
0.9	B13	1943	24.85	78.19	79.78	5.29
	B14	1878	24.70	76.03		
	B15	2127	24.75	85.94		
	B16	2149	24.80	86.65		
	B17	1942	24.90	78.00		
	B18	1929	26.11	73.87		
1	B13	1781	24.95	71.38	71.89	4.52
	B14	1720	25.05	68.66		
	B15	1665	24.65	67.55		
	B16	1984	25.81	76.88		
	B17	1686	24.50	68.81		
	B18	1909	24.45	78.08		

Fuente. Elaboración propia, 2017.

4.6.3.1. Curva de correlación entre la relación agua/cemento y la resistencia a compresión axial del mortero para 28 días de curado - Bazán

Los resultados obtenidos para un tiempo de curado de 14 días se muestran en el Gráfico N° 9 donde se observa que la resistencia alcanzada fue de 110.02 kg/cm² con una relación a/c de 0.7; 89.86 kg/cm² con una relación a/c de 0.8; 79.78 kg/cm² con una relación a/c de 0.9 y 71.89 kg/cm² con una relación a/c de 1. Además, se puede observar que la resistencia a compresión axial del mortero disminuye en cuanto se aumenta la relación a/c.

Gráfico N° 9. Curva de correlación entre la relación agua/cemento y la resistencia a compresión axial del mortero para 28 días de curado - Bazán



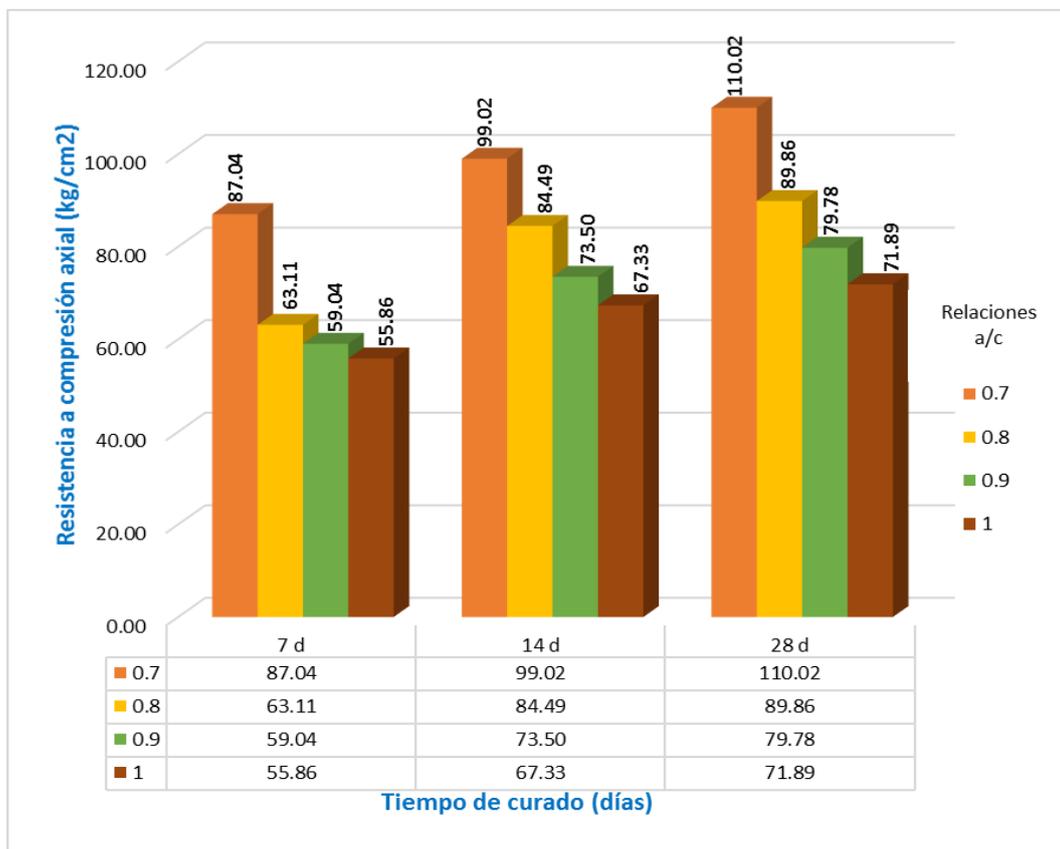
Fuente. Elaboración propia, 2017.

