UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA

TITULACIÓN DE INGENIERO CIVIL

“Validación del refrentado con pasta de cemento en el ensayo de compresión de bloques de hormigón”

Trabajo de fin de titulación.

AUTOR: Hualpa Jiménez Jimmy Fernando

DIRECTOR: Palacios Riofrío Jorge Luis, M.Sc.

LOJA – ECUADOR

2013

Ingeniero
Jorge Luis Palacios Riofrío
DOCENTE DE LA ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
Y DIRECTOR DE TESIS;

C E R T I F I C A:

Que revisada y dirigida la tesis sobre el tema: "**Validación del refrentado con pasta de cemento en el ensayo de compresión de bloques de hormigón",** fue elaborada por el Egresado Jimmy Fernando Hualpa Jiménez, bajo mi dirección, habiendo cumplido con los requisitos metodológicos, teóricos y prácticos e investigativos.

Después de la revisión, análisis y corrección respectiva, autorizo su presentación para la defensa y sustentación del proyecto de tesis.

Loja, Enero del 2013

Ing. Jorge Luis Palacios Riofrío
DIRECTOR DE TESIS

AUTORÍA:

Las ideas y conceptos, así como el tratamiento formal y científico de la metodología de la investigación contemplada en la tesis sobre **"Validación del refrentado con pasta de cemento en el ensayo de compresión de bloques de hormigón"**, previa a la obtención del grado de Ingeniero Civil de la Escuela de Ingeniería Civil de la Universidad Técnica Particular de Loja, son de mi responsabilidad.

Jimmy Fernando Hualpa Jiménez

CESIÓN DE DERECHOS DE TESIS

Yo, **Jimmy Fernando Hualpa Jiménez** declaro ser autor del presente trabajo y eximo expresamente a la Universidad Técnica Particular de Loja y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.

Adicionalmente declaro conocer y aceptar la disposición del Art. 67 del Estatuto Orgánico de la Universidad Técnica Particular de Loja que en su parte pertinente dice: “Forman parte del patrimonio de la Universidad la propiedad intelectual de investigaciones, trabajos científicos o técnicos y tesis de titulación que se realicen a través, o con apoyo financiero, académico o institucional (operativo) de la Universidad”

Jimmy Fernando Hualpa Jiménez

DEDICATORIA

Este trabajo de fin de carrera está dedicado a DIOS y a mi FAMILIA, pero en especial a mis queridos padres Fernando Hualpa y Esperanza Jiménez, ya que con amor y esfuerzo me han apoyado incondicionalmente para cumplir este sueño.

AGRADECIMIENTO

Quiero dejar constancia del profundo agradecimiento a la Universidad Técnica Particular de Loja y a los docentes de la Escuela de Ingeniería Civil, que con su buena voluntad me apoyaron en toda mi formación profesional.

Finalmente, agradezco a mi familia, compañeros y amigos porque de alguna u otra manera me ayudaron para ser lo que soy ahora.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

CONTENIDO **PAG.**

PORTADA ..... *I*

C E R T I F I C A: ..... *II*

AUTORÍA: ..... *III*

CESIÓN DE DERECHOS DE TESIS ..... *IV*

DEDICATORIA ..... *V*

AGRADECIMIENTO ..... *VI*

ÍNDICE DE CONTENIDOS ..... *VII*

ÍNDICE DE TABLAS ..... *X*

ÍNDICE DE FIGURAS ..... *XII*

RESUMEN ..... *XVIII*

INTRODUCCIÓN ..... *XIX*

ABSTRACT ..... *XXI*

1. GENERALIDADES *1*

1.1. Objetivo 1

1.1.1. Objetivos específicos 1

1.2. Justificación del proyecto 2

1.3. Metodología 3

2. FUNDAMENTOS TEÓRICOS *5*

2.1. Mampostería 6

2.1.1. Bloque hueco de hormigón 7

2.1.2. Dimensiones 8

2.1.3. Características de los bloques de hormigón 9
2.1.4. Resistencia a la compresión del bloque de hormigón 12
2.1.4.1. Tipos de fallas del bloque de hormigón..... 13
2.1.4.2. Máquina de compresión 14
2.1.4.3. Refrentado de bloques de hormigón. 17
2.1.5. Funciones estadísticas 24
2.1.6. Software utilizado para el análisis estadístico 29
3. MATERIALES Y MÉTODOS 30
3.1. Materiales..... 30
3.1.1. Cemento Portland..... 31
3.1.2. Cementina 31
3.1.3. Azufre 31
3.1.4. Planchas triplay 32
3.1.5. Piedra pómez 32
3.1.6. Arena..... 39
3.2. Diseño y proporciones de hormigón para fabricar bloques livianos..... 45
3.2.1. Dosificación teórica..... 45
3.2.2. Proporcionamiento en planta 48
3.3. Fabricación de bloques livianos de hormigón 49
3.4. Características geométricas y físicas de los bloques fabricados..... 51
3.5. Resistencia a la compresión de bloques..... 54
3.5.1. Sistemas de refrentado de los bloques..... 57
3.5.1.1. Directo o pulido..... 57
3.5.1.2. Refrentado no adherido 58
3.5.1.3. Mortero de azufre 59
3.5.1.4. Proceso de refrentado 61
3.5.1.5. Pasta de cemento..... 64
3.5.1.5.1. Conformación de la pasta..... 64
3.5.1.5.2. Propiedades de la pasta..... 66

3.5.1.5.3. Resistencia a la compresión de cubos de pasta de cemento..... 68
3.5.1.5.4. Proceso de refrentado 70
4. ANÁLISIS DE RESULTADOS 73
4.1. Tipos de fallas de los bloques 73
4.1.1. Bloques ensayados a distintas edades 77
4.1.2. Bloques ensayados a la misma edad..... 78
5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES..... 85
6. BIBLIOGRAFÍA..... 88
7. ANEXOS:..... 92
Anexo 1 : Tabla de distribución f para el análisis anova..... 93
Anexo 2: Ensayo de compresión del mortero de azufre 95
Anexo 3: Dosificación de la pasta de cemento y su ensayo de compresión..... 97
Anexo 4: Ensayos de piedra pómez y arena..... 101
Anexo 5: Ensayos de bloques livianos de hormigón 115

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA **PAG.**

TABLA 2.1 Anchos y espesor recomendado en los bloques huecos de hormigón……..…….....8
TABLA 2.2 Límites permitidos de absorción en los bloques huecos de hormigón……...10
TABLA 2.3 Clasificación de los bloques huecos de hormigón de acuerdo a la densidad…….……11
TABLA 2.4 Métodos de refrentado del bloque de hormigón realizados en varios países…….…….....17

TABLA 3.1 Características de la plancha triplay…….……32
TABLA 3.2 Módulo de finura del árido: (Piedra pómez)…….....36
TABLA 3.3 Masa unitaria suelta y compactada de árido: (Piedra pómez)…....37
TABLA 3.4 Resumen de resultados de ensayos de la piedra pómez……..38
TABLA 3.5 Partículas más finas que 75 µm en el árido: (Arena)……..…44
TABLA 3.6 Resumen de resultados de ensayos de arena..…….....45
TABLA 3.7 Módulo de finura y masa unitaria compactada de la piedra pómez.....46

TABLA 3.8 Propiedades de bloques de concreto con piedra pómez……...47
TABLA 3.9 Resultado de los especímenes de mortero de azufre…… 61
TABLA 3.10 Resumen de dosificación de la pasta de cemento……...65
TABLA 3.11 Resultado de los especímenes a distintas edades…….. 70
.
TABLA 4.1 Edad de los bloques en el ensayo de compresión…….……73
TABLA 4.2 Resultados de resistencia a la compresión en los bloques de

la misma edad……77
TABLA 4.3 Resultados de resistencia a la compresión en los bloques de la misma edad……78
TABLA 4.4 Resultado de la tabla ANOVA (análisis de varianza) de la resistencia a la compresión en los bloques livianos de hormigón ……82
TABLA 4.5 Comparación múltiple de subconjuntos homogéneos de los métodos de refrentado……82
TABLA 4.6 Resumen de comparación múltiple de los métodos de refrentado……83

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA **PAG.**

FIGURA 2.1 Tipo de falla de bloques de mampostería……..…..14
FIGURA 2.2 Elementos utilizados en el ensayo de compresión del bloque de hormigón……..……..……..…...14
FIGURA 2.3 Diámetro de la placa superior que va en la máquina de compresión……..……15
FIGURA 2.4 Distancia de la placa a la esquina más distante del espécimen en la máquina de compresión……..……..……..16
FIGURA 2.5 Características de cuortisis de una distribución……..……..…26
FIGURA 2.6 Características de asimetría de una distribución……..……27
FIGURA 2.7 Características del diagrama de cajas ..……..……...28

FIGURA 3.1 Cantera de piedra pómez en la ciudad de Latacunga……..33
FIGURA 3.2 Maquina de trituración de piedra pómez en la fábrica de bloques……..……..33
FIGURA 3.3 Materiales y equipo para ensayo de granulometría. (Piedra pómez)……..……34
FIGURA 3.4 Curva granulométrica árido fino: (Piedra pómez)……..……..…..35
FIGURA 3.5 Curva granulométrica árido grueso: (Piedra pómez)……..……35
FIGURA 3.6 Curva granulométrica de la combinación del árido fino y grueso: (Piedra pómez)……..35
FIGURA 3.7 Material y equipo para el ensayo del contenido de terrones de arcilla. (Piedra pómez)……..……36
FIGURA3.8 Materiales y equipo para el ensayo de masa unitaria: (Piedra pómez)……..……..37

FIGURA 3.9 Comparación de la muestra piedra pómez con el color patrón……...38
FIGURA 3.10 Materiales y equipo para el ensayo de contenido de terrones de arcilla.(Arena)……..39
FIGURA 3.11 Materiales y equipo para el ensayo de la determinación del Porcentaje de las partículas desmenuzables. (Arena)……40
FIGURA 3.12 Materiales y equipo para el ensayo de granulometría. (Arena)…..41
FIGURA 3.13 Curva Granulométrica de la arena…… 41
FIGURA 3.14 Materiales y equipo para el ensayo de materiales más finos que el Tamiz de 75 µm. (Arena)……...42
FIGURA 3.15 Materiales y equipo para el ensayo de masa unitaria. (Arena).....…43
FIGURA 3.16 Materiales y equipo para el ensayo de determinación de la densidad relativa y absorción del árido fino. (Arena)……43
FIGURA 3.17 Comparación del árido (Arena) con el color patrón……..……44
FIGURA 3.18 Maquina BESSER para la fabricación de bloques……..…..49
FIGURA 3.19 Colocación de los materiales en la maquina mezcladora, para luego realizar la fabricación de los bloques……..……50
FIGURA 3.20 Proceso de fabricación de Bloques……..…..50
FIGURA 3.21 Proceso de curado por rociado de agua en los bloques que se fabrican en la planta hormigonera……...51
FIGURA 3.22 Dimensiones de bloques de hormigón……..……...52
FIGURA 3.23 Equipo para el pesaje del bloques de hormigón……52
FIGURA 3.24 Proceso de sumergido del bloque en agua durante un lapso de 24 horas……..……53
FIGURA 3.25 Retirada del agua y proceso de escurrimiento de los bloques durante 60 seg……..54

FIGURA 3.26 Secado de los especímenes (bloques) en el horno durante 24 horas……..54
FIGURA 2.27 Elementos que se han utilizado en el ensayo de compresión…..55
FIGURA 3.28 Distancia aplicada de la placa a la esquina más distante del espécimen, en la máquina de compresión……..56
FIGURA 3.29 Maquina ACCU - TEK para el ensayo compresión……..56
FIGURA 3.30 Pulido de las caras del bloque……57
FIGURA 3.31 Ensayo de compresión de bloques livianos : Sin ningún tipo de refrentado……58
FIGURA 3.32 Colocación de las planchas triplay en el bloque……58
FIGURA 3.33 Ensayo de compresión de bloques Livianos: Con refrentado no adherido……59
FIGURA 3.34 Colocación del mortero de azufre en los moldes para especímenes……60
FIGURA 3.35 Especímenes de mortero de Azufre luego del periodo de curado……60
FIGURA 3.36 Ensayo de resistencia a la compresión de los especímenes de mortero de azufre……60
FIGURA 3.37 Equipo de moldeo para el mortero de azufre……61
FIGURA 3.38 Calentamiento del molde para el mortero de azufre……61
FIGURA 3.39 Equipo utilizado para la realización del refrentado del bloque con mortero de Azufre……62
FIGURA 3.40 Colocación de aceite SEPAROL – METAL para evitar la adherencia del mortero con el molde……62
FIGURA 3.41 Colocación del mortero de azufre en el molde……62
FIGURA 3.42 Colocado del mortero de azufre en una de las caras del bloque……62
FIGURA 3.43 Colocado del mortero de azufre en una de las caras del bloque……63

FIGURA 3.44 Proceso de desmolde en la primera cara del bloque……..63
FIGURA 3.45 Proceso de desmolde en la segundo cara del bloque……..63
FIGURA 3.46 Terminada la colocación del mortero de azufre en el bloque....63
FIGURA 3.47 Ensayo de compresión de bloques livianos: Con refrentado de mortero de azufre……..63
FIGURA 3.48 Colocación y mezclado del material (Arena, cal, cemento y agua) en una mezcladora mecánica……..66
FIGURA 3.49 Ensayo para la determinación del flujo del mortero de acuerdo a la norma “Determinación del flujo en morteros ”NTE INEN 2502(2009)……....67
FIGURA 3.50 Material y equipo para el ensayo del contenido de Aire de la pasta de cemento……..68
FIGURA 3.51 Colocación de la pasta de cemento en los moldes para especímenes……...68
FIGURA 3.52 Especímenes de pasta de cemento luego del periodo de curado…..……....69
FIGURA 3.53 Ensayo de resistencia a la compresión de los especímenes de pasta de cemento……....69
FIGURA 3.54 Equipo utilizado para la realización del refrentado con la pasta de cemento en el bloque……..70
FIGURA 3.55 Colocación de aceite SEPAROL – MADERA para evitar la adherencia de la pasta con el molde……70
FIGURA 3.56 Colocado de la capa de pasta de cemento en el molde…..……..71
FIGURA 3.57 Colocado de la capa de pasta de cemento en la primera cara del bloque……71
FIGURA 3.58 Colocado de la capa de pasta de cemento en la segunda cara del bloque……71

FIGURA 3.59 Terminación de la colocación la pasta de cemento en las caras del bloque……..……71
FIGURA 3.60 Proceso de curado del mortero de cemento en los bloques…..72
FIGURA 3.61 Terminada la colocación del mortero de cemento en el bloque……..72
FIGURA 3.62 Ensayo de compresión de los bloques livianos: Con refrentado de pasta de cemento……..……..…72

FIGURA 4.1 Tipo de falla de 5B: Semi rotura cónica en el bloque pulido……...74
FIGURA 4.2 Tipo de falla de 7B: Doble división de los lados del bloque pulido……..74
FIGURA 4.3 Tipo de falla de 7A: Separación del bloque pulido…… 74
FIGURA 4.4 Tipo de falla de 7A: Separación del bloque por el método de plancha triplay…… 74
FIGURA 4.5 Tipo de falla de 5B: Semi rotura cónica en el bloque con plancha triplay…… 74
FIGURA 4.6 Tipo de falla de 6A: Rotura en el bloque con plancha tripla y por cizallamiento, ……..……74
FIGURA 4.7 Tipo de falla de 7A: Separación del bloque con mortero azufre..75
FIGURA 4.8 Tipo de falla de 3B: División de los lados del bloque con mortero azufre……..……..75
FIGURA 4.9 Tipo de falla de 7A: Separación del bloque con pasta de cemento……75
FIGURA 4.10 Tipo de falla de 3B: División de los lados del bloque con pasta de cemento……...……...75
FIGURA 4.11 Frecuencias de tipo de rotura en el ensayo de compresión de los bloque pulido…….....76

FIGURA 4.12 Frecuencias de tipo de rotura en el ensayo de compresión de los bloque con plancha triplay……76
FIGURA 4.13 Frecuencias de tipo de rotura en el ensayo de compresión de los bloque con mortero de azufre……76
FIGURA 4.14 Frecuencias de tipo de rotura en el ensayo de compresión de los bloque con mortero o pasta cemento……76
FIGURA 4.15 Frecuencias de la resistencia a la compresión de los bloques pulidos……79
FIGURA 4.16 Frecuencias de la resistencia a la compresión de los bloques con plancha triplay……79
FIGURA 4.17 Frecuencias de la resistencia a la compresión de los bloques con mortero de azufre……79
FIGURA 4.18 Frecuencias de la resistencia a la compresión de los bloques con pasta cemento……79
FIGURA 4.19 Distribución normal de la resistencia a la compresión de los bloques pulidos……80
FIGURA 4.20 Distribución normal de la resistencia a la compresión de los bloques con refrentado no adherido……80
FIGURA 4.21 Distribución normal de la resistencia a la compresión de los bloques con mortero de azufre……80
FIGURA 4.22 Distribución normal de la resistencia a la compresión de los bloques con pasta de cemento……80
FIGURA 4.23 Diagrama de cajas de los 4 sistemas de refrentado en los bloques de hormigón……81
FIGURA 4.24 Resultado de resistencia a la compresión de los sistemas de refrentado de los bloques de hormigón……81
FIGURA 4.25 Intervalo de confianza de cada uno de los sistemas de refrentado ……84

RESUMEN

El ensayo de resistencia a la compresión del bloque de hormigón se realiza de acuerdo a la norma INEN 640 donde determina la preparación del espécimen con una capa de 6mm de mortero de azufre o de pasta de cemento en las caras del bloque de hormigón como refrentado. El primer método presenta dificultad en el proceso debido que la mezcla de material inerte con azufre es altamente peligrosa para la salud por los gases que libera en la combustión, teniendo como consecuencia un bajo rendimiento en su conformación y acabado. El segundo método no especifica una dosificación óptima ya que solo se permite realizar una mezcla de arena - cemento en partes iguales. El presente trabajo de investigación se realizó con el fin de validar una alternativa rápida y eficiente en el refrentado del bloque de hormigón y que tenga mejor desempeño con respecto a los demás sistemas tradicionales empleados en algunos países. Por tal motivo se realizo una dosificación óptima en la pasta de cemento, verificando propiedades como consistencia, contenido de aire, densidad y resistencia a la compresión.

Palabras claves: Hormigón, Resistencia a la Compresión, Morteros, Calidad de áridos.

INTRODUCCIÓN

El ensayo de resistencia a la compresión del bloque de hormigón se realiza de acuerdo a la norma INEN 640, donde determina la preparación del espécimen con una capa de 6mm de mortero de azufre o de pasta de cemento en las caras del bloque de hormigón como refrentado, para posteriormente proceder a ejecutar la prueba en la máquina de compresión. El primer método presenta dificultad en el proceso, debido que esta mezcla de material inerte con azufre es altamente peligrosa para la salud por los gases que libera en la combustión, teniendo como consecuencia un bajo rendimiento en su conformación y acabado. El segundo método no especifica una dosificación óptima ya que solo se permite realizar una mezcla de arena - cemento en partes iguales y una relación de agua - cemento de 0.35, de acuerdo a este procedimiento se determinó que no es la más adecuado, debido que se tiene un tiempo reducido para lograr un buen acabado en la colocación de la pasta en las caras del bloque.

La norma ASTM C 140 menciona el uso del mortero de yeso de alta resistencia como refrentado en las caras de los bloques de hormigón, este método presenta problemas debido a que tiene una gran capacidad de absorción en la mezcla, lo que produce un endurecimiento rápido, dificultando el proceso de refrentado. La normativa española UNE-EN 772 establece el uso del método directo, también llamado pulido o esmerilado, el cual puede ser ineficiente debido a la complejidad para cumplir con las tolerancias requeridas de planicidad y paralelismo en las caras del espécimen.

El presente trabajo de investigación se realizó con el fin de validar una alternativa más rápida y eficiente en el refrentado del bloque de hormigón. Por tal motivo se determinó realizar una dosificación óptima en la pasta de cemento, verificando sus propiedades, como son la consistencia, contenido de aire, densidad y resistencia a la compresión. Para probar la dosificación realizada de la pasta de cemento se comprobó que tenga un mejor desempeño con respecto a los demás sistemas tradicionales empleados en algunos países. Por tal motivo se adquirieron 180 bloques livianos de hormigón de un mismo lote, los cuales fueron preparados con los sistemas de refrentados como son el método directo, mortero de azufre, refrentado no adherido y la pasta de cemento diseñada, de los cuales se procedió al ensayo de compresión.

Con los datos obtenidos de la resistencia a la compresión del bloque de hormigón se realizó un análisis estadístico con el software SPSS STADISTIC y R PROYECT, determinando que el método de refrentado con la pasta de cemento es óptimo para realizar dicho ensayo debido a que obtuvo una mayor resistencia con respecto a los demás sistemas de refrentado y es de fácil elaboración en el laboratorio.

.

ABSTRACT

The assay of compressive strength of the concrete block is performed according to standard INEN 640, where the preparation of the specimen determines a 6mm layer of sulfur mortar or cement paste of the concrete block faces as capping , then proceed to run the test in the compression machine. The first method has difficulty with the process, because this mixture of inert material with sulfur is highly hazardous to health by the gases released during combustion, with low performance due to its shape and finish. The second method does not specify an optimal dosage as it only allows a mixture of sand - cement evenly and a water - cement of 0.35, according to this method was determined that not the most appropriate, because it is has a reduced time to obtain a good finish placing the pasta in the faces of the block.

ASTM C 140 mentions the use of plaster mortar as high strength in the transverse sides of the blocks of concrete, this method presents problems because they have a high absorption capacity in the mixture, which produces a rapid hardening, hindering transverse process. The Spanish regulation UNE-EN 772 provides for the use of the direct method, also called polishing or grinding, which can be inefficient due to the complexity to meet the required tolerances for flatness and parallelism on the faces of the specimen.