Tabla N° 30. Resumen de esfuerzos máximos (ensayo de resistencia a compresión axial del mortero – cantera Bazán)

Descripción	Esfuerzo Máximo Promedio(Kg/cm ²)	Edad del mortero (días)
Mortero Relación a/c = 0.7	87.04	7
Mortero Relación a/c = 0.8	63.11	7
Mortero Relación a/c = 0.9	59.04	7
Mortero Relación a/c =1	55.86	7
Mortero Relación a/c = 0.7	99.02	14
Mortero Relación a/c = 0.8	84.49	14
Mortero Relación a/c = 0.9	73.50	14
Mortero Relación a/c =1	67.33	14
Mortero Relación a/c = 0.7	110.02	28
Mortero Relación a/c = 0.8	89.86	28
Mortero Relación a/c = 0.9	79.78	28
Mortero Relación a/c =1	71.89	28

Fuente. Elaboración propia, 2017.

Gráfico N° 10. Comparación de la variación de resistencias a compresión axial del mortero para 7,14 y 28 días - Bazán

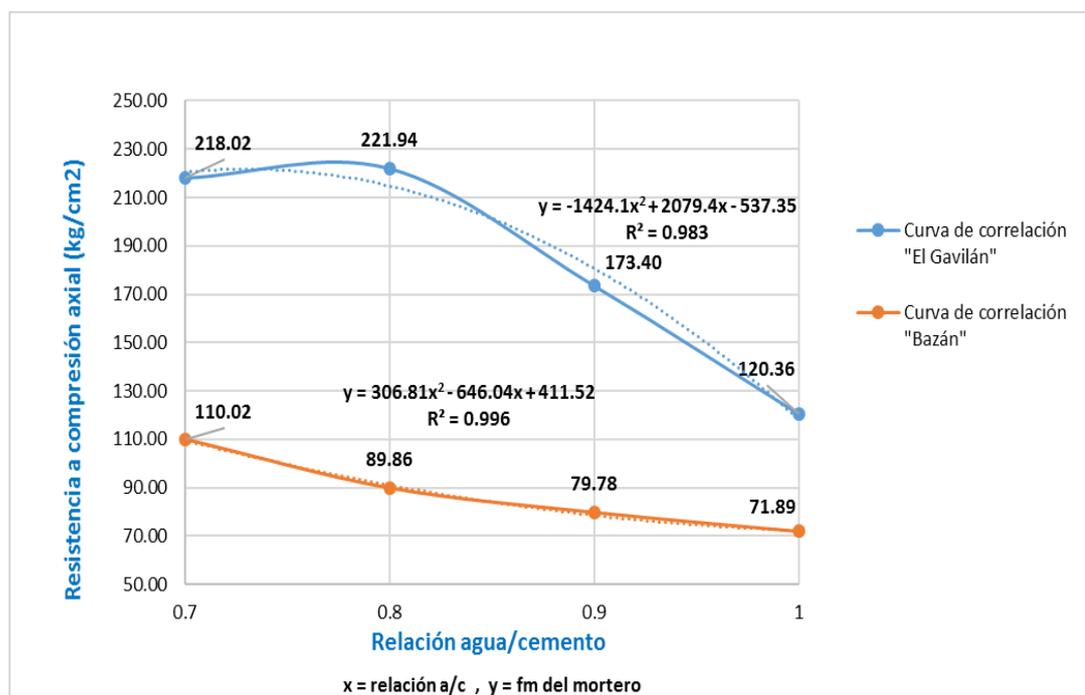


Fuente. Elaboración propia, 2017.

CAPÍTULO 5. DISCUSIÓN

- La curva de correlación entre la relación agua/cemento y la resistencia a compresión axial del mortero con una proporción 1:4 para la cantera El Gavilán a una edad de 28 días, muestra resistencias de 218.02 kg/cm² con una relación a/c de 0.7; 221.94 kg/cm² con una relación a/c de 0.8; 173.4 kg/cm² con una relación a/c de 0.9 y 120.36 kg/cm² con una relación a/c de 1 (Ver Gráfico N° 11).
- La curva de correlación entre la relación agua/cemento y la resistencia a compresión axial del mortero con una proporción 1:4 para la cantera Bazán a una edad de 28 días, muestra resistencias de 110.02 kg/cm² con una relación a/c de 0.7; 89.86 kg/cm² con una relación a/c de 0.8; 79.78 kg/cm² con una relación a/c de 0.9 y 71.89 kg/cm² con una relación a/c de 1 (Ver Gráfico N° 11).