The present research was conducted in order to validate a fast and efficient alternative to the facing of the concrete block. Therefore determined perform optimal dosing in the cement paste, verifying their properties, such as consistency, air content, density and compression strength. To test the dosage on the cement paste was found to have a better performance with respect to other traditional systems used in some countries. Therefore blocks 180 were made from lightweight

concrete, which were prepared with the facings systems such as the direct method, sulfur mortar, unattached transverse and designed cement paste, which is proceeded to the compression test.

With the data obtained from the compressive strength of the concrete block Statistical analysis was performed with SPSS software and R PROYECT STADISTIC, determining that the method of capping with the cement paste is optimal to perform this test because they obtained a increased resistance with respect to other systems is easily facing and processing at the laboratory.

1. GENERALIDADES

Los bloques de hormigón desde su aparición se emplearon en las obras de ingeniería alcanzando una importante ampliación tanto en cantidad como en variedad de usos, esta amplia utilización de los bloques está motivada principalmente en las ventajas que presenta en relación con otros materiales de construcción, entre las que se puede citar su facilidad de uso, solución simple de disminución del peso de la mampostería en un edificio estructural, capacidad de conferir propiedades superficiales sin necesidad de terminaciones dificultosas ni de revestimientos adicionales, menor costo por metro cuadrado de pared debido a las características de textura y dimensiones, en el que se permite un uso significativamente menor de la mano de obra, por consecuente el beneficio económico. Por lo tanto se ve la necesidad de conseguir un buen producto, teniendo como base principal una buena fabricación del bloque de hormigón, también consideraciones de calidad, requerimientos de uniformidad, densidad, textura superficial, acabado y resistencia.

1.1. Objetivo

Validación del refrentado con pasta de cemento en el ensayo de compresión de bloques de hormigón.

1.1.1. Objetivos específicos

- Diseñar y fabricar la pasta de cemento que alcance una resistencia superior a la resistencia del bloque y que sea de fácil fabricación en el laboratorio.

- Determinar la influencia en 4 métodos de refrentado en el ensayo de la resistencia a la compresión de bloques de hormigón: como son el refrentado no adherido con plancha triplay, mortero de azufre, pasta de cemento y por último el método directo o pulido.

1.2. Justificación del proyecto

Para la aceptación de los bloques de hormigón se realiza la prueba de resistencia a la compresión de acuerdo a la norma ASTM C 140, pero solo se permite el uso de morteros de azufre y morteros de yeso de alta resistencia para realizar el refrentado de las caras de los bloques de hormigón y ejecutar el ensayo. Los morteros de azufre son altamente peligrosos para la salud, debido a los gases que liberan en la combustión, tienen bajo rendimiento por la dificultad del proceso como es en su mezclado, trabajabilidad. Por otro lado los morteros de yeso de alta resistencia tienen una gran capacidad de absorción lo que produce un endurecimiento rápido, pero son muy difíciles de conseguir ya que no existen en nuestro país y deben ser importados. También la norma no especifica las características granulométricas del árido, siendo fundamental su análisis debido que puede afectar en la uniformidad, porosidad y trabajabilidad de la pasta.

Por lo tanto, el presente trabajo de investigación se ha realizado con el fin de validar una pasta de cemento que sea de fácil preparación y colocación en el espécimen antes de realizar el ensayo en la máquina de compresión.

1.3. Metodología

Para conseguir los objetivos fue necesario la fabricación de los bloques de hormigón para ensayarlos en la máquina de compresión con los distintos sistemas de refrentado. Por tal motivo en la presente investigación se probó a 180 bloques livianos de hormigón con una resistencia esperada de 20 Kg/ cm^2 y se ejecutaron las siguientes actividades:

Aceptación de la Piedra Pómez que se utilizó para la fabricación de los bloques livianos de hormigón, según la norma ASTM C 331, y en el árido que se empleó para la elaboración de la pasta de cemento, según la norma INEN 2536. También se describe el resto de materiales empleados para la realización de mortero de azufre, pasta de cemento y las características de la plancha triplay.

Realización del diseño y proporción para la fabricación de los bloques livianos de hormigón, según el código ACI 211.3R. La resistencia especificada del espécimen será de 20kg/cm^2 y se verificará con la dosificación establecida en la Planta Hormigonera.

Fabricación de los 180 bloques livianos de hormigón con dimensiones de 40x20x10 cm de acuerdo a la dosificación realizada en la planta hormigonera llamada INDABLOK y se verificó que cumplan con las características geométricas y físicas según la norma ASTM C 140.

Se determinó las características de la máquina de compresión, luego los 180 bloques fueron preparados con cada uno de los sistema de refrentado, donde se detalla el procedimiento de cada uno de estos casos. En la pasta de cemento y

mortero de azufre se especifica su diseño y el proceso de fabricación de acuerdo la Norma INEN 2518 y Norma ASTM C140.

Finalmente se realizó un análisis estadístico por medio de los programa SPSS y R STADISTC, para determinar la variación que presenta la resistencia compresión con cada uno de los sistemas de refrentado y las diferencias que se presentó en el tipos de rotura en el ensayo de compresión.

2. FUNDAMENTOS TEÓRICOS

En la presente sección se describe los distintos elementos individuales prefabricados que se emplean en la mampostería estructural o no estructural, en el que se incluye el bloque de hormigón con la función que puede desempeñar en un sistema constructivo. Se especifica la definición del bloque de hormigón como también su clasificación por función y peso, además los requisitos de ancho nominal, espesores mínimos, las propiedades que debe cumplir para tener un control efectivo de las unidades de hormigón como son absorción, contenido de humedad y densidad. También se detalla la resistencia a la compresión del bloque de hormigón de acuerdo a las características del área neta y área bruta, como también los distintos tipos de fallas que se presentan después del ensayo de compresión.

Se determina los parámetros que se deberá tomar en consideración en la máquina de compresión como son la velocidad, tiempo de carga requerido, características en placa superior y los elementos utilizados con su respectivo esquema. También se realizó una comparación de los distintos tipos y métodos de refrentado que se realizan en algunos países de acuerdo a sus normativas, con sus respectivos rangos establecidos como son las características de mezcla, edad, espesor y resistencia.

Se detalla la normativa que se empleó para conformar la pasta de cemento, con los requerimientos necesarios para verificar las propiedades de consistencia, densidad, contenido de aire y resistencia de compresión. Y por último se da una breve descripción de los factores estadísticos que se emplearon para su análisis por medio de los SOFWARE SPSS STADISTIC Y R PROJECT.

2.1. Mampostería

Es un conjunto trabado de piezas asentadas con mortero. La mampostería se clasifica según su sistema: Estructural y No Estructural (NEC, 2011).

Mampostería estructural

El muro portante en una edificación: Es la pared que posee función estructural y son aquellas que soportan otros elementos estructurales del edificio. (NEC, 2011). La mampostería estructural se clasifica de la siguiente manera:

Mampostería no reforzada:
Está conformada por unidades de mampostería de tierra, en el cual se incluyen el adobe, tapial, bahareque, arcilla cocida, Bloques livianos de hormigón y son unidas por medio de mortero de tierra o cemento (NEC, 2011).

Mampostería confinada:
Está conformada por unidades de mampostería como son el ladrillo macizo o bloque de hormigón, las cuales están unidas por medio de mortero y estando confinadas en su perímetro por vigas, columnas, alrededor del muro o unidades de mampostería donde se vacía el hormigón de relleno logrando el confinamiento de la mampostería (NEC, 2011).

Mampostería reforzada:
Está conformada por unidades de mampostería de perforación vertical como arcilla cocida y Bloques de hormigón, los cuales son unidas por medio de mortero y reforzado internamente con barras o alambres de acero (NEC, 2011).

Mampostería no estructural

Son los elemento separados por espacios que están soportando únicamente la carga de su propio peso, por ejemplo los cerramientos perimetrales en una casa con arcilla cocida y Bloques livianos de hormigón. La mampostería no estructural se la emplea también como mampostería no reforzada (NEC, 2011).

2.1.1. Bloque hueco de hormigón

Es una unidad o pieza de mampostería de hormigón caracterizada por huecos que forman celdas verticales. En aquellas celdas se debe utilizar hormigón de relleno o mortero de relleno y se usa regularmente para edificaciones de interés social y de bajo costo (NEC, 2011).

Clasificación

Los bloques huecos de hormigón se clasifican según: su función y su peso (INEN 643, 2012).

Por su función

Se establecen dos clases de bloques de hormigón según su función:

Bloques estructurales: Son adecuados para aplicaciones en mampostería estructural y no estructural (INEN 643, 2012).

Bloques no estructurales: Están destinados a ser utilizados en muros no estructurales, en las cuales no tienen ninguna función estructural y no soportan otros elementos estructurales (INEN 643, 2012).

Según su peso

Se establecen tres clases según el peso del bloque de hormigón y características de la densidad (ASTM C 90- 03, 2003):

- Liviano, con una densidad de menos de 1 680 kg/m3
- Mediano, con una densidad entre 1 680 kg/m3 y menos de 2000 kg/m3
- Normal, con una densidad de 2 000 kg/m3 o más.

2.1.2. Dimensiones

EL bloque de hormigón debe cumplir con los requerimientos de ancho nominal y el espesor mínimo de acuerdo a los requisitos que aparecen en la siguiente tabla 2.1

TABLA 2.1 Anchos y espesor recomendado en los bloques huecos de hormigón.

Ancho nominal de los bloques (mm)	**Espesor de pared mínimo, (mm)**
80	19
100	19
150	25
200	32
250 y mayores	32

(**FUENTE:** NTE INEN 643:2012)

2.1.3. Características de los bloques de hormigón

Se establece las siguientes características a los bloques de hormigón como son: Absorción, contenido de humedad, densidad, volumen neto, área bruta, área neta.

Absorción

EL bloque de hormigón debe cumplir con los requerimientos de máxima absorción de agua de acuerdo a su densidad, como se establece en la Tabla 2.2. Para determinar la absorción del bloque de hormigón se realiza el ensayo en tres unidades y se lo calcula con la siguiente ecuación (NTE INEN 639:2012):

$$\text{Absorción, (kg/m}^3) = \frac{M_s - M_d}{M_s - M_i} \times 1\,000$$

$$\text{Absorción, (\%)} = \frac{M_s - M_d}{M_d} \times 100$$

Dónde:

Masa del espécimen sumergido (M_i): Los bloques serán sumergidos en agua a una temperatura entre16 °C y 27 °C durante un lapso de 24 h a 28 h, después se los suspende con un alambre de metal a los bloques mientras están sumergido en el agua.

Masa del espécimen saturado (Ms): Se retira los bloques del agua y se los escurre durante 60 s ± 5 s, colocándolos sobre una malla de alambre de al menos 9,5 mm de diámetro, retirar el agua visible de la superficie con un paño húmedo.

Masa del espécimen seco al horno (M_d): Luego del proceso de saturación, se seca los especímenes en el horno a una temperatura entre 100 °C y 115 °C durante al menos 24 horas.

TABLA 2.2 Límites permitidos de absorción en los bloques huecos de hormigón.

Clasificación de densidad	**Absorción de agua máximo (Kg/ m^3)**	
	Promedio de 3 Bloques	Bloque Individual
Baja	288	320
Media	240	272
Normal	208	240

(**FUENTE:** NTE INEN 643:2012)

Contenido de humedad

Se realiza el ensayo en tres unidades para determinar el contenido de humedad del bloque de hormigón y se calcula con la siguiente ecuación (NTE INEN 639:2012):

$$\text{Contenido de humedad, (\% del total de absorción)} = \frac{M_r - M_d}{M_s - M_d} \times 100$$

Dónde:

M_r = Masa del espécimen tal como se recibe, (kg)

M_d = Masa del espécimen seco al horno, (kg)

M_s = Masa del espécimen saturado, (kg)

Densidad

EL bloque de hormigón debe cumplir con los requerimientos de densidad de acuerdo a los requisitos que aparecen en la siguiente tabla:

TABLA 2.3 Clasificación de los bloques huecos de hormigón de acuerdo a la densidad

Clasificación de densidad	**Densidad seca del hormigón al horno (Kg/ m^3)**
	Promedio 3 unidades
Baja	< 1700
Media	1700 a 2000
Normal	> 2000

(**FUENTE:** NTE INEN 643:2012)

Para determinar la densidad del bloque de hormigón se realiza el ensayo en tres unidades y se lo calcula con la siguiente ecuación (NTE INEN 639:2012):

$$\text{Densidad, (Kg/m}^3\text{)} = \frac{M_d}{M_s - M_i} \text{ x } 100$$

Dónde:

M_d = Masa del espécimen seco al horno, (kg)

M_s = Masa del espécimen saturado, (kg)

M_i = Masa del espécimen sumergido, (kg)

Volumen neto

Se realiza el ensayo en tres unidades para determinar el volumen neto del bloque de hormigón y se lo calcula con la siguiente ecuación (NTE INEN 639:2012):

$$\text{Volumen neto, } (mm^3) = \frac{M_d}{D} = (M_s - M_i) \times 10^6$$

Dónde:

V_n = Volumen neto del espécimen, (mm^3)
M_d = Masa del espécimen seco al horno, (kg)
D = Densidad del espécimen seco al horno, (kg/m^3)
M_s = Masa del espécimen saturado, (kg)
M_i = Masa del espécimen sumergido, (kg)

2.1.4. Resistencia a la compresión del bloque de hormigón

La resistencia a la compresión del bloque se obtiene del resultado de fuerza conseguida en la máquina de compresión del espécimen y de la característica del área neta o área bruta de la unidad que se ensayó.

Se establece el área bruta de la sección transversal del bloque de hormigón como el área total de la sección perpendicular a la dirección de la carga y el área neta de la sección transversal del bloque de hormigón es el área de la sección de los tabiques que conforman un bloque de hormigón y es perpendicular a la dirección de la carga. (NTE INEN 639:2012).

$$\text{Área bruta } (A_g),\ (mm^2) = L \times W$$

$$\text{Área neta promedio } (A_n),\ (mm^2) = \frac{V_n}{H}$$

$$\text{Resistencia a compresión del área bruta, (MPa)} = \frac{P_{max}}{A_g}$$

$$\text{Resistencia a compresión del área neta, (MPa)} = \frac{P_{max}}{A_n} \times 10^6$$

Dónde:

L = Longitud promedio del espécimen entero, (mm)
W = Ancho promedio del espécimen entero, (mm)
V_n = Volumen neto del espécimen, (mm^3)
H = Altura promedio del espécimen, (mm).
P_{max}= Carga máxima de compresión, (N)
A_g = Área bruta del espécimen, (mm^2)
A_n = Área neta del espécimen, (mm^2)

2.1.4.1. Tipos de fallas del bloque de hormigón

Según la Norma ASTM C 1314- 03" Método de prueba estándar para resistencia a la compresión de prismas de mampostería", describe el tipo de falla de los bloques hormigón de acuerdo a los patrones de agrietamiento, como se indica en la figura 2.1

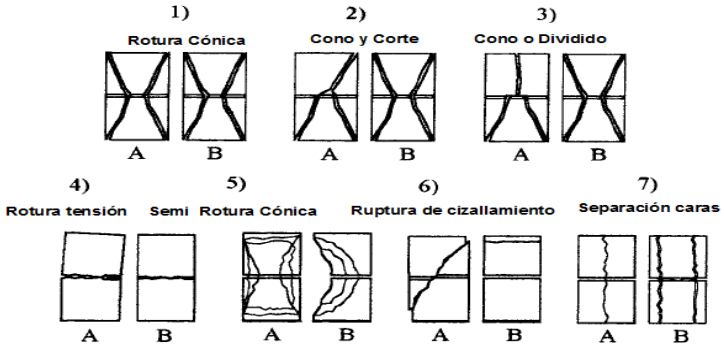


FIGURA 2.1 Tipos de fallas de bloques de mampostería

FUENTE: ASTM C 1313- 03

2.1.4.2. Máquina de compresión

La norma ASTM C 140 determina que en la máquina de compresión debe tener una exactitud de ±1,0% del rango de carga esperado, se deberá colocar una placa superior de transferencia de carga de metal endurecido, debe estar firmemente unida al cabezal superior de la máquina. Se puede utilizar una placa adicional para minimizar el desgaste de las placas de la máquina como se describe en la siguiente figura:

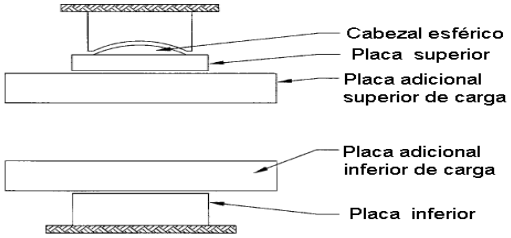


FIGURA 2.2 Elementos utilizados en el ensayo de compresión de bloque hormigón

FUENTE: ASTM C 140- 03

Para el ensayo de compresión, la placa superior de transferencia de carga debe cumplir la característica de espesor, diámetro y de distancia requerida. El diámetro de la placa superior se determina de acuerdo a las características de la cabeza esférica de la máquina de compresión; el cual sí la placa superior está integrada con la esfera es igual al diámetro medido del asiento esférico más el espesor medido de la sección no esférica de la placa superior, caso contrario solamente será igual al diámetro medido del asiento esférico, como se muestra en la siguiente figura:

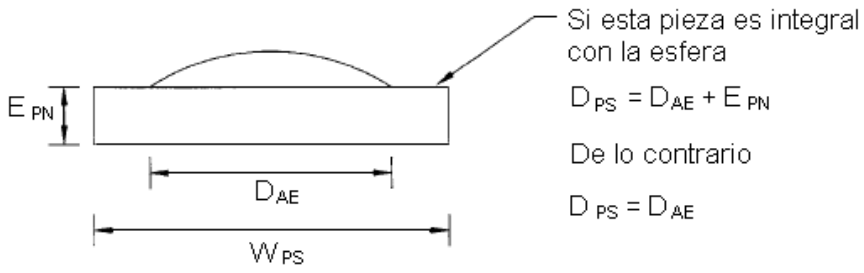


FIGURA 2.3 Diámetro de la placa superior que va en la máquina de compresión
FUENTE: ASTM C 140- 03

Dónde:

D_{AE} = Diámetro medido del asiento esférico,
D_{PS} = Diámetro calculado de la placa superior,
W_{PS} = Ancho mínimo medido de la placa superior,
E_{PN} = Espesor medido de la sección no esférica de la placa superior.

Para determinar la distancia del borde de la placa a la esquina más distante del espécimen se realiza localizando el centro de masa del espécimen y marcarlo en el borde superior y determinarlo, con una aproximación de 3 mm, la distancia del centro de masa del espécimen a la esquina más distante del espécimen. Se obtiene mediante la siguiente ecuación:

$$d = A - D_{PS} / 2$$

Dónde:

d = Distancia desde la placa a la esquina más distante del espécimen, (mm)

A= Distancia desde el centro de masa del espécimen a la esquina más distante del espécimen (mm)

D_{PS}= Diámetro calculado de la placa superior, (mm).

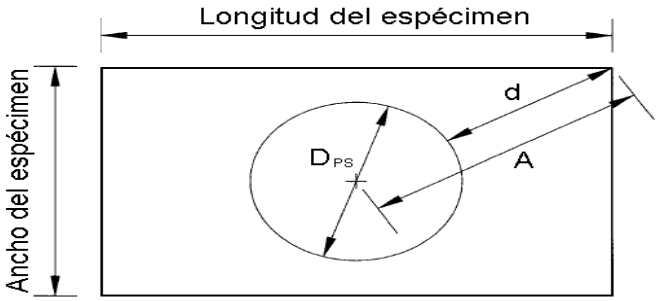


FIGURA 2.4 Distancia de la placa a la esquina más distante del espécimen en la maquina compresión.

FUENTE: ASTM C 140- 03

La normas ASTM C 140 solamente determina que se aplicará la carga hasta la mitad de la carga máxima esperada, a cualquier velocidad conveniente, luego se deben ajustar los controles de la máquina, según sea necesario, para proporcionar una velocidad uniforme de desplazamiento del cabezal móvil, de tal manera que la carga restante se aplica en un periodo de tiempo entre 1 min y 2 min.

2.1.4.3. Refrentado de bloques de hormigón.

El Refrentado es el recubrimiento que se coloca en los extremos superior e inferior de las unidades de bloque de hormigón antes de ser sometidos al ensayo de compresión (NMX C 036: 2004). En las Normativa Ecuatoriana, Española, Colombiana, Mexicana y Americana, establecen algunas características en el método de preparación de los bloques de hormigón, los cuales se realiza con distintos materiales y proporciones de mezcla para preparar el espécimen antes de realizar el ensayo de compresión. En la siguiente tabla se presenta un resumen de los métodos que se realizan en cada país, en el caso de refrentado no adherido que no se realiza en ninguna de estas normativas, se detallara como un ensayo de prueba experimental.

TABLA 2.4: Métodos de refrentado del bloque de hormigón realizados en varios país.

Normativa	**MÉTODOS**				
	Directo:	Refrentado con :			Refrentado no adherido
	Pulido o emerilado	Mortero de azufre	Pasta de cemento	Mortero de yeso	Plancha triplay
Ecuatoriana	No	Si	Si	No	No
Colombiana	No	Si	No	Si	No
Mexicana	No	Si	No	No	No
Americana	No	Si	No	Si	No
Española	Si	No	Si	No	No

Fuente: Autor

Pulido o esmerilado

La preparación de especímenes por el método directo: pulido o esmerilado para la realización del ensayo de compresión en unidades de bloque de hormigón, se ejecuta únicamente por la Asociación Española de Normalización y certificación (AENOR), de acuerdo con su Normativa Técnica Española Bloques Huecos de Hormigón. UNE-EN 772:(2011).

Se caracteriza en que las superficies de la probeta se esmerilan hasta que se satisfagan los requisitos de planicidad y de paralelismo. Se deberá eliminar los machihembrados o las acanaladuras de las caras de las piezas antes de someterlas a ensayo. Las caras del espécimen sobre las cuales se aplicará la carga, deben ser planas, con una tolerancia de 0,1 mm por cada 100 mm, de tal manera que la superficie superior se encuentre entre dos planos paralelos a la cara inferior, y no se desvíe más de 1 mm por cada 100 mm. (UNE-EN 772:2011)

Si el proceso de esmerilado alterase de forma importante la superficie de contacto de las caras de ensayo, entonces se debe proceder a la operación de refrentado como son de mortero de cemento o de azufre. (UNE-EN 772:2011)

Yeso cementante

La preparación de especímenes por medio del refrentado con mortero de yeso para la realización del ensayo de compresión en unidades de bloque de hormigón, se ejecutan en varios países como se describe en el Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (ICONTEC), de acuerdo con su normativa ttécnica: Muestreo y ensayo de prefabricados de concreto no reforzados, vibro compactados NTC- 4024:(2001) y ASTM International, con su

normativa técnica: Práctica para refrentar unidades de mampostería de hormigón, unidades relacionadas y prismas de mampostería para ensayo de compresión ASTM C1552- 03.

Las dos normativas presenta una similitud en la característica de mezcla que deberá estar la relación de agua material cemental en un rango de 0,26 a 0.3, el espesor máximo de refrentado que se colocará en el caras del bloque de 6 mm y la resistencia que tendrá dicha pasta de cemento será como mínimo de 24 Mpa en una edad máxima de 2 horas.

Refrentado no adherido

El refrentado no adherido no se especifica su uso en ninguna normativas para ser empleado en el ensayo de resistencia a la compresión del bloques de hormigón, este método se realiza solamente para probar especímenes como el adoquin. Se describirá este proceso para emplearlo en los bloques de hormigón de manera experimental para determinar las diferencias entre un refrentado adherido y no adherido.

Este método consiste en el refrentado del espécimen con planchas de triplay de 4 mm de espesor como empaque, el cual se colocará en las caras superiores e inferiores de la muestra, se colocara sobre una plancha de acero de aproximadamente 25 mm de espesor que cubra toda la superficie de la muestra y sea capaz de distribuir uniformemente las cargas. El espécimen se debe colocar en la máquina con la superficie de desgaste hacia arriba, de manera que los ejes longitudinales y transversales del mismo queden alineados con los ejes de las placas de la máquina. (ASTM C 936-01:2001).

Mortero de azufre

La preparación de especímenes con el refrentado de mortero de azufre para la realizar el ensayo de compresión en unidades de bloque de hormigón, se realiza en la normativa ecuatoriana por medio del instituto ecuatoriano de normalización (INEN), de acuerdo con su normativa técnica: Bloques huecos de hormigón, determinación de la resistencia a la compresión NTE 640:(1993), como también en varios países como en el Organismo Nacional de Normalización y Certificación de la Construcción y Edificación México. (ONNCCE), con su normativa técnica: Bloques resistencia compresión, método de prueba NMX C 036:(2004), el Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (ICONTEC), con su normativa técnica: Muestreo y ensayo de prefabricados de concreto no reforzados, vibrocompactados NTC- 4024:(2001) y ASTM International, con su normativa técnica: Práctica para refrentar unidades de mampostería de hormigón, unidades relacionadas y prismas de mampostería para ensayo a compresión ASTM C1552- 03.

La normativa Ecuatoriana, Colombiana y América, establece las mismas características de mezcla en un rango de combinación del materia inerte de un 60% a 40% y de azufre comercial de 40% a 60%. El espesor máximo de refrentado que se colocará en el caras del bloque es de 6 mm y la resistencia que tendrá dicha pasta será como mínimo de 24 Mpa en una edad máxima de 2 horas.

La normativa mexicana no especifica las características de mezcla, edad y espesor de capa de refrentado solo determina una resistencia mínima de compresión del mortero de azufre de 34.3 Mpa. Para determinar resistencia compresión de los cubos de mortero de azufre se realizó de acuerdo a la norma" NTE INE 488 (2009), "Determinación de la resistencia a la compresión de morteros en cubos de 50 mm de arista"

Pasta de cemento hidráulico

La preparación de especímenes por medio del refrentado con mortero de cemento para la realización del ensayo de compresión en unidades de bloque de hormigón, se emplea en la normativa ecuatoriana por medio del instituto ecuatoriano de normalización (INEN), de acuerdo con su normativa técnica: Bloques huecos de hormigón, determinación de la resistencia a la compresión NTE 640:(1993), y en normativa Española por medio de la Asociación Española de Normalización y Certificación (AENOR), de acuerdo con su normativa técnica: Bloques huecos de hormigón. UNE-EN 772:(2011).

En la normativa ecuatoriana solo se especifica utilizar una pasta de arena-cemento en partes iguales, con la característica de tener una relación de agua materia- cemento de 0.35 y el espesor de capa será como máximo de 6 mm. Pero en la normativa española solamente específica una resistencia de 30 Mpa que debe desarrollar dicha pasta y el espesor del refrentado debe ser de 5mm, con unos 10 mm más anchos y 25 mm más largos que las caras del bloque.

En la normativa ecuatoriana se establece un diseño de pasta de cemento de acuerdo a la normativa morteros para unidades de mampostería NTE INEN 2518 (2010),que determina la dosificación óptima y establece la verificación de las propiedades como: Consistencia, determinación del flujo, contenido de aire, densidad y resistencia a la compresión de los cubos de pasta de cemento.

La masa de los materiales que serán utilizados en la pasta se calculara de la siguiente manera:

Factor de amasada = 1440 / (1280 x Proporción volumen total de arena)

Masa del cemento Portland = (Masa unitaria suelta cemento) x (Factor de amasada) x (Proporción volumen cemento portland)

Masa de la cal = (Masa unitaria suelta cal) x (Factor de amasada) x (Proporción volumen cal Hidratada)

Masa de arena = (Proporción volumen arena) x (Masa unitaria suelta arena) x (Factor de amasada)

Para determinar la consistencia de la pasta la norma Morteros para unidades de mampostería NTE INEN 2518 (2010) que menciona que el mortero deberá tener un flujo en un rango entre 130 % y 150% (50 mm – 60 mm, mediante el cono de penetración y el método de ensayo se realizará de acuerdo a la Norma NTE INEN 2502 (2009),"Determinación de flujo de morteros".

La densidad de la pasta de cemento se determina en base a la norma ASTM C 270 "Especificación estándar para mortero para albañilería, en el que menciona el uso de la siguiente fórmula:

$$D = \frac{W_1 + W_2 + W_3 + V_W}{\frac{W_1}{P_1} + \frac{W_2}{P_2} + \frac{W_3}{P_3} + V_W}$$

Dónde:

D = Densidad del mortero libre de aire, g/cm3,
W_1 = Masa del cemento portland, g. (Dosificación de la pasta de cemento)
W_2 = Masa de la cal hidratada, g. (Dosificación de la pasta de cemento)
W_3 = Masa de la arena secada al horno, g. (Dosificación de la pasta de cemento)
Vw = Agua utilizada en cm^3 (Conforme al ensayo de flujo)
P_1 = Densidad del cemento portland, g/cm3. (Dato)
P_2 = Densidad de la cal hidratada, g/cm3. (Dato)
P_3 = Densidad de la arena secada al horno, g/cm3. (Ensayo de acuerdo norma INEN 856)

El contenido de aire se determina en base a la norma ASTM C 270-08 "Especificación estándar para mortero para albañilería, en el cual menciona la utilización de la siguiente formula:

$$A = 100 - \frac{w_m}{4D}$$

Dónde:

A = Volumen del Aire, %.
D = Densidad del mortero libre de aire, g/cm3,
W_m = Masa de mortero, g.

La Resistencia a la compresión de los cubos de pasta de cemento se realiza de acuerdo a la norma" NTE INE 488 (2009), "Determinación de la resistencia a la compresión de morteros en cubos de 50 mm de arista"

2.1.5. Funciones estadísticas

Para el realizar el análisis estadístico de los resultados que se van a estudiar, se han tomado en cuenta las siguientes consideraciones como son: la media aritmética, error típico de la media, rango, varianza desviación típica, análisis de varianza (ANOVA), histogramas y diagrama de cajas.

Media aritmética

Se obtiene a partir de la suma de todos los valores dividida entre el número de sumandos, el error típico de la media (Douglas et al., 2004). Para el cálculo se aplica la siguiente fórmula:

$$\bar{x} = \frac{\sum x_i}{n}$$

Dónde:

$\bar{x}$ = Media aritmética de los valores

x_i = Valor de cada observación

n = Número total de observaciones

Error típico de la media

Es la desviación típica de la distribución muestral de la media. Se obtiene dividiendo la desviación típica por la raíz cuadrada del número de casos. Es una medida de cuánto puede variar el valor de la media de una muestra a otra, extraídas éstas de la misma distribución (Douglas et al., 2004). Para el cálculo se aplica la siguiente fórmula:

$$Dm = \frac{|x_1 - \bar{x}| + |x_2 - \bar{x}| + \cdots + |x_n - \bar{x}|}{n} = \frac{\sum|x_i - \bar{x}|}{n}$$

Dónde:

Dm= Desviación media

x_i = Valor de cada observación

$\bar{x}$ = Media aritmética de los valores

n = Número total de observaciones

Histogramas

Son similares a los gráficos de barras pero con las barras juntas, dando así la impresión de continuidad. Los histogramas son adecuados para variables cuantitativas continuas. La curva que se superpone en el histograma es generada a partir de la media y la desviación típica de la variable representada. (Douglas et al., 2004)

Rango

Este método permite obtener una idea de la dispersión de los datos, cuanto mayor es el rango, más dispersos están los datos de un conjunto. (Douglas et al., 2004)

Varianza

Es una medida de dispersión definida como la esperanza del cuadrado de la desviación de dicha variable respecto a su media (Douglas et al., 2004). Para el cálculo se aplica la siguiente fórmula:

Dónde:

$$V = \frac{(x_i - \bar{x})^2}{n}$$

V = Varianza

x_i = Valor de cada observación

$\bar{x}$ = Media aritmética de los valores

n = Número total de observaciones

Curtosis

Medida del grado en que las observaciones están agrupadas en torno al punto central. Para una distribución normal, el valor del estadístico de curtosis es igual a 0. En la figura 2.5 se detallas los casos. (Douglas et al., 2004)

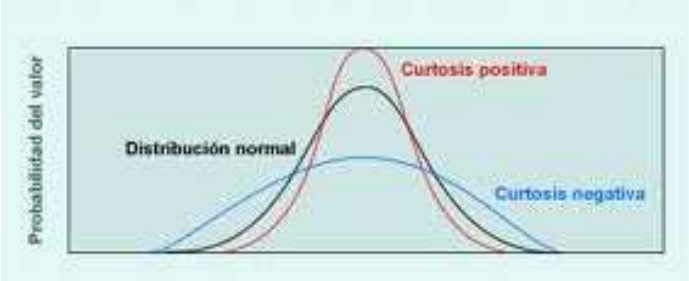


FIGURA 2.5 Características de cuortisis de una distribución

FUENTE: Freund et al., 1994

Asimetría

Medida de la asimetría de una distribución. La distribución normal es simétrica si tiene un valor de asimetría igual a 0. En la figura 2.5 se detallas los casos. (Douglas et al., 2004)

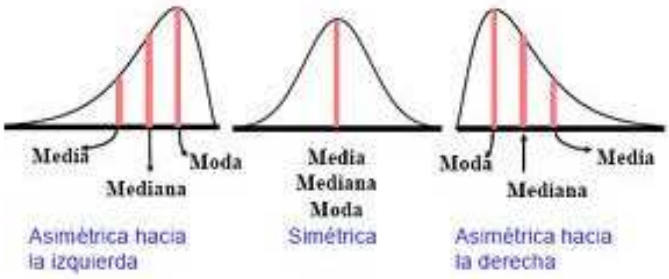


FIGURA 2.6 Características de asimetría de una distribución
FUENTE: Freund et al., 1994

Desviación típica

Es la medida de dispersión en torno a la media. Es la raíz cuadrada de la varianza, en el cual se mide el grado en que las puntuaciones de la variable se alejan de su media (Douglas et al., 2004). Para el cálculo se aplica la siguiente fórmula:

$$DE = \sqrt{\frac{\sum(x_i - \bar{x})^2}{n}}$$

Dónde:

DE = Desviación estándar

x_i = Valor de cada observación

$\bar{x}$ = Media aritmética de los valores

n = Número total de observaciones

Análisis de varianza (ANOVA)

Es una técnica estadística de contraste de hipótesis que se manejan simultáneamente más de dos variables y la complejidad del aparato matemático se incrementa proporcionalmente con el número de variables en juego. El análisis de la varianza ANOVA parte de la idea de que el valor de la variable dependiente en cualquier sujeto viene determinado por el valor que toma en ese sujeto la variable independiente. (Douglas et al., 2004)

Diagrama de cajas

Es un gráfico, basado en cuartiles, mediante el cual se visualiza un conjunto de datos. Está compuesto por un rectángulo, la "caja", dos brazos y los "bigotes (Figura 2.5). Se suministra información sobre los valores mínimo y máximo, los cuartiles Q1, Q2 o mediana Q3, como también la existencia de valores atípicos y la simetría de la distribución. (Douglas et al., 2004)

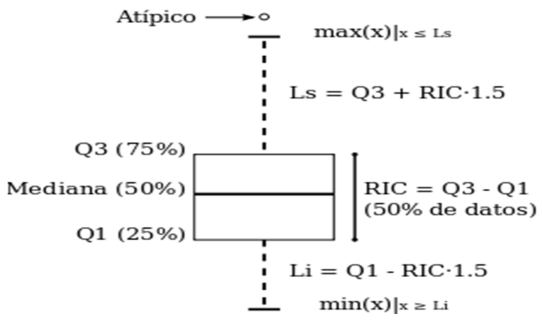


FIGURA 2.7 Característica del diagrama de cajas

FUENTE: Freund et al., 1994

2.1.6. Software utilizado para el análisis estadístico

El Sofware Spss Stadistic y R. Project utilizado para el análisis de los resultados de compresión de los bloques debido que son herramientas eficientes que nos permite la posibilidad de estudiar de manera simultánea y mediante un único análisis todos los factores estadísticos considerados para este trabajo investigativo.

SPSS

Es un instrumento que está diseñado para el manejo de datos estadísticos, fue creado por el científico político norman Nie (1967) y su nombre original es "Statistical Package for the Social Sciences" (SPSS). Este software es un conjunto de potentes herramientas de tratamiento de datos y análisis estadísticos y una de las principales ventajas de SPSS radica en la posibilidad de crear nueva información a partir de los datos contenidos en las variables originales, y a su vez guardar los resultados en una nueva variable o reemplazar los valores de una variable existente. (http://www-01.ibm.com/software/analytics/spss/)

R Project

Es un conjunto integrado de programas para manipulación de datos, cálculo y gráficos. Fue desarrollado por Robert Gentleman y Ross Ihaka del Departamento de Estadística de la Universidad de Auckland en 1993. Este software proporciona un amplio abanico de herramientas estadísticas como modelos lineales y no lineales, tests estadísticos, algoritmos, agrupamiento, análisis de series temporales y gráficas. (http://www.r-project.org/)

3. MATERIALES Y MÉTODOS

En el presente capítulo se describe la investigación realizada con el objetivo de validar el refrentado con pasta de cemento en bloques de hormigón para el ensayo de compresión, por tal motivo se indica primeramente la materia prima empleada, con las respectivas características que debe cumplir según la normativa respectiva. Luego se detalla el diseño y proporción del hormigón para la fabricación de los bloques livianos, de acuerdo a la proporción en planta, indicando el proceso de elaboración de los especímenes y el proceso de curado que se les aplicó, también se verificó su similitud con la dosificación teórica realizada de acuerdo a normativas.

Por último se detalla la realización de los 4 sistemas que se utilizaron como refrentado en los bloques de hormigón en el ensayo de resistencia a la compresión y en el caso de la pasta de cemento y de azufre se especifica las dosificaciones realizadas, como también las propiedades físicas que se emplearon para su conformación de acuerdo a los estándares de calidad en cada normativa.

3.1. Materiales

Se describe las propiedades de los materiales empleados para la realización del mortero de azufre y la pasta de cemento, también las características de la planchas triplay que fue utilizado como refrentado no adherido en el ensayo de compresión del bloque.

3.1.1. Cemento Portland

Para la realización de los bloques livianos se utilizó cemento de la industria Guapan S.A. y para la fabricación de la pasta de cemento se utilizó cemento Porland Holcim Rocafuerte en el que requirió las características físicas del cemento como la masa unitaria del cemento de 1.505 g/cm3 como dato para el diseño de la dosificación de la pasta de cemento y la densidad relativa del cemento de 3.0 g/cm3 (http://www.holcim.com.ec) para determinar la densidad del diseño de la mezcla de la pasta de cemento.

3.1.2. Cementina

La cal hidratada (Cementina) es proveniente de la fábrica Calizas Huayco S.A, el cual fue utilizado para realizar la pasta de cemento. Con el propósito de tener una mayor plasticidad y manejabilidad se requirió de sus características físicas, como son la masa unitaria de 0.7 g/cm^3 como dato para el diseño de la dosificación de la pasta (http://www.calizashuayco.com.ec) y para determinar la densidad del diseño de la mezcla de la pasta se requirió la densidad relativa de la cal hidratada que es igual a 1.1 g/cm3.

3.1.3. Azufre

El azufre puro molido de uso comercial es proveniente de la fábrica Econermix S.A, este materia se utilizó para la fabricación del mortero de azufre, el cual tiene las siguientes características: su fórmula química es “S”, es un polvo fino de color amarillo y este material en la prueba de tamizado es retenido sobre 75 um. (http://www. econermix com)

3.1.4. Planchas triplay

Las planchas trilplay (Plywood) están compuestas de dos caras exteriores y una o más caras y almas interiores que constituyen el alma del tablero. Por su calidad, versatilidad y rigidez, facilita el trabajo y constituye materia prima para la artesanía, carpintería en general, la industria del mueble y la construcción. (http://www.pelikanoplywood.com). Las planchas triplay tiene las siguientes características (Tabla 3.1):

TABLA 3.1 Características de la plancha triplay.

Calibre (mm)	**Resistencia a la flexión (Kg/cm2)**		**Resistencia a la compresión (Kg/cm2)**	
3-4	Paralela a las fibras de las caras	Perpendicular a las fibras de las caras	Paralela a las fibras de las caras	Perpendicular a las fibras de las caras
	350-370	160-170	160-170	140-150

FUENTE: http://www.pelikanoplywood.com

3.1.5. Piedra pómez

La Piedra pómez es el árido que se utilizó para la fabricación de los 180 bloques livianos de hormigón, es obtenida de las minas de origen volcánico y su extracción se da de la cantera Kumochi, ubicada en el sector de Las Viñas en la ciudad Latacunga (Figura 3.1).

FIGURA 3.1 Cantera de piedra pómez en la ciudad de Latacunga
FUENTE:http://www.latacunga.gob.ec/index.php?option=com_content&view=category&layout=blog&id=31&Itemid=187

La materia prima es traída a la ciudad de Loja y es llevada a la fábrica de bloques INDABLOCK para la realización del proceso de trituración (Figura 3.2). Una vez realizado ese proceso se verificó en el laboratorio que cumpla con los requisitos establecidos en la Norma ASTM C 331-04: 2004 “Áridos de Baja Densidad”. (Ver Anexos 4)

FIGURA 3.2 Maquina de trituración de Piedra Pómez en la fábrica de bloques.

Las propiedades físicas que establece la Norma ASTM C 331 para áridos ligero, determina la realización de los siguientes ensayos: contenido de terrones de arcilla, gradación, contenido de impurezas orgánicas.

También se realizó el ensayo de masa unitaria como dato para desarrollar la dosificación teórica de los bloques livianos de hormigón.

Gradación:

El ensayo se realizó de acuerdo a los procedimientos de la norma INEN 696 (2011) o ASTM C 136 “Método de prueba estándar para el análisis granulométrico del árido fino y grueso”.

FIGURAS 3.3 Materiales y equipo para ensayo de granulometría. (Piedra pómez)

Las curvas granulométricas del árido fino y grueso de la piedra pómez se realizó de acuerdo a la norma ASTM C 330-09 “Agregado liviano para concreto estructural” que establece los rangos granulométricos que debe cumplir (Figura 3.5 y 3.6). Para la curva granulometrías del árido combinado se realizó de acuerdo a los rangos granulométricos del código Aci 211.3R “Guía para la selección de proporciones para hormigón de cero asentamiento” (Figura 3.7).

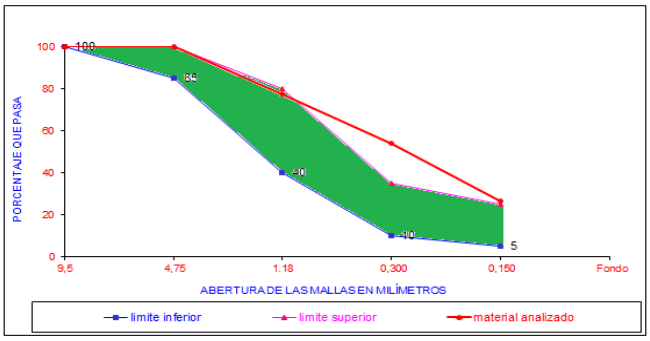


FIGURA 3.4 Curva granulométrica árido fino: (Piedra pómez)

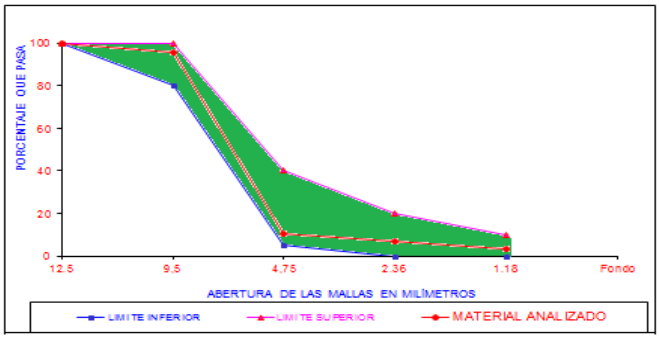


FIGURA 3.5 Curva granulométrica árido grueso. (Piedra pómez)

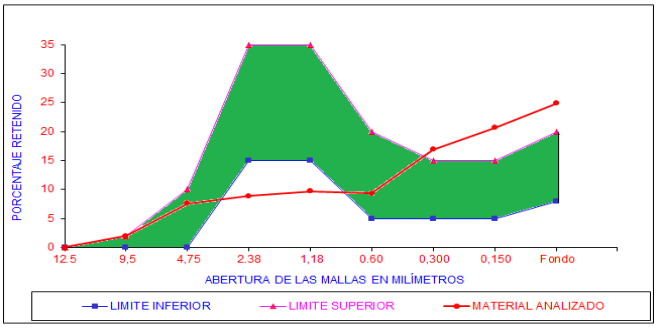


FIGURA 3.6 Curva granulométrica de la combinación del árido fino y grueso: (Piedra pómez)

Según las curvas granulométricas que se muestran anteriormente se observa que el árido grueso se encuentra en los rangos permisibles y el árido fino no está en los límites permitidos. En el árido Combinado se observa que la curva granulométrica esta fuera de los límites establecido a causa de un exceso de partículas Finas.