Gráfico N° 11. Curvas de correlación para las canteras El Gavilán y Bazán – 28 días



Fuente. Elaboración propia, 2017.

3. Ambas curvas muestran una correlación no lineal respecto a las variables en estudio; además, presentan una ecuación cuadrática, indicando que se obtiene una mayor resistencia a compresión axial del mortero cuando la relación a/c es menor variando entre 0.7 y 0.8 respectivamente, de la misma forma para las curvas de correlación entre la relación agua/cemento y la resistencia a compresión axial del mortero para ambas canteras a las edades de 7 y 14 días, además se observa que a medida que transcurre el tiempo hay un aumento de las resistencias.
4. En el año 2015, Huamán, en su artículo de mortero y concreto menciona que en la elaboración del mortero es de suma importancia la cantidad de agua utilizada en relación con la cantidad de cemento (relación a/c) ya que de esta depende la manejabilidad y resistencias finales, cabe resaltar que hace mención a que un alto contenido de agua reduce la resistencia, lo cual se llega a verificar ya que con respecto a las mayores relaciones a/c de 0.9 y 1 utilizadas se obtuvieron resistencias menores a que con las relaciones a/c de 0.7 y 0.8 ya que estas aportaron una mayor resistencia a compresión axial.
5. Para Salamanca, 1984, en su proyecto "Dosificación de morteros, diseño de mezclas de mortero", concluye que la resistencia a la compresión de morteros se ve afectada por múltiples factores, tales como: proporción cemento: arena, finura de la arena, y fluidez del mortero, de tales variables se evaluó la finura de la arena (módulo de finura) la cual no corrobora su investigación ya que los morteros con mayor resistencia fueron los morteros diseñados con un menor módulo de finura, pero teniendo en cuenta lo mencionado por el autor y los resultados obtenidos podemos ver que existe una diferencia entre valores de módulo de finura de 0.28 , cuyo valor de diferencia no es tan elevado, otra variable podría ser el aire incorporado utilizado en el diseño de mezclas ya que al ensayar las mezclas se corroboró a través del método de presión con valores de 2.45% para El Gavilán y de 2.5% para Bazán, esto podría influir en los resultados obtenidos.

6. En la investigación "Un método empírico para el proporcionamiento de mezclas de morteros de cemento Portland para albañilería", investigación más afín a la presente tesis, hecha por Salazar, 1985, se realizó un método de dosificación que satisface óptimamente los aspectos técnicos, donde se trabajó con dosificación cemento: arena 1:4, y con variación en la relación a/c, concluye que a medida que se adiciona agua incide en una mayor caída de la resistencia final, lo cual se comprueba para todos los especímenes realizados.

7. La maestría realizada por Sánchez, 2017, denominada "Optimización del diseño de morteros cemento-arena mediante un método gráfico en la ciudad de Cajamarca", concluye que con la proporción cemento: arena 1:4 y que con una relación a/c de 0.7 se obtuvieron unas resistencias de 253.04 kg/cm² El Guitarrero, 260.84 kg/cm² El Gavilán, 192.51 kg/cm² río Chonta y 170.7 kg/cm² río Cajamarquino a los 28 días, por lo cual se alude que con respecto a estos resultados se llegaría a comprobar que las canteras de cerro llegan a aportar una mejor resistencia del mortero que las canteras de río así como resulta para comparación con la presente tesis con unas resistencias de 218.02 Kg/cm² - El Gavilán y de 110.02 Kg/cm² - Bazán a los 28 días con una relación a/c de 0.7; además, cabe mencionar que el efecto del tamaño de los especímenes ya sean cúbicos o cilíndricos no afecta la resistencia final del mortero.