El código Aci 211.3R “Guía para la selección de proporciones para hormigón de cero asentamiento”, establece que el módulo de finura recomendado para un material empleado para fabricación de bloques de hormigón debe ser de 3.7. El valor obtenido del módulo de finura de la piedra pómez es de 2.28 y no se encuentra dentro del valor recomendado. (Tabla 3.2).

TABLA 3.2 Módulo de finura del árido: (Piedra pómez)

Denominación: Tamaño nominal	**Aci 211.3R Módulo de finura**	**Piedra pómez**
Árido fino: 4.75 mm (No. 4) a 0	-----	1.43
Árido grueso: 9.5 a 2.36 mm (3/8 pulg. a No. 8)	----	2.86
Combinación: Árido fino y grueso	3.7	2.28

El proceso de trituración de la piedra pómez en la planta hormigonera es el problema por el exceso de producción de partículas finas y por las mismas características de la materia que es de fácil desprendimiento y erosión. (Figura 3.2).

Contenido de terrones de arcilla y partículas desmenuzables

Se determinó su contenido en el árido a través de la norma INEN 698 (2010) o ASTM C 142 “Método de prueba estándar para terrones de arcilla y partículas desmenuzables en áridos”

FIGURA 3.7 Material y equipo para ensayo de contenido de terrones de arcilla. (Piedra pómez)

El contenido de terrones de arcilla y partículas desmenuzables en la piedra pómez se obtuvo un valor de 0.68%, por tanto el árido cumple con el límite máximo permitido de 2 % propuesto en la norma ASTM C 331.

Masa volumétrica

La masa volumétrica se realizó de acuerdo a la norma INEN 858 (2010) o ASTM C 29 “Método de prueba estándar para la densidad Bulk”, pero en la norma ASTM C 331 establece el valor máximo de masa unitaria suelta en áridos livianos, los valores obtenidos en la piedra pómez cumplen con esos requisitos, como se muestra en la Tabla 3.3

TABLA 3.3 Masa unitaria suelta y compactada de árido: (Piedra pómez)

Denominación:	Máxima masa unitaria (Kg/ m^3)		
	ASTM C 331	**Piedra pómez**	
Tamaño nominal	**Suelta**	**Suelta**	**Compactada**
Árido fino 4.75 mm (No. 4) a 0	1120	566	593
Árido grueso 9.5 a 2.36 mm, 3/8 pulg. a No 8	880	497	543
Combinación: Árido fino y grueso	1040	539	579

FIGURA3.8 Materiales y equipo para ensayo Masa Unitaria: (Piedra Pómez)

Impurezas orgánicas

El contenido de impurezas orgánicas en la piedra pómez se evalúo conforme el proceso descrito en la norma ASTM C 40 o INEN 855 (2010) "Método de prueba estándar para impurezas orgánicas en áridos finos para hormigón". En la figura 3.13 muestra que el árido (Piedra pómez) no posee impurezas orgánicas o partícula consideradas como potencialmente perjudiciales para la realización del bloque de hormigón.

FIGURA 3.9 Comparación muestra de la piedra pómez con el color patrón.

En la tabla 3.4 se muestran un resumen de todos los ensayos realizados en la piedra pómez.

TABLA 3.4 Resumen de resultados de ensayos de la piedra pómez.

	Material	**Normativa**	
Descripción de propiedades	**Piedra pómez**	**ASTM C 331**	**CUMPLE**
Propiedades físicas			
Módulo de finura árido fino y grueso combinado	2.28	Recomendando 3.7	NO
Contenido de terrones de arcilla y partículas desmenuzables	0.68 %	Max. 2%	Si
Masa unitaria árido fino (g/cm3) Masa unitaria árido grueso (g/cm3) Masa unitaria árido combinado (g/cm3)	566 497 539	880 1040 880	Si Si Si
Composición			
Impurezas orgánicas	> al color No. 1 del comparador	Max. color No. 3 del comparador	Si

3.1.6. Arena

Esta materia prima proviene de la concesión minera MALCA 3 del sector La Vega del rio Catamayo y se utilizó para la realización de la pasta de cemento y el mortero de azufre. La arena se verificó en el laboratorio que cumpla con los requisitos establecidos en la Norma NTE INEN 2536 (2010) “Áridos para uso en morteros para mampostería”; como propiedades físicas del árido. (Ver Anexos 4)

Las características físicas que el árido debe tener para ser utilizado como componente en la mezcla de la pasta de cemento, son: La realización de ensayos de gradación, terrones de arcilla, partículas livianos, cantidad de material más fino que el tamiz de 75 um (No. 200) y por último el ensayo de masa unitaria del árido, debido a que su resultado se emplea para desarrollar la dosificación de la pasta de cemento.

Contenido de terrones de arcilla y partículas desmenuzables

Se realizó de acuerdo a la norma INEN 698 (2010) o ASTM C 142 “Método de prueba estándar para terrones de arcilla y partículas desmenuzables en áridos”.

FIGURA 3.10 Materiales y equipo para ensayo de contenido de terrones de arcilla. (Arena)

El resultado de contenido de terrones de arcilla y partículas desmenuzables de arena fue de 0.79 %, por lo tanto el árido cumple con el límite máximo de 1 % propuesto en la norma NTE INEN 2536 (2010).

Partículas livianas

El porcentaje de partículas livianas en el árido se evalúo conforme al proceso descrito en la norma ASTM C 123 o INEN 699 (2011) "Determinación de partículas livianas".

El contenido de partículas livianas en el árido fue de 0.21 %, por lo tanto el árido cumple con el límite máximo permitido de 0.5 % propuesto en la norma NTE INEN 2536 (2010).

FIGURAS 3.11 Materiales y equipo para el ensayo de la determinación del porcentaje de partículas desmenuzables. (Arena)

Gradación:

El ensayo se realizó de acuerdo a los procedimientos de la norma INEN 696 (2011) o ASTM C 136 "Método de prueba estándar para el análisis granulométrico del árido fino y grueso".

FIGURA 3.12 Materiales y equipo para ensayo de granulometría. (Arena)

Para la granulometría de la arena, la norma NTE INEN 2536 (2010) establece unos rangos granulométricos que debe cumplir y la NTE INEN 872 (2011) establece que el módulo de finura recomendado para la arena debe estar en un rango de 2.3 a 3.1. El valor obtenido del módulo de finura de la arena es de 2.33 y se encuentra en límite del valor recomendado, entonces el árido se considera como aceptable.

En la figura 3.7 se observa de acuerdo a los rangos granulométricos el árido posee una granulometría dentro de los límites permisibles, por lo tanto se encuentra apto para la fabricación de pasta de cemento.

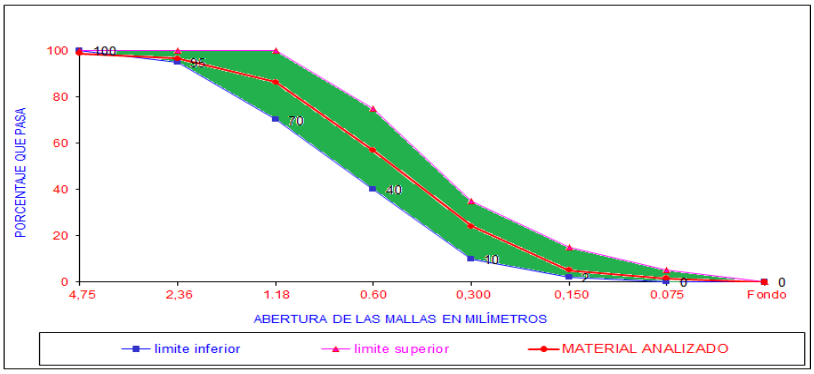


FIGURA 3.13 Curva granulométrica de la arena.

Partículas de tamaño menor a 75 µm

El contenido de este tipo de partículas se determinó en base a la norma NTE INEN 699(2011) o ASTM C 117 “Método de prueba estándar para materiales más finos que el tamiz de 75 µm (No 200).

FIGURAS 3.14 Materiales y equipo para el ensayo de materiales más finos que el tamiz de 75 µm. (Arena)

El valor obtenido de partículas más finas que 75 µm en el árido fue de 4.25 %, por lo tanto el árido cumple con el límite permitido de no contener más del 5 % de material que pasa el tamiz de 75 um (No. 200, propuesto en la norma NTE INEN 2536 (2010).

Masa volumétrica

La masa volumétrica se realizó en base a la norma INEN 858 (2010) o ASTM C 29 “Método de prueba estándar para la densidad Bulk”. El valor obtenido fue de 1392 Kg/ m3.

FIGURA3.15 Materiales y equipo para el ensayo Masa Unitaria. (Arena)

Densidad y absorción de agua

La densidad y absorción de agua se determinó en base a la Norma NTE INEN 856(2010) o ASTM C 128-07 “Determinación de la densidad relativa y absorción del árido fino.

FIGURAS 3.16 Materiales y equipo para el ensayo determinación de la densidad relativa y absorción del árido fino. (Arena)

En la Tabla 3.5 se muestra el valor obtenido de densidad del árido fino y el porcentaje de absorción.

TABLA 3.5 Partículas más finas que 75 µm en el árido: (Arena)

Denominación:	**Arena (gr/cm³)**
Densidad real	2.3
Densidad seca	2.26
Densidad aparente	2.36
Porcentaje de absorción	1.9

Impurezas orgánicas:

El contenido de impurezas orgánicas en el árido se evalúo conforme al proceso descrito en la Norma ASTM C 40 o INEN 855 (2010) "Método de prueba estándar para impurezas orgánicas en áridos finos para hormigón". En la figura 3.17 muestra que el color de la muestra de arena no es mayor al color No. 3 del comparador, por lo tanto no posee impurezas orgánicas o partículas consideradas como potencialmente perjudiciales para la realización de la pasta de cemento.

FIGURA 3.17 Comparación del árido (arena) con el color patrón.

En la tabla 3.6 se muestra un resumen de todos los ensayos realizados en la arena

TABLA 3.6 Resumen de resultados de ensayos del arena.

	Material	Normativa		
DESCRIPCIÓN DE PROPIEDADES	**Arena**	**INEN 2536 (2010)**	**ASTM C 144-04**	**CUMPLE**
Propiedades físicas				
Módulo de finura	2.33	2.3 a 3.1	2.3 a 3.1	SI
Contenido de terrones de arcilla y partículas desmenuzables	0.79 %	Max. 1%	Max. 1%	SI
Partículas livianos	0.21 %	0.5 %	0.5 %	SI
Partículas de tamaño menor a 75 µm	4.25 %	5 %	5 %	SI
Composición				
Impurezas orgánicas	Color No. 2 del comparador	Max. color No. 3 del comparador	Max. color No. 3 del comparador	SI

3.2. Diseño y proporciones de hormigón para fabricar bloques livianos

3.2.1. Dosificación teórica

La dosificación de los bloques livianos de hormigón se estableció de acuerdo a la Guía de selección de proporciones para hormigón de cero asentamiento (ACI 211.3R). Se requirió tener los datos del módulo de finura del árido y la masa unitaria compactada de la materia prima (Piedra pómez). (Tabla 3.7)

TABLA 3.7 Módulo de finura y masa unitaria compactada de la piedra pómez

Árido:	**# Modulo Finura:**	**Masa unitaria compactada (Kg/m³)**
Árido fino (Piedra pómez) (AF)	1.43	566
Árido grueso (Piedra pómez) (AG)	2.86	497
Combinación árido fino y árido grueso (Piedra pómez) (AC)	2.28	539

* Los resultados se detallan en propiedades físicas de la piedra pómez.

Se realizó el cálculo de proporciones del árido para determinar el porcentaje en volumen que se requiere en el árido grueso y árido fino en volumen.

$AF = (MF_{AG} – MF_{COMB}) / (MF_{AG} - MF_{AF})x\ 100$

AF = (2.86- 2.28) / (2.86- 1, 43) x100

AF = 40 %

AG= 100 - % AF

AG=100 – 40 .44

AG= 60 %

Para este propósito se realizó la dosificación para 180 bloques con las siguientes dimensiones: Largo 40 cm, ancho 20 cm y de alto 10 cm, obteniendo un volumen de la mezcla de 1 .44 m3. Se determinó la cantidad de masa del árido fino y grueso.

AF = % AF x (Masa unitaria compactada) x (Volumen de la mezcla) /100

AF = (40 x 593.3 x 1.44)/100

AF = 345.45 Kg

AG = % AG x (Masa unitaria compactada) x (Volumen de la mezcla) / 100

AG = (60 x 543.9 x 1.44)/100

AG = 469.92 Kg

La Guía ACI 211.3R no determina la cantidad de cemento óptima en la mezcla, solamente establece la realización de ensayos de prueba para obtener la resistencia del bloque deseada. Pero para este propósito se asumió una proporción de mezcla de cemento y árido en volumen de 1:10, con una resistencia a la compresión de 21 kg/cm^2 a los 28 días. Por lo tanto el resultado de masa obtenida fue de 73.4 kg

TABLA 3.8 Propiedades de bloques de concreto con piedra pómez

Tipo de concreto	**Proporciones de la mezcla cemento y árido en volumen**	**Resistencia a la compresión a los 28 días Kg/cm^3**
Mezclas Semi-secas para Bloques	1:6 **1:10**	39 **21**
Mezclas Completamente Compactadas	1:3 1:4.5	104 140

FUENTE: Libro: Concreto Ligero.2001

La guía ACI 211.3R no determina el contenido de agua en la mezcla, solamente menciona el ajuste de la mezcla hasta contar con la cohesión suficiente y que no se presente ninguna humedad libre. El resultado obtenido de la dosificación teórica de bloques livianos para una resistencia a la compresión de 21 Kg /cm3 fue de 345.45 Kg de árido Fino, 469.92 Kg árido Grueso y 73.4 Kg de cemento.

3.2.2. Proporcionamiento en planta

En la planta Indablock se fabrican los bloques livianos de hormigón de acuerdo a una dosificación experimental realizada in situ, debido a que la normativa INEN y ASTM no especifica los rangos estándares para una óptima dosificación, solamente menciona los requerimientos de resistencia de acuerdo a las características de uso que se va a emplear el bloque de hormigón, por tal motivo el proceso y características de mezclas son diseños propios de la fábrica y su evaluación se realiza por medio del ensayo de compresión.

En la planta hormigonera se realiza una dosificación por medio de una proporción de mezcla en volumen, empleando una relación de material cementante y el agregado de 1:10 en el cual por cada saco de cemento de 50 Kg, se utiliza 527.5 Kg de piedra pómez triturada. La cantidad de agua se establece de acuerdo al ensayo de contenido de humedad debido a que el árido está expuesto a la intemperie.

La dosificación teórica y la dosificación de la planta hormigonera son muy similares en relación del material cementante y del agregado, la única diferencia es que en la granulometría de la piedra pómez que se utiliza en la planta, tiene exceso de árido fino el cual afecta a la consistencia del bloque.

3.3. Fabricación de bloques livianos de hormigón

Se realizó una visita a las fábricas de producción de bloque en Loja, para determinar donde se elaboraran los bloques empleados para esta investigación por lo que se decidió adquirir los bloques de la fábrica Indablock, debido a que sus equipos son óptimos para un buen acabado de sus productos. En algunas fábricas se evidenció que tenían muchos problemas en sus infraestructura de tal manera que los bloques presentaban desmoronamientos, agrietamientos y deterioró.

La fabricación de los bloques de hormigón se realiza de manera semi – mecánica en la maquina BESSER (Figura 3.18) en la Fábrica Indablock, se realizó por medio de la vibración de los moldes, al colocar la mezcla logrando un asentamiento práctico eficaz y dándole mejores características definidas a los bloques, como son la resistencia mecánica, compacidad y un buen acabado.

FIGURA 3.18 Maquina BESSER para la fabricación de bloques

Previamente los materiales utilizados se colocan en una mezcladora rotatoria mecánica, con el propósito de que todos los componentes sean mezclados completamente hasta lograr una apariencia uniforme y que estén perfectamente distribuidos.

FIGURA 3.19 Colocación de los materiales en la maquina mezcladora, para luego realizar la fabricación de los bloques.

La máquina productora de bloques produce siete unidades de hormigón de 10 x 20 x 40 cm por ciclo, en un periodo de 2 minutos. La vibración que se sometió el molde con la mezcla fue por medio de sacudidas a una frecuencia elevada, dándose un efecto que la masa de hormigón que se halla en un estado más o menos suelto según su consistencia, entra a un proceso de acomodo, asentamiento uniforme y gradualmente reduciendo notablemente el aire atrapado.

FIGURA 3.20 Proceso de fabricación de bloques

Se fabricaron los 180 bloques livianos de hormigón de 40 x 20 x 10 cm de acuerdo a la dosificación de la planta. El proceso de curado de los bloques se realiza por medio de aspersión o rociado de agua por un periodo de siete días.

FIGURA 3.21 Proceso de curado por rociado de agua en los bloques que se fabrican en la planta hormigonera.

3.4. Características geométricas y físicas de los bloques fabricados

Los bloques livianos después del periodo de curado se llevaron al laboratorio de resistencia de materiales de la unidad de Ingeniera Civil (UTPL), en el cual se determinó las características geométricas de los 180 bloques y sus respectivos pesos. Las características físicas se realizaron en tres bloques representativos realizando el ensayo de absorción, contenido de humedad y densidad, de tal manera verificar que cumpla con los requisitos que establece la Norma ASTM C 140. (Ver Anexos 5)

Dimensiones y peso

Para validar las dimensiones de un bloque liviano de hormigón de 40 x 20 x 10 cm, la Norma ASTM C90 establece que si el ancho nominal es de 10 cm, el espesor minino de la pared será de 19 cm, por lo tanto al realizar las mediciones de los 180 especímenes, como se muestra en la figura 3.22, sí cumple dichos requerimientos debido a que se obtuvieron los siguiente resultados promediados: 40.17 cm de largo, 10.20 de ancho y 20.18 cm de alto.

Se realizó el pesaje de los 180 bloques livianos como se muestra en la figura 3.23, pero solamente se promedió los resultados de los pesos de los especímenes que tenían una edad de 28 días, debido a que tienen las mismas condiciones de curado, absorción y secado, obteniendo un peso promedio de 5.85 Kg.

FIGURA 3.22 Dimensiones de bloques de hormigón

FIGURA 3.23 Equipo para el pesaje del bloques de hormigón

Absorción

Los bloques livianos de hormigón no cumplieron con los requerimientos de absorción de agua máxima de 288 Kg/m^3 para un espécimen de baja densidad, debido que se obtuvo un valor promedio en las 3 unidades de hormigón de 520.58 Kg/m^3. Una de las características para que se de este resultado es el excesivo material fino que tiene el bloque de acuerdo a su granulometría.

El contenido de humedad que presentó los 3 especímenes fué 77.87 %, y un porcentaje de absorción de 33.92 %. Estos ensayos se realizaron de acuerdo a los requisitos que aparecen en la Norma NTE INEN 639:2012.

Densidad

Para establecer si el bloque de hormigón fabricado es de peso liviano, la Norma ASTM C 90 establece que debe cumplir con el requerimiento de densidad baja menor a 1700 Kg/m^3. Por lo tanto al determinar la densidad en los 3 especímenes representativos se obtuvo una densidad promedió de 1413 Kg/m^3.

En las siguientes imágenes ilustrativas se detalla el proceso del ensayo de Absorción, contenido de humedad y densidad. En anexos se detalla los datos que se requirieron para obtener dichos resultados.

FIGURAS 3.24 Proceso de sumergido del bloque en agua durante un lapso de 24 h.

FIGURA 3.25 Retirada del agua y proceso de escurrimiento del bloque durante 60 seg.

FIGURA 3.26 Secado de los especímenes (bloques) en el horno durante 24 horas.

3.5. Resistencia a la compresión de bloques

Para realizar este ensayo se utilizó la máquina de compresión ACCU - TEK (Figura 3.29), el cual tiene la suficiente capacidad para cumplir con la carga solicitado para bloques de hormigón, la calibración de la maquina se verificó de acuerdo a la Norma ASTM E4. Los elementos que se colocaron en la máquina de compresión como se muestra en el esquema de la figura 3.27 en el cual se muestra una placa superior de transferencia de carga que tiene una longitud de 45 cm de acuerdo al largo del bloque, un ancho de 15 cm de acuerdo a la longitud de la cabeza esférica de la máquina de compresión y un espesor de 1 pulgada, también se utilizó una placa adicional para minimizar el desgaste de la placa inferior de la máquina, el cual tiene un espesor de 2 pulgadas, una longitud de 42 cm y un ancho de 32 cm.

FIGURA 3.27 Elementos que se utilizaron en el ensayo de compresión

En la máquina de compresión se colocaron estos elementos para realizar el ensayo de compresión de los 180 boques livianos de hormigón, de acuerdo al siguiente proceso:

Se colocó el espécimen en la placa adicional inferior alineando el espécimen con la placa de empuje superior (soporte con cabeza movible). Se movió la placa de soporte inferior lentamente para poner el espécimen en contacto con los platos de compresión de la prensa, la placa superior se colocó a una distancia de 16 cm desde el centro de la masa del espécimen a la esquina más distante del espécimen de acuerdo a la figura 3.28 y se obtuvo por medio de la siguiente fórmula:

$$d = A - D_{PS} / 2$$
$$d = 24 - 15 / 2$$
$$d = 16 \text{ cm}$$

Dónde:

d = Distancia desde la placa a la esquina más distante del espécimen, (mm)

A = Distancia desde el centro de masa del espécimen a la esquina más distante del espécimen (mm)

D_{PS} = Diámetro calculado de la placa superior, (mm).

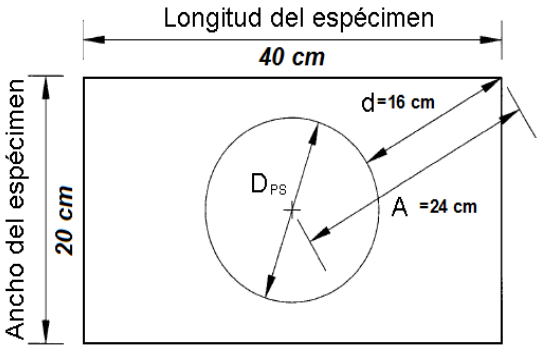


FIGURA 3.28 Distancia aplicada de la placa a la esquina más distante del espécimen, en la maquina compresión.

El indicador de carga se verificó que se encuentre en cero, luego se aplicó la carga continuamente (sin choque) con un rango de velocidad de 0.1 ± 0.05 MPa/s hasta que el espécimen falle y durante el ensayo se ajustó la válvula de inyección de aceite suavemente, con el objeto de mantener constante la velocidad de aplicación de la carga durante la última mitad de la fase de carga.

FIGURA 3.29 Maquina ACCU - TEK para el ensayo de compresión.

3.5.1. Sistemas de refrentado de los bloques

Se describe la conformación de la pasta de cemento y del mortero de azufre, el procedimiento de cada uno de los sistemas de refrentado en el bloque de hormigón, el proceso en el ensayo de compresión y el tipo de rotura que se presentó en cada uno de los especímenes.

3.5.1.1. Directo o pulido

Los 180 bloques livianos se esmerilaron hasta tener la planicidad, paralelismo, y así eliminar los machihembrados o las acanaladuras de las caras de las piezas antes de someterlas a ensayo. (Figura 3.30)

FIGURA 3.30 Pulido de las caras del bloque

Para este método directo solo se ensayaron 45 bloques livianos de hormigón, los cuales se ubicaron en la máquina de compresión y con sus respectivas placas superior e inferior, como muestra la siguiente figura.

FIGURA 3.31 *Ensayo compresión de bloques livianos: Sin ningún tipo de refrentado*

3.5.1.2. Refrentado no adherido

Se realizó el refrentado no adherido a 45 bloques, colocándose las planchas de triplay de 4 mm de espesor como empaque en la cara superior e inferior del espécimen, como se muestra en la siguiente figura.

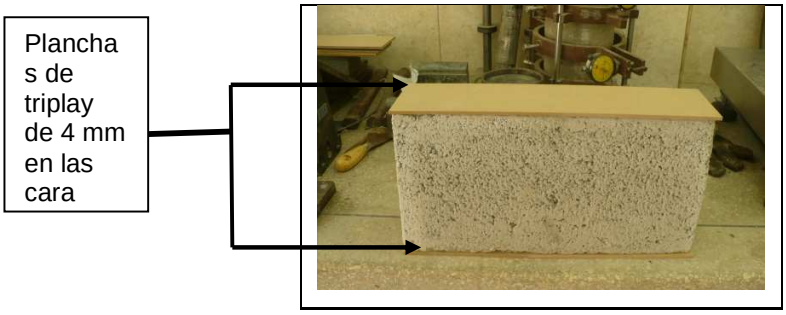


FIGURA 3.32 Colocación de las planchas triplay en el bloque.

El bloque con las planchas de triplay de 4 mm se ubicaron en la máquina de compresión y con sus respectivas placas superior e inferior, como muestra la siguiente figura.

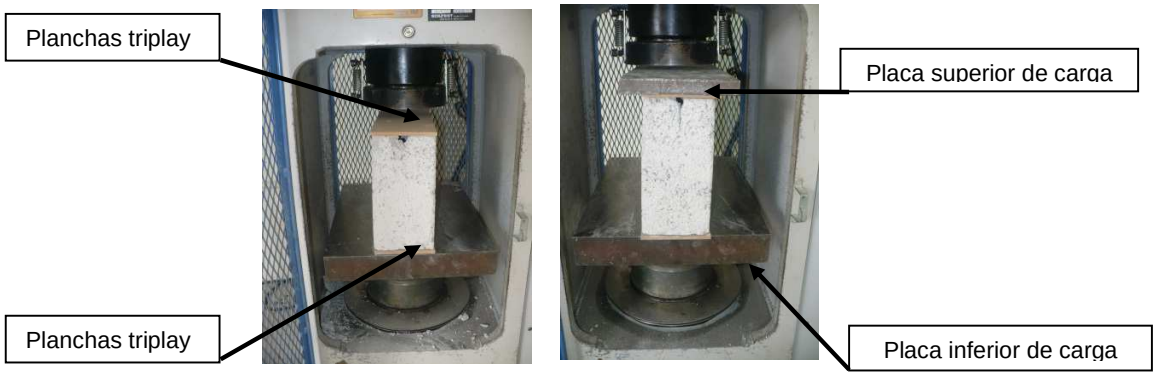


FIGURA 3.33 Ensayo de compresión de bloques livianos: Con refrentado no ahderido

3.5.1.3. Mortero de azufre

Se realizó la conformación del mortero de Azufre determinando la dosificación óptima, y la verificación del diseñó mediante el ensayo de resistencia a la compresión de los cubos de mortero, una vez obtenida esta mezcla se realizó el refrentado de las probetas con el mortero de azufre con un espesor de 6 mm y se ensayaron en la máquina de compresión.

Para determinar la dosificación del mortero de azufre, la Norma AST C 1552 ”Nivelación de unidades de mampostería de concreto, unidades relacionadas y prismas de mampostería para ensayos de compresión”, establece la realización de una dosificación por volumen en la que conste del 40 a 60 % del volumen de azufre del total de la mezcla y para este caso se optó por una mezcla de 40% de azufre en masa, y el 60% de arena para la utilización como refrentado en los bloques de hormigón.

Se verificó la dosificación por medio de la resistencia a la compresión, en el cual se preparó 9 especímenes de acuerdo a la norma “Determinación de la resistencia a la compresión de morteros en cubos de 50 mm de arista” NTE INE 488 (2009) y la mezcla de la pasta de azufre se realizó de acuerdo a la Norma AST C 1552. (Ver Anexos 2)

FIGURA 3.34 Colocación del mortero de azufre en los moldes para especímenes.

El desmolde de los especímenes se realizó a las 2 horas de acuerdo a la características que menciona la Norma INEN 1643. El resultado de la resistencia a compresión de los cubos de mortero de azufre fué de 44.12 Mpa, por lo tanto la dosificación es óptima para el refrentado de bloques de hormigón debido a que fue mayor al mínimo requerido de 24 Mpa. (Tabla 3.9)

FIGURA 3.35 Especímenes de mortero de azufre luego del periodo de curado.

FIGURAS 3.36 Ensayo de Resistencia a la compresión de los especímenes de mortero de azufre

TABLA 3.9 Resultado de los especímenes de mortero de azufre.

Resistencia a la compresión Promedio de 3 especímenes (Mpa)	Edad (Horas)
43.4	2
42.48	
46.48	
Promedio : 44.12	

3.5.1.4. Proceso de refrentado

Para el refrentado de los 45 bloques pulidos con mortero de azufre se requirió fabricar un molde de acero que consta de 42 cm de largo, 12 cm de ancho, en el cual las paredes del molde son de un espesor de 0,5 pulgadas y la placa de acero de 1,5 pulgadas de espesor (Figura 3.37). La placa para refrentado se calentó antes de su uso para disminuir la velocidad de endurecimiento del material de azufre fundido y así poder permitir la producción de capas finas de refrentado. (Figura 3.38)

FIGURA 3.37 Molde para el mortero de azufre

FIGURA 3.38 Calentamiento del molde. para el mortero de azufre

La mezcla de azufre se calentó en una olla térmica, a una temperatura de 130 °C a 145 °C para mantener la fluidez después del contacto con la superficie del molde (Figura 3.39) y se aceito ligeramente la superficie de la placa para el refrentado. (Figura 3.40)

FIGURA 3.39 Equipo utilizado para la realización del refrentado del bloque con mortero de azufre

FIGURA 3.40 Colocación de aceite SEPAROL – METAL para evita la adherencia del mortero con el molde

Se llenó el molde hasta una profundidad de 6 mm con el compuesto de azufre caliente y no se lo moviliza al espécimen hasta que el compuesto de azufre se haya solidificado. Este proceso se realizó en las dos caras del bloque como se muestra en las siguientes figuras:

FIGURA 3.41 Colocación del mortero de azufre en el molde

FIGURA 3.42 Ubicación del bloque en el molde con el mortero de azufre

FIGURA 3.43 Colocado del mortero de azufre en las caras del bloque

FIGURA 3.44 Proceso de desmoldeo en la primera cara del bloque

FIGURA 3.45 Proceso de desmoldeo en la segundo cara cara del bloque

FIGURA 3.46 Terminado la colocación del mortero de azufre en el bloque

En la siguiente figura se muestra la colocación del bloque pulido con el refrentado con mortero de azufre en la máquina de compresión y la colocación de las placas superior e inferior.

FIGURA 3.47 Ensayo de compresión de bloques livianos: Con refrentado de mortero de azufre

3.5.1.5. Pasta de cemento

Para la fabricación de la pasta de cemento se realizó primeramente la validación de las propiedades físicas de la arena como materia prima, luego se conformó la pasta de cemento determinando la dosificación óptima y se verificó sus propiedades como consistencia, determinación del flujo, contenido de aire, densidad y resistencia a la compresión de los cubos de pasta de cemento. Una vez obtenida esta mezcla se realizó el refrentado de las probetas con la pasta de cemento a un espesor de 6 mm y se ensayó en la máquina de compresión.

3.5.1.5.1. Conformación de la pasta

En la elaboración del mortero se utilizó la combinación de cemento, cal y arena, debido a la ventaja de tener una mezcla que sea mucho más plástica, manejable, trabajable y una mayor retención al agua para prevenir el agrietamiento en la pasta. Para el diseño y fabricación de la pasta de cemento (mortero) que alcance una resistencia superior a la resistencia del bloque, se tomó como referencia a la Norma: Morteros para unidades de mampostería NTE INEN 2518 (2010).

Para lograr el propósito de tener un mortero para el refrentado de bloques de hormigón con mejores características en el menor tiempo posible y que alcance una resistencia mayor a 2 Mpa del bloque liviano, se realizaron varios diseños de dosificaciones haciendo variaciones en la relación de árido con respecto al volumen del material cementante.

Se realizó una primera dosificación por volumen como establece la Norma NTE INEN 2518 (2010), para un mortero tipo N (tabla 3.15), que establece utilizar 1 parte de cemento portland, 0.5 partes de cal y (1+0.5) x 2.25 = 3.38 partes de arena, pero no cumplió las características especificadas anteriormente. (Ver Anexos 3**)**

Para lograr una proporción adecuada para la realización de la pasta de cemento, se redujo la relación de árido a 1.25 veces la suma de los volúmenes separados de materiales cementantes y se obtuvo lo siguiente: 1 parte de cemento portland, 0.5 partes de cal y 1.88 parte de arena. El procedimiento de la masa de los materiales utilizados en el mortero se especifica en anexos. El resumen de la dosificación obtenida está de acuerdo a la siguiente Tabla 3.16

TABLA 3.10 Resumen de dosificación de la pasta de cemento

Material	Cantidad
Cemento Portland	903 gr.
Cal	210 gr.
Arena	1566 gr.
Agua*	605 cm^3

***El contenido de agua se determina por medio del ensayo de flujo

Para la verificación de las propiedades de la pasta de cemento se realizó primeramente la mezcla de la pasta de cemento de acuerdo a la norma “Mezclado mecánico de pastas y morteros de consistencia plástica ”NTE INEN 155 (2009).

FIGURA 3.48 Colocación y mezclado del material (Arena, cal, cemento y agua) en una mezcladora mecánica.

3.5.1.5.2. Propiedades de la pasta

Se realizó la verificación de las siguientes propiedades de consistencia, densidad, contenido de aire y resistencia a la compresión para validar la pasta de cemento:

Consistencia

La pasta de cemento deberá tener una fluidez adecuada, siendo trabajable para tener la facilidad de colocación de la pasta en el bloque, de tal manera se optó por tener una consistencia de pasta de un 135% de flujo, debido que en Norma "Determinación de flujo de morteros" Norma NTE INEN 2502 (2009). Establece que la mezcla se encuentra en el rango entre 130 % y 150% (50 mm – 60 mm), mediante el cono de penetración. Por tanto se determinó que la cantidad de agua idónea fue de 605 cm^3.

FIGURA 3.49 Ensayo para la determinación del flujo del mortero de acuerdo a la norma “Determinación del flujo en morteros” NTE INEN 2502 (2009)

Densidad

La densidad de la pasta de cemento es de 1.85 g/cm3, determinada en base a la Norma ASTM C 270, en la cual no especifica un rango que debe cumplir, más bien como un dato para saber el contenido de aire en la pasta.

Contenido de Aire.

El valor obtenido de contenido de Aire es de 6.8 % en función de la densidad y la masa de la pasta de cemento, como especifica la Norma ASTM C 270-08, el cual cumple con el límite permitido de no contener más del 8 % de Aire, propuesto por la Norma NTE INEN 2518 (2010).

También se verificó el contenido de aire de la pasta de cemento mediante un medidor de presión, obteniendo un resultado de 0,25 bar o 0.255 Kgf/ cm^2 en el cual relaciona la presión y el volumen como muestra la siguiente figura:

FIGURAS 3.50 Material y equipo para el ensayo del contenido de aire de la pasta de cemento.

3.5.1.5.3. Resistencia a la compresión de cubos de pasta de cemento

Se realizó la preparación de 15 especímenes moldeados para el ensayo de compresión de acuerdo a la Norma "Determinación de la resistencia a la compresión de morteros en cubos de 50 mm de arista" NTE INE 488 (2009). El desmolde de los especímenes se efectuara a las 24 horas y el periodo de curado de igual manera de acuerdo a la dosificación realizada (Figura 3.52). (Ver Anexos 3)

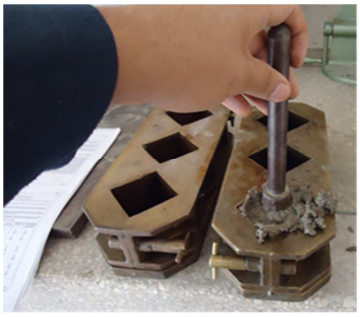


FIGURA 3.51 Colocación de la pasta de cemento en los moldes para especímenes.

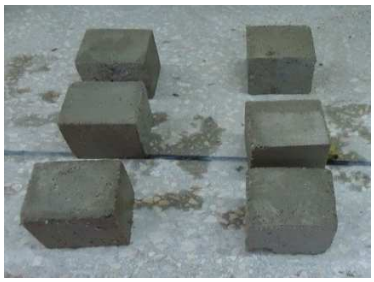


FIGURA 3.52 Especímenes de pasta de cemento luego del periodo de curado

El resultado obtenido de los cubos de la pasta de cemento que se empleó como refrentado para los bloques de hormigón es válido, porque se obtuvo una resistencia de 10.5 Mpa a las 48 horas siendo mayor a la resistencia esperada del bloque que es 2 Mpa. Por último la pasta obtuvo una resistencia final a los 28 días de 27.2 Mpa cumpliendo los requerimientos que establece la Norma INEN 640 que debe ser mayor a 24 Mpa.

FIGURAS 3.53 Ensayo de resistencia a la compresión de los especímenes de pasta de cemento

TABLA 3.11 Resultado de los especímenes a distintas edades

Resistencia a la compresión Promedio de 3 especímenes (Mpa)	Edad (días)
10.5	2
14.9	7
17.8	15
22.1	21
27.2	28

3.5.1.5.4. Proceso de refrentado

Para el refrentado de los 45 bloques pulidos con pasta de cemento se requirió fabricar un molde de madera para refrentar el espécimen con la pasta de cemento que consta de 42 cm de largo, 12 cm de ancho, las paredes del molde son de un espesor de 1 pulgada y la plancha de 1 pulgada también (Figura 3.54), el molde se aceito ligeramente la superficie antes de colocar la mezcla de refrentado. (Figura 3.55)

FIGURA 3.54 Equipo utilizado para la realización del refrentado con la pasta de cemento en el bloque

FIGURA 3.55 Colocación de aceite SEPAROL – MADERA para evita la adherencia de la pasta con el molde

Se colocó en el molde una capa de pasta de cemento y se distribuyó uniformemente. Se ubicó la cara de contacto del bloque sobre la capa y se lo presionó suavemente, hasta que ésta se adhiera al bloque en un espesor máximo de 6 mm y se resistió la operación con la cara opuesta, como se muestra en las siguientes figuras:

FIGURA 3.56 Colocación de la pasta de cemento en el molde

FIGURA 3.57 Colocación de la pasta de cemento en la primera cara del bloque

FIGURA 3.58 Colocación de la pasta de cemento en la segunda cara del bloque

FIGURA 3.59 Terminación de la colocación de la pasta de cemento en las caras del bloque

Después de aplicarle la pasta de cemento se cubrió una cara del bloque con un paño húmedo y la otra cara del bloque se la sumergió en una bandeja de agua, para que se realice el proceso de curado (Figura 3.60) y el mortero adquiera la resistencia especificada de acuerdo a la dosificación y mantenerlo así por 48 horas.

FIGURA 3.60 Proceso de curado del mortero de cemento en los bloques

FIGURA 3.61 Terminada la colocación del mortero de cemento en el bloque

En la siguiente figura se muestra la colocación de los bloques con el refrentado con la pasta de cemento en la máquina de compresión y la colocación de las placas superior e inferior.

FIGURA 3.62 Ensayo de compresión de bloques livianos:
Con refrentado de pasta de cemento

4. ANÁLISIS DE RESULTADOS

Se realizó el análisis estadístico de los resultados obtenidos de la resistencia a la compresión de los bloques livianos, como también la frecuencia de los tipos de fallas que presentaron. De los 180 bloques livianos, 120 se ensayaron a distintas edades y 60 a una misma edad de acuerdo a las siguientes características que se muestra en la tabla 4.1

TABLA 4.1 Edad de los bloques en el ensayo de compresión

	Diferentes Edades		Misma Edad	
Método de refrentado	**# Bloques ensayados**	**Edad (Días)**	**# Bloques ensayados**	**Edad (Días)**
Directo	15 15	7 14	15	28
No adherido	15 15	30 35	15	
mortero azufre	15 15	45 60	15	
Pasta de cemento	15 15	65 70	15	

4.1. Tipos de fallas de los bloques

Los datos obtenidos del tipo de falla de cada uno de los 180 bloques después del ensayo en la máquina de compresión se muestran en anexos 5, de los cuales se puede destacar lo siguiente:

Los 45 bloques con el método de pulido y los 45 bloques con la plancha triplay, ensayados en la máquina de compresión obtuvieron 3 tipos de fallas, teniendo en común dos tipos de fallas que son la separación de las caras del espécimen y la semi rotura cónica en el bloque, pero en el primer método mencionado se presentó la falla de división de los lados de la muestra y en el segundo método

se obtuvo la rotura en el bloque por cizallamiento. Los tipos de falla se indican en las siguientes figuras:

Tipos de falla de 45 bloques sin ningún tipo de refrentado (Pulido)

FIGURA 4.1 Tipo de falla de 5B: semi rotura cónica en el bloque pulido

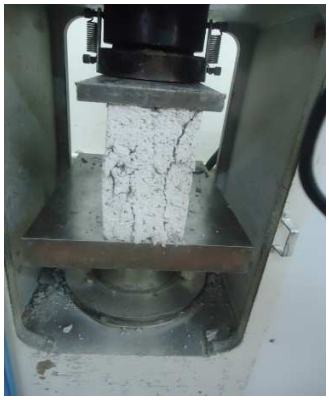


FIGURA 4.2 Tipo de falla de 7B: doble división de los lados del bloque pulido

FIGURA 4.3 Tipo de falla de 7A: Separación del bloque pulido

Tipos de falla de 45 bloques con plancha triplay

FIGURA 4.4 Tipo de falla de 7A: Separación del bloque con método de la plancha triplay

FIGURA4.5 Tipo de falla de 5B: semi rotura cónica en el bloque con plancha triplay

FIGURA 4.6 Tipo de falla de 6A: rotura en el bloque con plancha triplay por cizallamiento,

Los 45 bloques con el método de mortero de azufre y los 45 bloques con pasta de cemento ensayados en la máquina de compresión obtuvieron los mismos tipos de fallas, como son la separación de las caras del espécimen y la división de los lados de la muestra. Los tipos de falla se indican en las siguientes figuras:

Tipos de falla de 45 bloques con mortero azufre

FIGURA 4.7 Tipo de falla de 7A: Separación del bloque con mortero azufre

FIGURA 4.8 Tipo de falla de 3B: división de los lados del bloque con mortero azufre

Tipos de falla de 45 bloques con pasta de cemento en maquina compresión

FIGURA 4.9 Tipo de falla de 7A: Separación del bloque con pasta de cemento

FIGURA 4.10 Tipo de falla de 3B: división de los lados del bloque con pasta de cemento

Graficas de frecuencias de tipos de fallas

Las fallas que se presentaron en el ensayo de compresión se demuestran en las las siguientes gráficas de frecuencias de repeticiones de acuerdo a cada uno método de refrentado de los 180 bloques livianos de hormigón.