CONCLUSIONES

1. Se confirma satisfactoriamente la hipótesis formulada; ya que la relación agua/cemento varía en forma no lineal respecto a la resistencia a compresión axial del mortero, para ambas canteras, y es una ecuación cuadrática la que se ajusta a las curvas de correlación.
2. Se calcularon las propiedades físico - mecánicas del agregado fino de la cantera El Gavilán, siendo las siguientes: Contenido de humedad (5.62%), Módulo de finura (2.18), Cantidad de Material Fino que pasa por el tamiz N° 200 (16.65%), Peso Específico (2.62 gr/cm³), Absorción (2.33%), Peso Unitario Volumétrico Suelto (1515.41 kg/m³), Peso Volumétrico Compactado (1684.85 kg/m³).
3. Se calcularon las propiedades físico - mecánicas del agregado fino de la cantera Bazán, siendo las siguientes: Contenido de humedad (6.52%), Módulo de finura (2.46), Cantidad de Material Fino que pasa por el tamiz N° 200 (4.42%), Peso Específico (2.64 gr/cm³), Absorción (1.32%), Peso Unitario Volumétrico Suelto (1591.07 Kg/m³), Peso Volumétrico Compactado (1786.27 Kg/m³).
4. Finalmente se concluye que la curva de correlación a una edad de 28 días para el rango de relaciones agua/cemento entre 0,7 a 1 para la cantera El Gavilán es de $f_m = -1424.1(a/c)^2 + 2079.4(a/c) - 537.35$, con un coeficiente de determinación $R^2 = 0.983$ y que la relación a/c que alcanza la máxima resistencia es de 0,8 con un $f_m = 221.94$ kg/cm², mientras que para la cantera Bazán es de $f_m = 306.81(a/c)^2 - 646.04(a/c) + 411.52$, con un coeficiente de determinación $R^2 = 0.996$ y que la relación a/c que alcanza la máxima resistencia es de 0,7 con un $f_m = 110.02$ Kg/cm².

RECOMENDACIONES

1. Se recomienda evaluar otras propiedades del mortero tales como: Trabajabilidad, retentividad, impermeabilidad, adherencia, retracción.
2. Evaluar otros factores como: variación de la proporción cemento: arena y fluidez del mortero.

REFERENCIAS

1. Ministerio de Minas y Energía. (2012, abril 13). Glosario Técnico Minero. Colombia.
2. ACI. (2007). Diseño de mezclas.
3. Asocreto. (2010). Tecnología y propiedades del Concreto. Colombia.
4. Gutiérrez, L. (2003). El concreto y otros materiales para la construcción (2). Manizales, Colombia: Centro de publicaciones Universidad Nacional de Colombia.
5. ASTM C 109, / . 1.-0. (2005). Método Normalizado de Ensayo de Resistencia a Compresión de Morteros de Cemento Hidráulico (Utilizando Especímenes Cúbicos de 2 in). USA: Copyrigh.
6. Gutiérrez, d. L. (2017). Morteros. Obtenido de http://www.bdigital.unal.edu.co/6167/17/9589322824_Parte5.pdf
7. Guzmán, D. S. (2001). Tecnología del Concreto y del Mortero . Santafé de Bogotá: Bhandar Editores Ltda.
8. NORMA TÉCNICA PERUANA NTP 400.012 . (2001). AGREGADOS. Análisis granulométrico del agregado fino, grueso y global .
9. NTP 400.011, I. (2008, Diciembre 12). Agregados. Definición y clasificación de agregados para uso en morteros y hormigones (concretos). Aggregates. Definition and classification of aggregates for its uses in mortars and concretes. Perú.
10. NTP E.070. (23 de mayo de 2006). Reglamento Nacional de Edificaciones. Perú.
11. Ramos, A. S. (1994). Construcciones de Albañilería -Comportamiento Sísmico y Diseño Estructural . Lima: Fondo Editorial de la Pontificia Universidad Católica.
12. Reglamento Nacional de Edificaciones, Habilitaciones Urbanas (Edificaciones Junio 2006).
13. Rivva, E. L. (2007). Diseño de Mezclas. Lima, Perú: Instituto de la Construcción y Gerencia.
14. Salamanca, R. C. (1984). Dosificación de morteros. Diseño de mezclas en mortero. Proyecto de grado para optar el título de Ingeniero Civil. Bogotá, Colombia.
15. Salazar, A. (1985, marzo). Un método empírico para el proporcionamiento de mezclas de Morteros de Cemento Portland para Albañilería. Mnaual de Diseño de Mezclas de Concreto . Cali , Colombia .
16. Sánchez, D. d. (1993). Tecnología del Concreto y del Mortero. Santafé de Bogotá, Colombia: BHANDAR EDITORES LTDA.
17. Rivera López, G (1989). Concreto Simple. Cauca (Colombia). Universidad de Cauca, 1989.
18. Quiun, I. D. (2014). Albañilería. Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú.
Disponible en <https://es.scribd.com/doc/281470885/Aceros-Aqp-ICA-Albañilería-pdf>.
19. Robles, G.P. (2007). Influencia del espesor de la junta en las propiedades mecánicas de muros de mampostería de tabique. Tesis para optar el grado en Maestro de Ingeniería: Universidad Nacional Autónoma de México.
20. Valdivia, J. P. (2010, junio 10). Tesis para optar el título de Ingeniero Constructor. ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE MORTERO DE JUNTA PARA ALBAÑILERÍA FABRICADO EN OBRA Y MORTERO PREMEZCLADO HÚMEDO PARA ALBAÑILERÍA. Chile.
21. Huaman, E. C. (2015, septiembre 04). Mortero y Concreto . Obtenido de Mortero y Concreto: <https://es.slideshare.net/boobycrisyan/mortero-y-concreto>