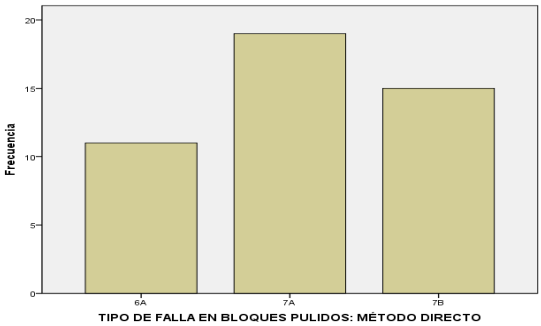


FIGURA 4.11 Frecuencias de tipo de falla en el ensayo de compresión de los bloque pulido

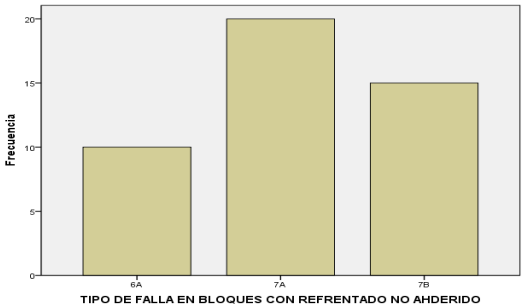


FIGURA 4.12 Frecuencias de tipo de falla en el ensayo de compresión de los bloque con plancha triplay

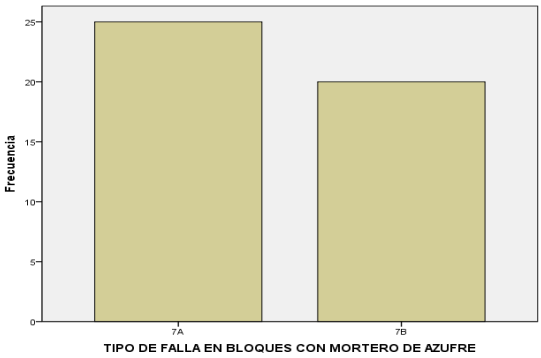


FIGURA 4.13 Frecuencias de tipo de falla en el ensayo de compresión de los bloques con mortero de azufre

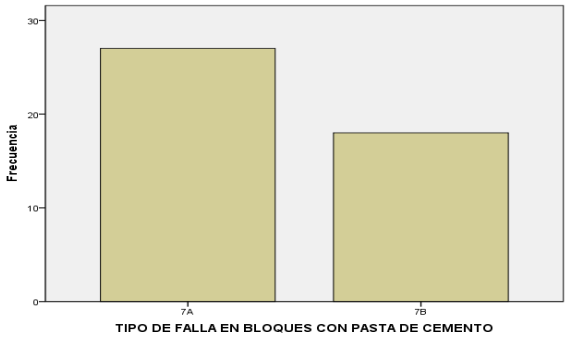


FIGURA 4.14 Frecuencias de tipo de falla en el ensayo de compresión de los bloques con pasta de cemento

Se determinó que el tipo de falla 7 B fue el predominante, el cual consiste en la separación de las caras del espécimen.

4.1.1. Bloques ensayados a distintas edades

El análisis estadístico de los resultados de los bloques livianos de hormigón a distintas edades se realizó independientemente por cada método, no se realizó ninguna comparación de los métodos debido a que las resistencias son totalmente diferentes porque se ensayaron en distintas fechas, de tal manera que solo se comprobó la similitud o la diferencia de los datos obtenidos en dicho ensayo con respecto a la varianza, desviación típica, asimetría y curtosis. Se destacan las siguientes consideraciones de los resultados obtenidos. Los bloques ensayados con el método directo tuvieron una mejor asimetría y los bloques con mortero de azufre tuvieron una mejor distribución de sus datos de acuerdo como indica su curtosis.

TABLA 4.2 Resultados de resistencia a la compresión en los bloques de la misma edad

MÉTODOS	Edad	# Bloques	Desv. típ.	Varianza	Asimetría	Curtosis
Método directo	7	15	0,25	0,06	0,08	-1,02
	14	15	0,20	0,04	0,39	-0,99
Refrentado no ahderido	30	15	0,21	0,04	-0,45	0,64
	35	15	0,29	0,08	-0,27	-0,74
Mortero de Azufre	45	15	0,61	0,38	-0,87	-0,06
	60	15	0,47	0,22	0,45	-1,07
Pasta de cemento	65	15	0,69	0,48	-0,34	-0,49
	70	15	0.70	0.49	0.72	0.65

4.1.2. Bloques ensayados a la misma edad

Los 60 Bloques livianos de hormigón que se ensayaron a una misma edad se destacan las siguientes consideraciones de los resultados obtenidos. Los bloques ensayados con la pasta de cemento obtuvieron una mayor resistencia de compresión de 18.76 Kg/cm^2 y el método sin refrentado la menor con 14.95 Kg/cm^2, la media mayor fue de 17.61 Kg/cm^2 en la pasta de cemento y la media menor fue de 15.86 Kg/cm^2 en el método sin refrentado (Tabla 4.3).

TABLA 4.3 Resultados de resistencia a la compresión en los bloques de la misma edad

	Resistencia a la compresión (Kg/cm^2)			
Análisis Estadístico	**Sin refrentado (Pulido)**	**Plancha Triplay**	**Mortero azufre**	**Pasta cemento**
Media	15,86	16,20	17,10	17,61
Error típ. de la media	0,15	0,16	0,15	0,15
Desv. típ.	0,58	0,64	0,61	0,58
Varianza	0,33	0,42	0,37	0,34
Rango	1,91	2,27	2,17	2,15
Mínimo	14,95	15,15	15,96	16,61
Máximo	16,86	17,42	18,13	18,76
Asimetría	0,11	0,06	-0,27	0,04
Curtosis	-0,91	-0,76	-0,77	-,003

El histograma de frecuencias demuestra la distribución normal o no normal de los resultados de cada uno de los métodos de refrentado de los bloques, destacándose las siguientes consideración que el método de las planchas de triplay y el método de pulido tienen una mala distribución de frecuencia en sus datos y el método de mortero de azufre y pasta de cemento una mejor distribución de frecuencia en sus datos.

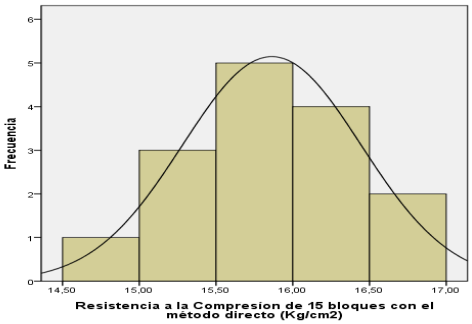


FIGURA 4.15 Frecuencias de la resistencia a la compresión de los bloques pulidos

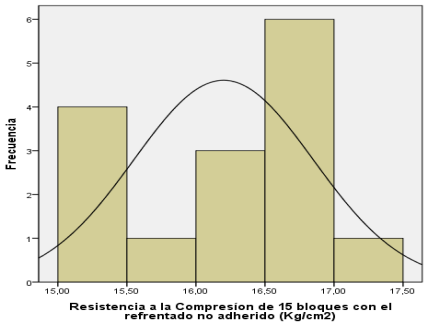


FIGURA 4.16 Frecuencias de la resistencia a la compresión de los bloques con plancha triplay

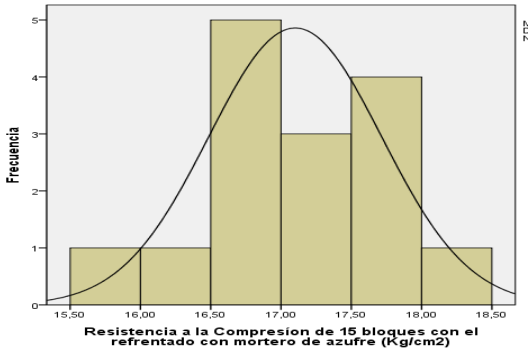


FIGURA 4.17 Frecuencias de la resistencia a la compresión de los bloque con mortero de azufre

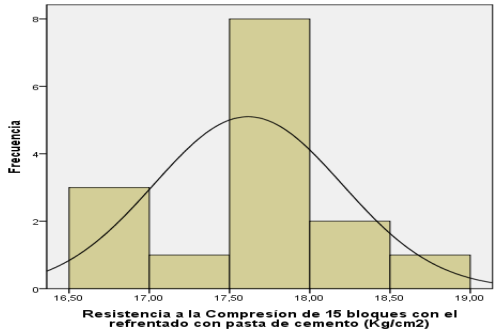


FIGURA 4.18 Frecuencias de la resistencia a la compresión de los bloques con pasta de cemento

En las siguientes graficas representan los valores observados de la variable obtenida tipificados frente a los valores normales esperados de una distribución Normal. La variable estudiada seguirá una distribución Normal si los puntos de la figura se encuentran alrededor de la línea diagonal.

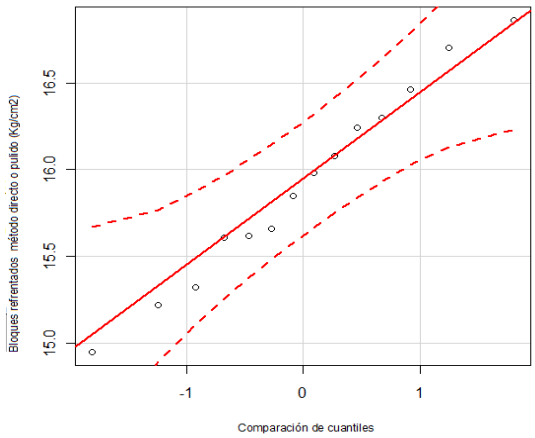


FIGURA 4.19 Distribución Normal de la resistencia a la compresión de los bloques pulidos

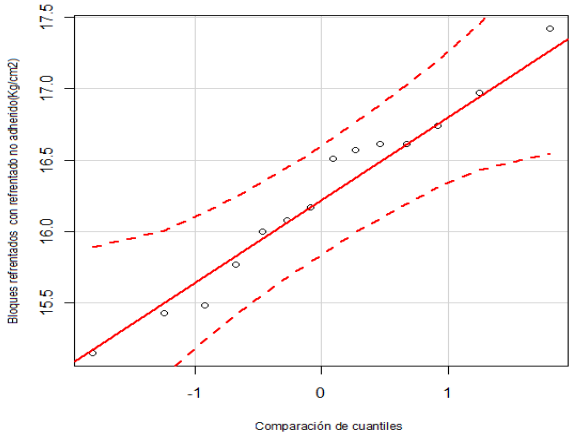


FIGURA 4.20 Distribución Normal de la resistencia a la compresión de los bloques con refrentado no adherido

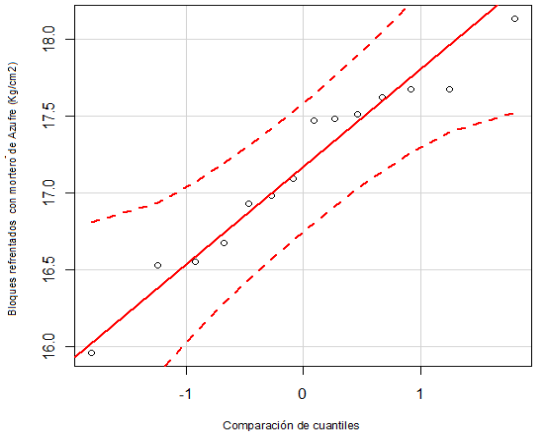


FIGURA 4.21 Distribución Normal de la resistencia a la compresión de los bloques con mortero de azufre

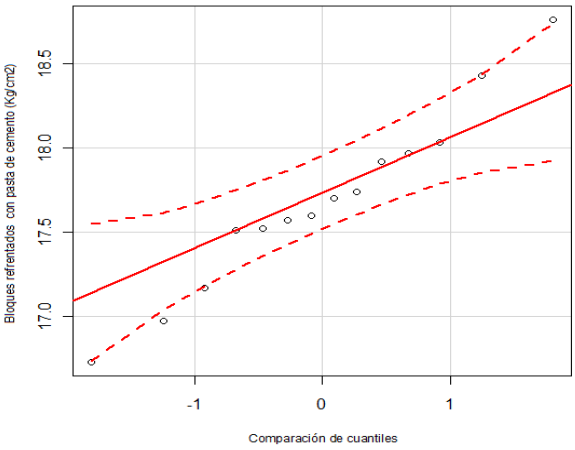


FIGURA 4.22 Distribución Normal de la resistencia a la compresión de los bloques con pasta de cemento

En la figura 4.19 se demuestra el diagrama de cajas que suministra información sobre los valores mínimo, máximo y la mediana, demostrando que el ensayo con pasta de cemento se obtuvo mejores resultados de resistencia a la compresión.

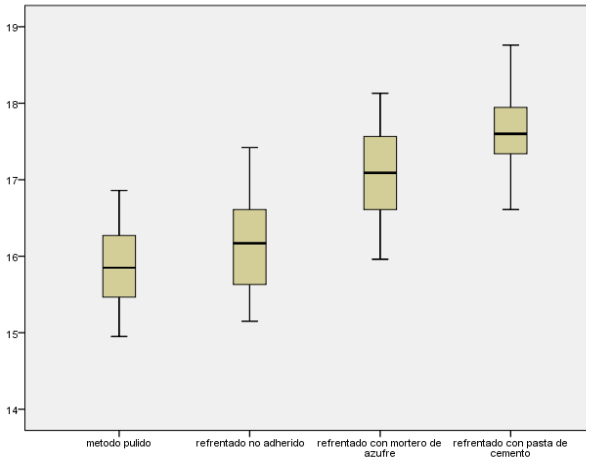


FIGURA 4.23 Diagrama de cajas de los 4 sistemasde refrentado en los bloques de hormigón

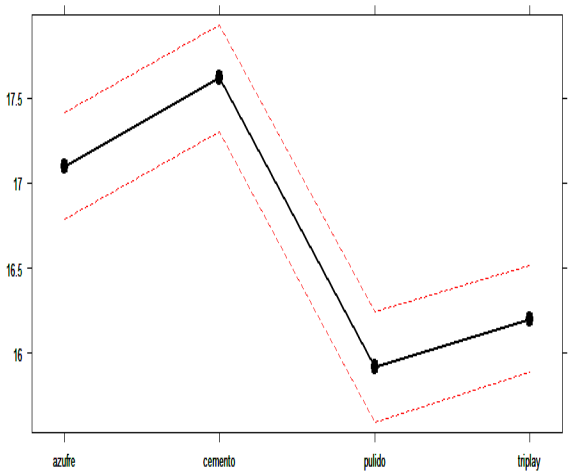


FIGURA 4.24 Resultados de resistencia a la compresión de los sistemas de refrentado en los bloques de hormigón

Análisis Anova

El resultado de análisis de varianza se muestra en la Tabla 4.4 donde se puede realizar la siguiente interpretación: El valor calculado F (Prueba Estadística) es de 26.27, con un nivel de significancia de 5 %, 3 grados de libertad del factor y 56 del error, se procedió a buscar en la tabla de anexos 1 el valor crítico de la distribución Fα obteniendo un valor de 2.78. De acuerdo al análisis Anova determina que si el valor calculado (F) es mayor que el valor crítico (Fα), se desecha la hipótesis que existe similitud en entre los entre los datos calculados. Por lo tanto en el caso de los sistemas de refrentados se determina que sí existe diferencia entre las medias aritméticas de los sistemas de refrentado de bloques de hormigón.

$$F < F\alpha \quad 2.78 < 26.27$$

TABLA 4.4 Resultado de la tabla ANOVA (análisis de varianza) de la resistencia a la compresión en los bloques livianos de hormigón

	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Media cuadrática	F Prueba estadística	Sig: Nivel de significancia
Inter-grupos	29,22	3	9,745	26,276	,0000
Intra-grupos	20,76	56	0,371		
Total	49,98	59			

Nota: Valores críticos de la distribución F para un nivel de significancia 5 %

Se realizó una comparación múltiple de subconjuntos homogéneos que consiste en realizar una agrupación de métodos de refrentado que difieren significativamente.

En la tabla 4.5 se demuestra que hay una homogeneidad entre los datos de resistencia a la compresión entre el método directo y del método de la plancha triplay y otra homogeneidad del método de mortero de azufre con el método de pasta de cemento.

TABLA 4.5 Comparación múltiple de subconjuntos homogéneos de los métodos de refrentado

Sistema de ensayo	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
		1	2
Método directo	15	15,86	
Plancha triplay	15	16,20	
Mortero de azufre	15		17,10
Pasta de cemento	15		17,61

En la tabla 4.6 se describe el resumen de la comparación múltiple de los bloques con los distintos sistemas de refrentado, en el que se detalla la comparación de cada uno de los métodos de refrentado como sus diferencias de medias, el error típico y el Intervalo de confianza al 95%.

TABLA 4.6 Resumen de comparación múltiple de los métodos de refrentado

COMPARACIÓN DE LOS MÉTODOS		Diferencia de medias (I-J)	Error típico	Diferencia significativa	Intervalo de confianza al 95%	
					Límite inferior	Límite superior
Sin ningún refrentado	método directo	-0,33	0,22	0,413	-,9254	,2520
	mortero cemento	-1,23*	0,22	0,000	-1,8260	-,6486
	mortero azufre	-1,75*	0,22	0,000	-2,3407	-1,1633
Refrentado no Adherido	método directo	0,33	0,22	0,436	-,2520	,9254
	mortero cemento	-0,9*	0,22	0,001	-1,4894	-,3120
	mortero azufre	-1,41*	0,22	0,00	-2,0040	-,8266
Pasta de Cemento	método directo	1,23*	0,22	0,00	,6486	1,8260
	plancha triplay	0,9*	0,22	0,00	,3120	1,4894
	mortero azufre	-0,51	0,22	0,107	-1,1034	,0740
Mortero de Azufre	método directo	1,75*	0,22	0,0	1,1633	2,3407
	plancha triplay	1,41*	0,22	0,002	,8266	2,0040
	mortero cemento	0,51	0,22	0,107	-,0740	1,1034

Los resultados de la tabla 4.5 se puede detallar más claramente en la figura donde se demuestra la similitud o la diferencia entre los resultados de resistencia la compresión de acuerdo a los sistemas de refrentado por tanto se determina que el sistema con pulido y el refrentado no adherido tienen resultado parecidos, de igual manera con los resultados el refrentado con mortero de azufre y la pasta de cemento.

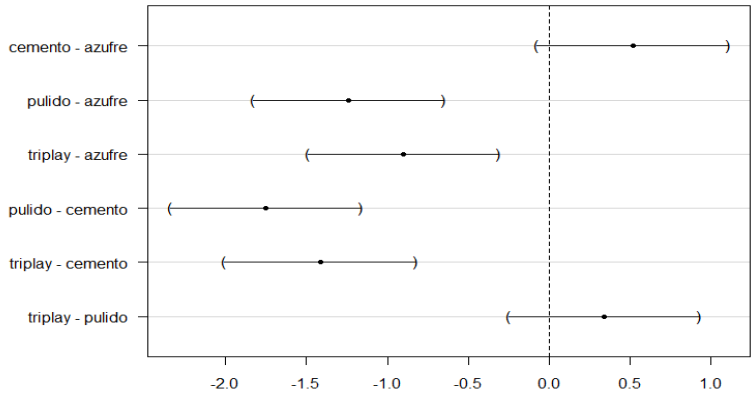


Figura 4.25 Intervalo de confianza de cada uno de los sistemas de refrentado

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Se validó el diseño de la pasta de cemento como refrentado para bloques de hormigón porque se obtuvo excelentes resultados de plasticidad y manejabilidad durante la colocación de la pasta en las caras del espécimen, como también una mayor retención de agua durante el proceso de curado de la pasta y así previniendo el agrietamiento de las capas de 6 mm colocada en el bloque. Esto se logró por el motivo que al diseño de la pasta convencional de cemento y arena que establece la norma INEN 640 se le agregó la cal hidratada. La mezcla fue de fácil fabricación debido que al diseño de la pasta de cemento se le adiciono más agua para hacerla más trabajable de acuerdo a los requisitos de consistencia según la norma. NTE INEN 2502 (2009). Para que la pasta de cemento alcance una resistencia superior al del bloque y que tenga una buena trabajabilidad se recomienda emplear una relación de agua - material cementante óptima de 0.55

Se determina que daría lo mismo realizar el refrentado con la pasta de cemento diseñada y el mortero de azufre, por el motivo que tuvieron resultados parecidos en la resistencia y sus respectivos tipos de fallas, de igual manera daría lo mismo si se realiza el refrentado de método directo o pulido y el refrentado no adherido. En ningún motivo podrá haber similitud entre el refrentado con pasta de cemento y el pulido, como también en el refrentado no adherido y método pulido, debido que hay mucha variedad en la resistencia a la compresión y en los tipos de fallas.

Se determina que el sistema con refrentado con las pasta de cemento diseñada es una excelente alternativa con respecto a los demás sistemas debido que no influye negativamente en los resultados de resistencia sino más bien es óptimo

porque se obtiene una mayor resistencia a la compresión de bloque y una mejor distribución normal en sus resultados.

Se considera que el sistema sin refrentado o pulido es el menos recomendado, debido a que se obtuvo la menor resistencia a la compresión de los bloques con respecto a los demás sistemas, una de las características para dar esta interpretación es debido a las acanaladuras en las esquinas del espécimen y la dificultad para lograr con exactitud su planicidad y paralelismo que recomienda la normativa UNE-EN 772:(2011).

Se establece que el sistema para el ensayo de compresión con el refrentado no adherido fue el que tuvo la mayor variedad y desviación de sus resultados con respecto a la media de resistencia a la compresión. Esto se debe a la misma dificultad del sistema sin refrentado, porque no hubo la planicidad y paralelismo optimo en las caras del espécimen a la plancha triplay y por ende las cargas transmitidas en la máquina de compresión no fueron distribuidas uniformemente en el bloque.