ANEXOS

**ANEXO N° 01. ENSAYO DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN AXIAL
DE MORTEROS DE CEMENTO HIDRÁULICO
CANTERA "EL GAVILÁN"**

**ANEXO N° 02. ENSAYO DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN AXIAL
DE MORTEROS DE CEMENTO HIDRÁULICO
CANTERA "BAZÁN"**

**ANEXO N° 03. ENSAYOS DE LAS PROPIEDADES FÍSICO –
MECÁNICAS DEL AGREGADO FINO
CANTERA "EL GAVILÁN"**

**ANEXO N° 04. ENSAYOS DE LAS PROPIEDADES FÍSICO –
MECÁNICAS DEL AGREGADO FINO
CANTERA “BAZÁN”**

ANEXO N° 05. FICHA TÉCNICA DEL CEMENTO PACASMAYO EXTRAFORTE



CEMENTOS PACASMAYO S.A.A.
Calle La Colonia Nro.150 Urb. El Vivero de Montembo Santiago de Surco - Lima
Carretera Panamericana Norte Km. 666 Pacasmayo - La Libertad
Telefono 317 - 6000

G-CC-F-04
Versión 03

CEMENTO EXTRAFORTE
Cemento Portland Compuesto Tipo ICo
Conforme a la NTP 334.090
Piura, 21 de Septiembre del 2017

COMPOSICIÓN QUÍMICA		CPSAA	Requisito NTP 334.090
MgO	%	1.3	Máximo 6.0
SO3	%	1.99	Máximo 4.0

PROPIEDADES FÍSICAS		CPSAA	Requisito NTP 334.090
Contenido de Aire	%	6	Máximo 12
Expansión en Autoclave	%	0.065	Máximo 0.80
Superficie Especifica	cm ² /g	5020	NO ESPECIFICA
Retenido M325	%	3.2	NO ESPECIFICA
Densidad	g/mL	3.00	NO ESPECIFICA

Resistencia Compresión :

Resistencia Compresión a 3días	MPa (Kg/cm ²)	24.1 (245)	Mínimo 13.0 (Mínimo 133)
Resistencia Compresión a 7días	MPa (Kg/cm ²)	28.3 (288)	Mínimo 20.0 (Mínimo 204)
Resistencia Compresión a 28días	MPa (Kg/cm ²)	32.4 (330)	Mínimo 25.0 (Mínimo 255)

Tiempo de Fraguado Vicat :

Fraguado Inicial	min	111	Mínimo 45
Fraguado Final	min	260	Máximo 420

Los resultados arriba mostrados, corresponden al promedio del cemento despachado durante el periodo del 01-08-2017 al 31-08-2017.

Ing. Ysabel Burneo Miranda
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.