En la preparación del bloque con mortero de azufre se recomienda que las caras del espécimen sean rociadas con agua antes de colocar el bloque en el molde con la mezcla. El propósito del uso del agua es que durante el contacto del mortero que se encuentra a altas temperaturas y con las caras del bloque humedecido se produzca una rápida solidificación.

La Dosificación teórica de los bloques livianos de hormigón en comparación con la dosificación de la planta hormigonera se determinó que son muy similares en sus relaciones de material cementante y del agregado. El proceso de fabricación de bloques fue adecuado debido que cumplió con las características geométricas, de acuerdo a los requisitos de ancho nominal y de espesor minino.

Se recomienda que para la fabricación de bloques livianos de hormigón se deberá tomar en cuenta el proceso de trituración de la piedra pómez para obtener una granulometría optima, porque en la planta hormigonera no cumplió con este requisito, debido que produjo exceso de árido fino afectando las características físicas y la absorción requerida para especímenes de baja densidad.

6. BIBLIOGRAFÍA

- ACI 211.3R-02. Guide for Selecting Proportions for No-Slump Concrete.

- AENOR. Asociación Española de Normalización y certificación (2011). En Norma Española. UNE-EN 772-3:2011.Bloques Huecos de Hormigón.

- AENOR. Asociación Española de Normalización y certificación (2011). En Norma Española. UNE-EN 772-3:2011.Método de ensayo de piezas para fabricación de albañilería: Resistencia a Compresión.

- ASTM Standard C 331, 2004, **"**Standard Specification for Lightweight Aggregates for Concrete Masonry Units," ASTM International, West Conshohocken, PA, 2004, DOI C 331-04, www.astm.org.

- ASTM Standard C 140, 2003, **"**Standard Test Methods for Sampling and Testing Concrete Masonry Units and Related Units," ASTM International, West Conshohocken, PA, 2011, DOI C 140-03, www.astm.org.

- ASTM Standard C 90, 2003, **"**Standard Specification for Loadbearing Concrete Masonry Units," ASTM International, West Conshohocken, PA, 2003, DOI C 90-03, www.astm.org.

- ASTM Standard C 936, 2001, **"**Standard Specification for Solid Concrete Interlocking Paving Units," ASTM International, West Conshohocken, PA, 2001, DOI C 936-01, www.astm.org.

- ASTM Standard C 1314, 2003, “Standard Test Method for Compressive Strength of Masonry Prisms,” ASTM International, West Conshohocken, PA, 2001, DOI C 1314-03, www.astm.org.

- Comité Ejecutivo de la Norma Ecuatoriana de la Construcción. Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC 2011).Mampostería.

- Comité Ejecutivo de la Norma Ecuatoriana de la Construcción. Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC 2011).Vivienda.

- ICONTEC. Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación. En Norma Colombiana. NTC- 4024:2001. Muestreo y ensayo de prefabricados de concreto no reforzados, vibrocompactados.

- ICONTEC. Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación. En Norma Colombiana. NTC- 4024:1997. Unidades (bloques y ladrillos) de concreto, para mampostería estructural

- INEN. Instituto Ecuatoriano de Normalización. Bloques huecos de hormigón. Determinación de la Resistencia a la compresión. (No. de publicación NTE 640:1993). Quito, Ecuador.

- INEN. Instituto Ecuatoriano de Normalización. Bloques huecos de hormigón. Requisitos. (No. de publicación NTE 643:2012). Quito, Ecuador.

- INEN. Instituto Ecuatoriano de Normalización. Bloques huecos de hormigón. Muestreo y Ensayo. (No. de publicación NTE 639:2012). Quito, Ecuador.

- INEN. Instituto Ecuatoriano de Normalización. Áridos para hormigón. (No. de publicación (NTE 872:2011). Quito, Ecuador.

- INEN. Instituto Ecuatoriano de Normalización. Determinación de la masa unitaria (peso volumétrico) y el porcentaje de vacíos. (No. de publicación (NTE 858:2010). Quito, Ecuador.

- INEN. Instituto Ecuatoriano de Normalización. Determinación de las impurezas orgánicas en el árido fino para hormigón. (No. de publicación (NTE 855:2010). Quito, Ecuador.

- INEN. Instituto Ecuatoriano de Normalización. Morteros para unidad de mampostería. Requisitos. (No. de publicación (NTE 2518 :2010). Quito, Ecuador.

- INEN. Instituto Ecuatoriano de Normalización. Áridos. análisis granulométrico en los áridos finos y grueso. (No. de publicación (NTE 696:2011). Quito, Ecuador.

- INEN. Instituto Ecuatoriano de Normalización. Áridos. Determinación del material más fino que pasa el tamiz con abertura de 75 um (No. 200), mediante lavado. (No. de publicación (NTE 697:2010). Quito, Ecuador.

- INEN. Instituto Ecuatoriano de Normalización. Áridos para hormigón. determinación de contenido de terrones de arcilla y partículas desmenuzables. (No. de publicación (NTE 698:2011). Quito, Ecuador.

- ONNCCE. Organismo Nacional de Normalización y Certificación de la Construcción y Edificación México. En Norma Mexicana. NMX C-036:2004. Bloque, Tabique o ladrillo y adoquin. Resistencia a la compresión.

- ONNCCE. Organismo Nacional de Normalización y Certificación de la Construcción y Edificación México. En Norma Mexicana. NMX C-441:2005. Concreto hidráulico para uso No Estructural.

- Douglas, C. y George, C. (2004), Probabilidad y Estadística aplicada a la Ingeniería (1a ed.) México: Mcgraw Hill Interamericana.

- Freund, J. y Gary, A. (1992), Estadística Elemental (8va ed.) México: Person Prentice Hall.

- Valarezo, M. (2009). Técnico en Ensayos de Agregados Nivel 1 – Programa de Certificación ACI. Loja, Ecuador. ISBN: 978-9942-00-495- 6. Editorial de la Universidad Técnica Particular de Loja.

7. ANEXOS:

ANEXO 1 : TABLA DE DISTRIBUCIÓN F PARA EL ANÁLISIS ANOVA

TABLA DE DISTRIBUCIÓN F PARA EL ANÁLISIS ANOVA

Tabla V Puntos porcentuales de la distribución F (*continuación*)

$f_{0.05,\,\nu_1,\,\nu_2}$

ν_2 \ ν_1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	12	15	20	24	30	40	60	120	∞
1	161.4	199.5	215.7	224.6	230.2	234.0	236.8	238.9	240.5	241.9	243.9	245.9	248.0	249.1	250.1	251.1	252.2	253.3	254.3
2	18.51	19.00	19.16	19.25	19.30	19.33	19.35	19.37	19.38	19.40	19.41	19.43	19.45	19.45	19.46	19.47	19.48	19.49	19.50
3	10.13	9.55	9.28	9.12	9.01	8.94	8.89	8.85	8.81	8.79	8.74	8.70	8.66	8.64	8.62	8.59	8.57	8.55	8.53
4	7.71	6.94	6.59	6.39	6.26	6.16	6.09	6.04	6.00	5.96	5.91	5.86	5.80	5.77	5.75	5.72	5.69	5.66	5.63
5	6.61	5.79	5.41	5.19	5.05	4.95	4.88	4.82	4.77	4.74	4.68	4.62	4.56	4.53	4.50	4.46	4.43	4.40	4.36
6	5.99	5.14	4.76	4.53	4.39	4.28	4.21	4.15	4.10	4.06	4.00	3.94	3.87	3.84	3.81	3.77	3.74	3.70	3.67
7	5.59	4.74	4.35	4.12	3.97	3.87	3.79	3.73	3.68	3.64	3.57	3.51	3.44	3.41	3.38	3.34	3.30	3.27	3.23
8	5.32	4.46	4.07	3.84	3.69	3.58	3.50	3.44	3.39	3.35	3.28	3.22	3.15	3.12	3.08	3.04	3.01	2.97	2.93
9	5.12	4.26	3.86	3.63	3.48	3.37	3.29	3.23	3.18	3.14	3.07	3.01	2.94	2.90	2.86	2.83	2.79	2.75	2.71
10	4.96	4.10	3.71	3.48	3.33	3.22	3.14	3.07	3.02	2.98	2.91	2.85	2.77	2.74	2.70	2.66	2.62	2.58	2.54
11	4.84	3.98	3.59	3.36	3.20	3.09	3.01	2.95	2.90	2.85	2.79	2.72	2.65	2.61	2.57	2.53	2.49	2.45	2.40
12	4.75	3.89	3.49	3.26	3.11	3.00	2.91	2.85	2.80	2.75	2.69	2.62	2.54	2.51	2.47	2.43	2.38	2.34	2.30
13	4.67	3.81	3.41	3.18	3.03	2.92	2.83	2.77	2.71	2.67	2.60	2.53	2.46	2.42	2.38	2.34	2.30	2.25	2.21
14	4.60	3.74	3.34	3.11	2.96	2.85	2.76	2.70	2.65	2.60	2.53	2.46	2.39	2.35	2.31	2.27	2.22	2.18	2.13
15	4.54	3.68	3.29	3.06	2.90	2.79	2.71	2.64	2.59	2.54	2.48	2.40	2.33	2.29	2.25	2.20	2.16	2.11	2.07
16	4.49	3.63	3.24	3.01	2.85	2.74	2.66	2.59	2.54	2.49	2.42	2.35	2.28	2.24	2.19	2.15	2.11	2.06	2.01
17	4.45	3.59	3.20	2.96	2.81	2.70	2.61	2.55	2.49	2.45	2.38	2.31	2.23	2.19	2.15	2.10	2.06	2.01	1.96
18	4.41	3.55	3.16	2.93	2.77	2.66	2.58	2.51	2.46	2.41	2.34	2.27	2.19	2.15	2.11	2.06	2.02	1.97	1.92
19	4.38	3.52	3.13	2.90	2.74	2.63	2.54	2.48	2.42	2.38	2.31	2.23	2.16	2.11	2.07	2.03	1.98	1.93	1.88
20	4.35	3.49	3.10	2.87	2.71	2.60	2.51	2.45	2.39	2.35	2.28	2.20	2.12	2.08	2.04	1.99	1.95	1.90	1.84
21	4.32	3.47	3.07	2.84	2.68	2.57	2.49	2.42	2.37	2.32	2.25	2.18	2.10	2.05	2.01	1.96	1.92	1.87	1.81
22	4.30	3.44	3.05	2.82	2.66	2.55	2.46	2.40	2.34	2.30	2.23	2.15	2.07	2.03	1.98	1.94	1.89	1.84	1.78
23	4.28	3.42	3.03	2.80	2.64	2.53	2.44	2.37	2.32	2.27	2.20	2.13	2.05	2.01	1.96	1.91	1.86	1.81	1.76
24	4.26	3.40	3.01	2.78	2.62	2.51	2.42	2.36	2.30	2.25	2.18	2.11	2.03	1.98	1.94	1.89	1.84	1.79	1.73
25	4.24	3.39	2.99	2.76	2.60	2.49	2.40	2.34	2.28	2.24	2.16	2.09	2.01	1.96	1.92	1.87	1.82	1.77	1.71
26	4.23	3.37	2.98	2.74	2.59	2.47	2.39	2.32	2.27	2.22	2.15	2.07	1.99	1.95	1.90	1.85	1.80	1.75	1.69
27	4.21	3.35	2.96	2.73	2.57	2.46	2.37	2.31	2.25	2.20	2.13	2.06	1.97	1.93	1.88	1.84	1.79	1.73	1.67
28	4.20	3.34	2.95	2.71	2.56	2.45	2.36	2.29	2.24	2.19	2.12	2.04	1.96	1.91	1.87	1.82	1.77	1.71	1.65
29	4.18	3.33	2.93	2.70	2.55	2.43	2.35	2.28	2.22	2.18	2.10	2.03	1.94	1.90	1.85	1.81	1.75	1.70	1.64
30	4.17	3.32	2.92	2.69	2.53	2.42	2.33	2.27	2.21	2.16	2.09	2.01	1.93	1.89	1.84	1.79	1.74	1.68	1.62
40	4.08	3.23	2.84	2.61	2.45	2.34	2.25	2.18	2.12	2.08	2.00	1.92	1.84	1.79	1.74	1.69	1.64	1.58	1.51
60	4.00	3.15	2.76	2.53	2.37	2.25	2.17	2.10	2.04	1.99	1.92	1.84	1.75	1.70	1.65	1.59	1.53	1.47	1.39
120	3.92	3.07	2.68	2.45	2.29	2.17	2.09	2.02	1.96	1.91	1.83	1.75	1.66	1.61	1.55	1.55	1.43	1.35	1.25
∞	3.84	3.00	2.60	2.37	2.21	2.10	2.01	1.94	1.88	1.83	1.75	1.67	1.57	1.52	1.46	1.39	1.32	1.22	1.00

Grados de libertad del denominador (ν_2)

Grados de libertad del numerador (ν_1)

Fuente: Douglas et al.; 2004

ANEXO 2: ENSAYO DE COMPRESIÓN DEL MORTERO DE AZUFRE

UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA
UNIDAD DE INGENIERÍA CIVIL, GEOLOGÍA Y MINAS

LABORATORIO DE RESISTENCIA DE MATERIALES

PROYECTO DE FIN DE CARRERA
"VALIDACIÓN DEL REFRENTADO CON PASTA DE CEMENTO EN EL ENSAYO DE COMPRESIÓN DE BLOQUES DE HORMIGÓN"

"DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE CUBOS DE 50 mm DE ARISTA

MUESTRA	**ENSAYO**
Tipo : MORTERO DE AZUFRE	**Norma:** NTE INE 488 (2009).
	Laboratorista: Jimmy Hualpa

		MEDICIONES (mm)			Edad	Resistencia a la
CUBO	Fuerza(KN)	Alto	Ancho	Largo	(horas)	compresión (Mpa)
1	108,5	50	50	50	2	43,4
2	106,2	50	50	50	2	42,48
3	116,2	50	50	50	2	46,48
					Promedio:	44,12

Observaciones: El ensayo se realizó en las instalaciones del laboratorio de la U.C.G. de la Universidad Técnica Particular de Loja.

ANEXO 3: DOSIFICACIÓN DE LA PASTA DE CEMENTO Y SU ENSAYO DE COMPRESIÓN

DOSIFICACIÓN DE LA PASTA DE CEMENTO PARA EL REFRENTADO DE BLOQUES DE HORMIGÓN

Se tomó con referencia la siguiente tabla:

Mortero	Tipo	Dosificaciones por volumen (materiales cementantes)								Relación de árido (medidos en condición húmeda, suelta
		Cemento Porfland o cemento compuesto	Cemento para mortero			Cemento para mampostería			Cal hidratada o masilla de cal	
			M	S	N	M	S	N		
Cemento y Cal	M	1	…	…	…	…	…	…	0.50	No menos que 2.25 y no más que 3 veces la suma de los volúmenes separados de materiales ceméntantes
	S	1	…	…	…	…	…	…	0.25 a 0.5	
	N	1	…	…	…	…	…	…	0.5 a 1.25	
	O	1	…	…	……	…	…	…	1.25 a 2.25	
	O	1	…	…	……	…	…	…	1.25 a 2.25	

Fuente: NTE INEN 2518.

Se redujo la relación el árido de 2.25 a 1.25 veces la suma de los volúmenes separados de materiales cementantes y se obtuvo lo siguiente:

Material	Proporción en volumen
Cemento Portalnd	1
Cal	0.5
Arena	(1 + 0.5) x 1.25 = 1.88

La masa de los materiales utilizados en el mortero son calculados de la siguiente manera:

- **Factor de amasada = 1440 / (1280 x Proporción volumen total de arena)**
  Factor de amasada = 1 440 / (1280 x 1.88) = 0,6

- **Masa del cemento Portland = (Proporción volumen cemento portland) x (Masa unitaria suelta cemento) x (Factor de amasada)**
  Masa del cemento Portland = 1 x 1505 x 0.6 = 903 gr.

- **Masa de la cal = (Proporción volumen cal hidratada) x (Masa unitaria suelta cal) x (Factor de amasada)**
  Masa de la cal = 0.5 x 700 x 0,6 = 210 gr.

- **Masa de arena = (Proporción volumen arena) x (Masa unitaria suelta Arena) x (Factor de amasada)**
- Masa de arena = 1.875 x 1392 x 0,6 = 1566 gr.

Se obtiene lo siguiente:

Material	Cantidad
Cemento Portland	903 gr.
Cal	210 gr.
Arena	1566 gr.
Agua*	605 cm^3

***El contenido de Agua se determina por medio del ensayo de Flujo

UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA
UNIDAD DE INGENIERÍA CIVIL, GEOLOGÍA Y MINAS

LABORATORIO DE RESISTENCIA DE MATERIALES

PROYECTO DE FIN DE CARRERA
"VALIDACIÓN DEL REFRENTADO CON PASTA DE CEMENTO EN EL ENSAYO DE COMPRESIÓN DE BLOQUES DE HORMIGÓN"

"DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE CUBOS DE 50 mm DE ARISTA

MUESTRA	**ENSAYO**
Tipo : Pasta de cemento	**Norma:** NTE INE 488 (2009).
	Laboratorista: Jimmy Hualpa

		MEDICIONES (mm)			Edad	Resistencia a la
CUBO	Fuerza (KN)	Alto	Ancho	Largo	(días)	Compresión (Mpa)
1	25,8	50	50	50	2	10,32
2	24,5	50	50	50	2	9,80
3	28,4	50	50	50	2	11,36
					Promedio:	10,49
1	37,1	50	50	50	7	14,84
2	36,1	50	50	50	7	14,44
3	39,1	50	50	50	7	15,64
					Promedio:	14,97
1	42,3	50	50	50	15	16,92
2	44,3	50	50	50	15	17,72
3	47,1	50	50	50	15	18,84
					Promedio:	17,83
1	48,8	50	50	50	21	19,52
2	55,2	50	50	50	21	22,08
3	61,7	50	50	50	21	24,68
					Promedio:	22,09
1	72,3	50	50	50	28	28,92
2	64,5	50	50	50	28	25,8
3	66,8	50	50	50	28	26,72
					Promedio:	27,14

Observaciones: El ensayo se realizó en las instalaciones del laboratorio de la U.C.G. de la Universidad Técnica Particular de Loja.

ANEXO 4: ENSAYOS DE PIEDRA PÓMEZ Y ARENA

UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA
UNIDAD DE INGENIERÍA CIVIL, GEOLOGÍA Y MINAS

LABORATORIO DE RESISTENCIA DE MATERIALES

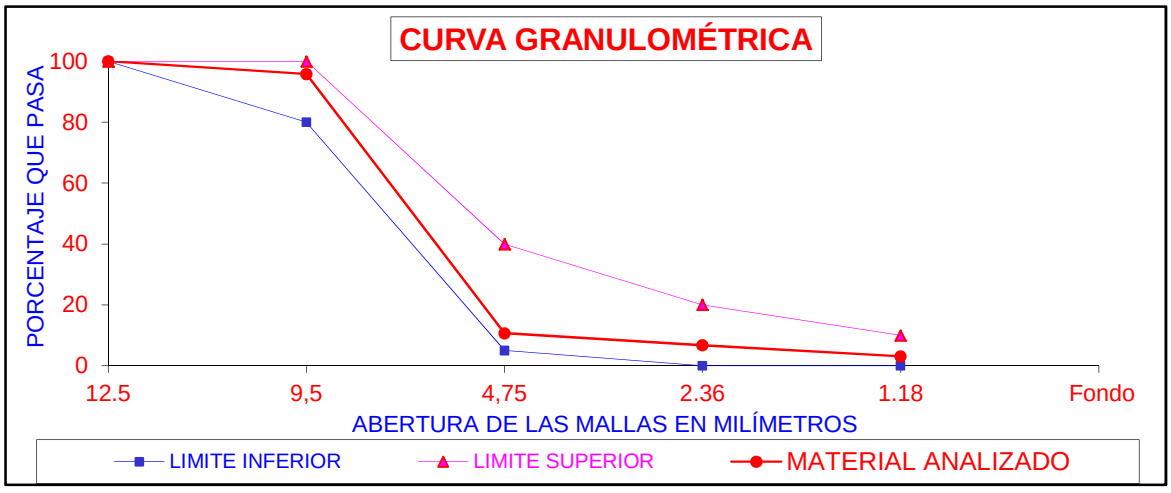
PROYECTO DE FIN DE CARRERA
"VALIDACIÓN DEL REFRENTADO CON PASTA DE CEMENTO EN EL ENSAYO DE COMPRESIÓN DE BLOQUES DE HORMIGÓN"

MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DEL ÁRIDO GRUESO

MUESTRA		ENSAYO	
Tipo de árido:	Piedra Pómez	**Norma:**	**ASTM C136**
Procedencia	Cantera Kumochi, ubicada en el sector de Las Viñas en la ciudad de Latacunga	**Laboratorista:**	Jimmy Hualpa

Tamiz mm	RETENIDO			PASA %	REQUISITO % PASA	
	PESO (gr)	%	Acumulado		Lim. Inf.	Lim. Sup.
12.5	0.00	0.00	**0.00**	100.00	100	100
9,5	8.30	4.17	**4.17**	95.83	80	100
4,75	169.74	85.19	**89.36**	10.64	5	40
2.36	7.83	3.93	**93.29**	6.71	0	20
1.18	7.27	3.65	**96.94**	3.06	0	10
Fondo	6.10	3.06	**100.00**	0.00		
Total	**199.24**	**100.00**				

Masa Muestra de Ensayo:	200.00	**Módulo de finura: Mf=**	2.86



Observaciones: Las muestras de árido fino y grueso se secaron de la Cantera Kumochi, ubicada en el sector de Las Viñas en la ciudad de Latacunga y el ensayo se realizó en las instalaciones del laboratorio de la U.C.G. de la Universidad Técnica Particular de Loja.

UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA
UNIDAD DE INGENIERÍA CIVIL, GEOLOGÍA Y MINAS

LABORATORIO DE RESISTENCIA DE MATERIALES

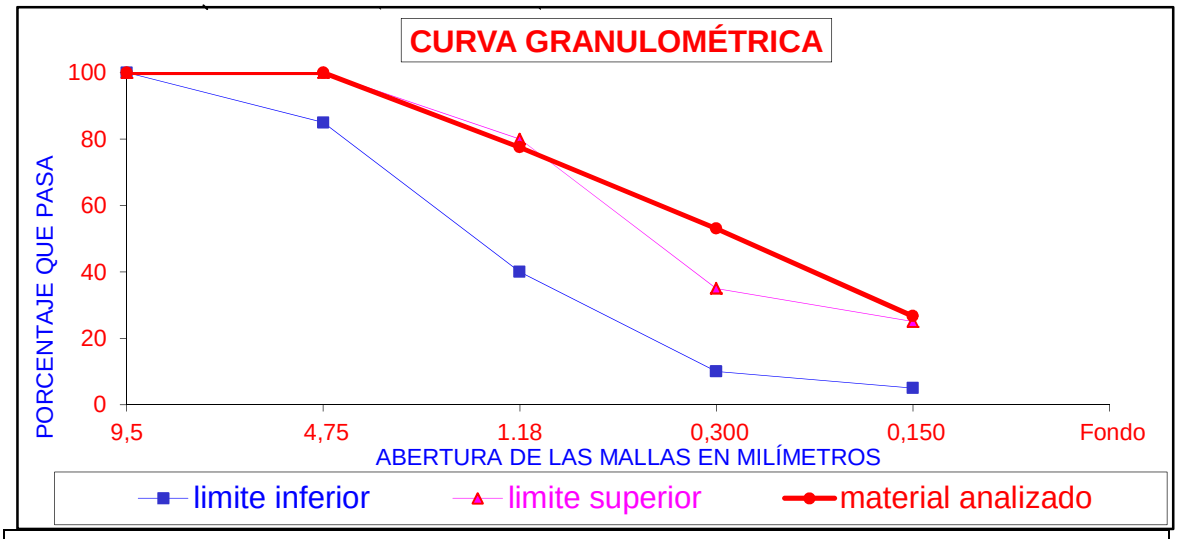
PROYECTO DE FIN DE CARRERA
"VALIDACIÓN DEL REFRENTADO CON PASTA DE CEMENTO EN EL ENSAYO DE COMPRESIÓN DE BLOQUES DE HORMIGÓN"

MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DEL ÁRIDO FINO

MUESTRA		ENSAYO	
Tipo de árido:	Piedra Pómez	**Norma:**	**ASTM C136**
Procedencia	Cantera Kumochi, ubicada en el sector de Las Viñas en la ciudad de Latacunga	**Laboratorista:**	Jimmy Hualpa

Tamiz mm	RETENIDO			PASA %	REQUISITO % PASA	
	PESO (gr)	%	Acumulado		Lim. Inf.	Lim. Sup.
9,5	0.00	0.00	0.00	100.00	100	100
4,75	0.00	0.00	0.00	100.00	85	100
1.18	44.53	22.47	22.47	77.53	40	80
0,300	48.58	24.51	46.98	53.02	10	35
0,150	52.25	26.37	73.35	26.65	5	25
Fondo	52.81	26.65	100.00	0.00		
Total	198.17	100.00				

Masa Muestra de Ensayo:	200.00 gramos	**Módulo de finura: Mf =**	1.43



Observaciones: Las muestras de árido fino y grueso se secaron de la Cantera Kumochi, ubicada en el sector de Las Viñas en la ciudad de Latacunga y el ensayo se realizó en las instalaciones del laboratorio de la U.C.G. de la Universidad Técnica Particular de Loja

UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA
UNIDAD DE INGENIERÍA CIVIL, GEOLOGÍA Y MINAS

LABORATORIO DE RESISTENCIA DE MATERIALES

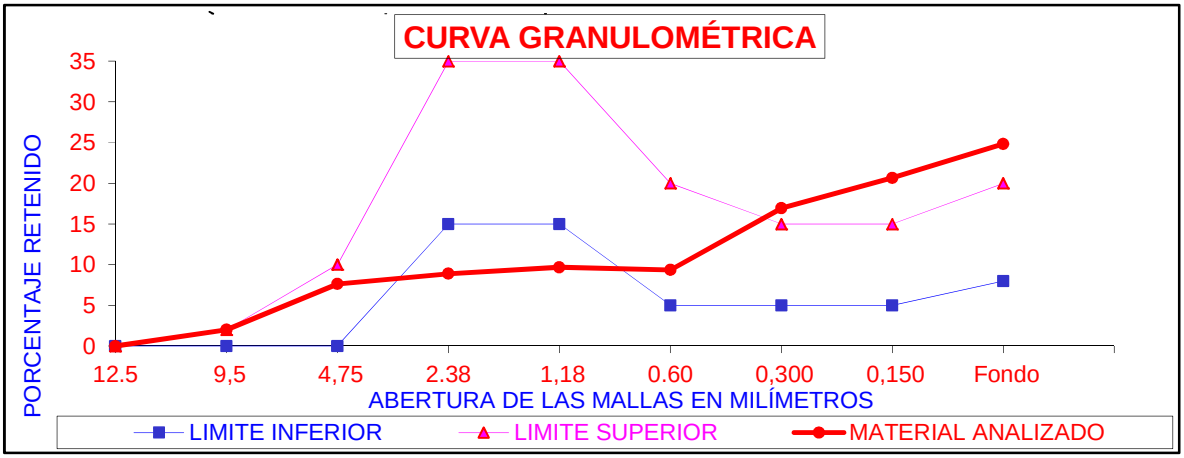
PROYECTO DE FIN DE CARRERA
"VALIDACIÓN DEL REFRENTADO CON PASTA DE CEMENTO EN EL ENSAYO DE COMPRESIÓN DE BLOQUES DE HORMIGÓN"

MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DEL ÁRIDO FINO Y GRUESO

MUESTRA		**ENSAYO**
Tipo de árido:	Piedra Pómez	**Norma:** **ASTM C136**
Procedencia	Cantera Kumochi, ubicada en el sector de Las Viñas en la ciudad de Latacunga	**Laboratorista:** Jimmy Hualpa

Tamiz mm	**RETENIDO**			**PASA %**	**REQUISITO % retenido**	
	PESO (gr)	**%**	**Acumulado**		**Lim. Inf.**	**Lim. Sup.**
12.5		0			**0**	**0**
9,5	3.97	2.00	2.00	98.00	0	2
4,75	15.13	7.64	9.64	90.36	0	10
2.38	17.62	8.89	18.53	81.47	15	35
1,18	19.18	9.68	28.21	71.79	15	35
0.60	18.52	9.35	37.56	62.44	5	20
0,300	33.55	16.93	54.49	45.51	5	15
0,150	40.94	20.66	75.16	24.84	5	15
Fondo	49.22	24.84	100.00	0.00	8.00	20.00
Total	198.13	100.00				

Masa Muestra de Ensayo:	200.00 gramos	**Módulo de finura: Mf =**	2.28



Observaciones: Las muestras de árido fino y grueso se secaron de la Cantera Kumochi, ubicada en el sector de Las Viñas en la ciudad de Latacunga y el ensayo se realizó en las instalaciones del laboratorio de la U.C.G. de la Universidad Técnica Particular de Loja

UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA
UNIDAD DE INGENIERÍA CIVIL, GEOLOGÍA Y MINAS

LABORATORIO DE RESISTENCIA DE MATERIALES

PROYECTO DE FIN DE CARRERA
"VALIDACIÓN DEL REFRENTADO CON PASTA DE CEMENTO EN EL ENSAYO DE COMPRESIÓN DE BLOQUES DE HORMIGÓN"

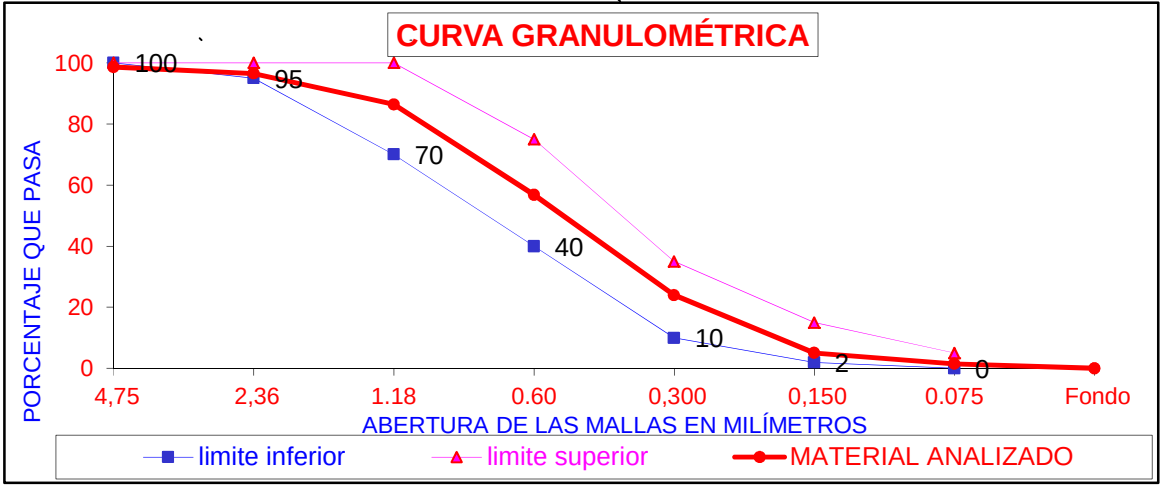
MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DEL ÁRIDO FINO

MUESTRA		**ENSAYO**
Tipo de árido:	ARENA	**Norma:** **ASTM C136**
Procedencia	Concesión Minera MALCA 3 del sector La Vega del rio Catamayo	**Laboratorista:** Jimmy Hualpa

Tamiz mm	**RETENIDO**			**PASA %**	**REQUISITO % PASA**	
	PESO (gr)	**%**	**Acumulado**		**Lim. Inf.**	**Lim. Sup.**
4,75	4.09	1.37	1.37	98.63	100	100
2,36	6.25	2.09	3.46	96.54	95	100
1.18	30.33	10.14	13.60	86.40	70	100
0.60	88.42	29.57	43.18	56.82	40	75
0,300	98.13	32.82	76.00	24.00	10	35
0,150	56.53	18.91	94.91	5.09	2	15
0.075	10.68	3.57	98.48	1.52	0	5
Fondo	4.55	1.52	100.00	0.00		
Total	A LA 98.90	100.00				

Masa Muestra Ensayo: 300.00 gramos — **Módulo de finura: Mf =** 2.33

Requisito de Gradación de la Arena para hormigón — **Módulo de Finura: 2,3 a 3,1**



Observaciones: Las muestras de árido fino y grueso se secaron Concesión Minera MALCA 3 del sector La Vega del rio Catamayo y el ensayo se realizó en las instalaciones del laboratorio de la U.C.G. de la Universidad Técnica Particular de Loja

UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA
UNIDAD DE INGENIERÍA CIVIL, GEOLOGÍA Y MINAS

LABORATORIO DE RESISTENCIA DE MATERIALES

PROYECTO DE FIN DE CARRERA
"VALIDACIÓN DEL REFRENTADO CON PASTA DE CEMENTO EN EL ENSAYO DE COMPRESIÓN DE BLOQUES DE HORMIGÓN"

MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA DETERMINAR TERRONES DE ARCILLA Y PARTÍCULAS DESMENUZABLES EN ÁRIDOS

MUESTRA		ENSAYO	
Tipo de árido:	Piedra Pómez	**Norma:**	**ASTM C142**
Procedencia	Cantera Kumochi, ubicada en el sector de Las Viñas en la ciudad de Latacunga	**Laboratorista:**	Jimmy Hualpa

REGISTRO DE DATOS Y RESULTADOS

Masa de la muestra de ensayo en gr: M	27.94
Masa de la muestra lavada en gr: R	27.75
Porcentaje de terrones de arcilla y partículas deleznables (%): $P = \frac{M - R}{M} \times 100$	0.68

Observaciones: Las muestras de árido fino y grueso se secaron de la Cantera Kumochi, ubicada en el sector de Las Viñas en la ciudad de Latacunga y el ensayo se realizó en las instalaciones del laboratorio de la U.C.G. de la Universidad Técnica Particular de Loja

UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA
UNIDAD DE INGENIERÍA CIVIL, GEOLOGÍA Y MINAS

LABORATORIO DE RESISTENCIA DE MATERIALES

PROYECTO DE FIN DE CARRERA
"VALIDACIÓN DEL REFRENTADO CON PASTA DE CEMENTO EN EL ENSAYO DE COMPRESIÓN DE BLOQUES DE HORMIGÓN"

MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA DETERMINAR TERRONES DE ARCILLA Y PARTÍCULAS DESMENUZABLES EN ÁRIDOS

MUESTRA		ENSAYO
Tipo de árido:	ARENA	**Norma:** **ASTM C142**
Procedencia	Concesión Minera MALCA 3 del sector La Vega del rio Catamayo	**Laboratorista:** Jimmy Hualpa

REGISTRO DE DATOS Y RESULTADOS

Masa de la muestra de ensayo en gr: M	284.45
Masa de la muestra lavada en gr: R	282.21
Porcentaje de terrones de arcilla y partículas deleznables (%): $P = \frac{M - R}{M} \times 100$	0.79

Observaciones: Las muestras de árido fino y grueso se secaron Concesión Minera MALCA 3 del sector La Vega del rio Catamayo y el ensayo se realizó en las instalaciones del laboratorio de la U.C.G. de la Universidad Técnica Particular de Loja

UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA
UNIDAD DE INGENIERÍA CIVIL, GEOLOGÍA Y MINAS

LABORATORIO DE RESISTENCIA DE MATERIALES

PROYECTO DE FIN DE CARRERA
"VALIDACIÓN DEL REFRENTADO CON PASTA DE CEMENTO EN EL ENSAYO DE COMPRESIÓN DE BLOQUES DE HORMIGÓN"

MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA MATERIALES MÁS FINOS QUE 75 um(N 200)

MUESTRA		ENSAYO
Tipo de árido: ARENA		**Norma: ASTM C117**
Procedencia	Concesión Minera MALCA 3 del sector La Vega del rio Catamayo	**Laboratorista:** Jimmy Hualpa

Ensayo número	1	2
Masa de la muestra de ensayo en gr: A	298.34	308.23
Masa de la muestra lavada y secada en gr: B	286.23	294.57
Porcentaje de material fino < 75 micras	4.06	4.43

'Porcentaje de Material Fino < 75 micras: $P = \frac{A}{B} \times 100$	**Material Fino < 75 micras** **Valor Promedio** **4.25%**

Observaciones: Las muestras de árido fino y grueso se secaron Concesión Minera MALCA 3 del sector La Vega del rio Catamayo y el ensayo se realizó en las instalaciones del laboratorio de la U.C.G. de la Universidad Técnica Particular de Loja

UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA
UNIDAD DE INGENIERÍA CIVIL, GEOLOGÍA Y MINAS

LABORATORIO DE RESISTENCIA DE MATERIALES

PROYECTO DE FIN DE CARRERA
"VALIDACIÓN DEL REFRENTADO CON PASTA DE CEMENTO EN EL ENSAYO DE COMPRESIÓN DE BLOQUES DE HORMIGÓN"

'Método de prueba estándar para determinación de partículas livianas

MUESTRA		ENSAYO
Tipo de árido: ARENA		**Norma: INEN 699**
IProcedencia	Concesión Minera MALCA 3 del sector La Vega del rio Catamayo	**Laboratorista:** Jimmy Hualpa

Masa seca de las partículas de flotan : A	0.37
Masa seca de la porción de muestra más gruesa que 300 um: B	172.74
Porcentaje de masa de partículas livianas: P	0.21

Porcentaje de terrones de arcilla y partículas deleznables: $P = \frac{A}{B} \times 100$	**Porcentaje 0.21%**

Observaciones: Las muestras de árido fino y grueso se secaron Concesión Minera MALCA 3 del sector La Vega del rio Catamayo y el ensayo se realizó en las instalaciones del laboratorio de la U.C.G. de la Universidad Técnica Particular de Loja

UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA
UNIDAD DE INGENIERÍA CIVIL, GEOLOGÍA Y MINAS

LABORATORIO DE RESISTENCIA DE MATERIALES

PROYECTO DE FIN DE CARRERA
"VALIDACIÓN DEL REFRENTADO CON PASTA DE CEMENTO EN EL ENSAYO DE COMPRESIÓN DE BLOQUES DE HORMIGÓN"

DETERMINACIÓN DE LA MASA UNITARIA. ARIDO FINO

MUESTRA		ENSAYO
Tipo de árido: ARENA		**Norma: INEN 858**
IProcedencia	Concesión Minera MALCA 3 del sector La Vega del rio Catamayo	**Laboratorista:** Jimmy Hualpa

DATOS DE ENSAYO			
Peso del recipiente vacío más placa de vidrio:		9440.00	gramos
Peso del recipiente más agua más placa de vidrio:		24240.00	gramos
Temperatura del agua (°C) :	20	Densidad del agua (gr/cm^3) :	0.998295714
Masa del recipiente vacío (gr) :	8300.00	Volumen del recipiente (cm^3) :	14825

ESTADO SUELTO

No. Prueba	1	2	3
Volumen del recipiente (cm^3) : V	14825	14825	
Masa del recipiente más muestra (gr) :	29830.00	28050.00	
Masa de la muestra de ensayo (gr) : m	21530.00	19750.00	
Densidad aparente: D (gr/cm^3)	1.452	1.332	

ESTADO COMPACTADO

No. Prueba	1	2	3
Volumen del recipiente (cm^3) : V	14825.27	14825.27	
Masa del recipiente más muestra (gr) :	29750.00	29945.00	
Masa de la muestra de ensayo (gr) : m	21450.00	21645.00	
Densidad aparente: D (gr/cm^3)	1.447	1.460	

Masa unitaria (densidad aparente) suelta:	1.392	gr/cm^3
Masa unitaria (d. aparente) compactada:	1.453	gr/cm^3

Observaciones: Las muestras de árido fino y grueso se secaron Concesión Minera MALCA 3 del sector LaVvega del rio Catamayo y el ensayo se realizó en las instalaciones del laboratorio de la U.C.G. de la Universidad Técnica Particular de Loja

UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA
UNIDAD DE INGENIERÍA CIVIL, GEOLOGÍA Y MINAS

LABORATORIO DE RESISTENCIA DE MATERIALES

PROYECTO DE FIN DE CARRERA
"VALIDACIÓN DEL REFRENTADO CON PASTA DE CEMENTO EN EL ENSAYO DE COMPRESIÓN DE BLOQUES DE HORMIGÓN"

DETERMINACIÓN DE LA MASA UNITARIA. ÁRIDO FINO

MUESTRA		ENSAYO
Tipo de árido: Piedra Pómez		**Norma: INEN 858**
IProcedencia	Cantera Kumochi, ubicada en el sector de Las Viñas en la ciudad de Latacunga	**Laboratorista:** Jimmy Hualpa

DATOS DE ENSAYO	
Peso del recipiente vacío más placa de vidrio:	11120.00 **gramos**
Peso del recipiente más agua más placa de vidrio:	25240.00 **gramos**
Temperatura del agua (°C) : 19.5	**Densidad del agua (gr/cm³) :** 0.998295714
Masa del recipiente vacío (gr) : 9640	**Volumen del recipiente (cm³) :**14144

ESTADO SUELTO			
No. Prueba	1	**2**	**3**
Volumen del recipiente (cm³) : V	14144	14144	
Masa del recipiente más muestra (gr) :	17590	17701	
Masa de la muestra de ensayo (gr) : m	7950	8061	
Densidad aparente: D (gr/cm³)	0.562	0.570	
ESTADO COMPACTADO			
No. Prueba	**1**	**2**	**3**
Volumen del recipiente (cm³) : V	14144	14144	
Masa del recipiente más muestra (gr) :	17995	18051	
Masa de la muestra de ensayo (gr) : m	8355	8411	
Densidad aparente: D (gr/cm³)	0.591	0.595	

Masa unitaria (densidad aparente) suelta:	0.566	**gr/cm³**
Masa unitaria (d. aparente) compactada:	0.593	**gr/cm³**

Observaciones: Las muestras de árido fino y grueso se secaron de la Cantera Kumochi, ubicada en el sector de Las Viñas en la ciudad de Latacunga y el ensayo se realizó en las instalaciones del laboratorio de la U.C.G. de la Universidad Técnica Particular de Loja

UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA
UNIDAD DE INGENIERÍA CIVIL, GEOLOGÍA Y MINAS

LABORATORIO DE RESISTENCIA DE MATERIALES

PROYECTO DE FIN DE CARRERA
"VALIDACIÓN DEL REFRENTADO CON PASTA DE CEMENTO EN EL ENSAYO DE COMPRESIÓN DE BLOQUES DE HORMIGÓN"

DETERMINACIÓN DE LA MASA UNITARIA. ARIDO GRUESO

MUESTRA		ENSAYO
Tipo de árido: Piedra pómez		**Norma: INEN 858**
IProcedencia	Cantera Kumochi, ubicada en el sector de Las Viñas en la ciudad de Latacunga	**Laboratorista:** Jimmy Hualpa

ESTADO SUELTO

No. Prueba	1	2	3
Volumen del recipiente (cm³) : V	14144	14144	
Masa del recipiente más muestra (gr) :	16435	16891	
Masa de la muestra de ensayo (gr) : m	6795	7251	
Densidad aparente: D (gr/cm³)	0.480	0.513	

ESTADO COMPACTADO

No. Prueba	1	2	3
Volumen del recipiente (cm³) : V	14144	14144	
Masa del recipiente más muestra (gr) :	17205	17431	
Masa de la muestra de ensayo (gr) : m	7565	7791	
Densidad aparente: D (gr/cm³)	0.535	0.551	

Masa unitaria (densidad aparente) suelta:	0.497	**gr/cm³**
Masa unitaria (d. aparente) compactada:	0.543	**gr/cm³**

Observaciones: Las muestras de árido fino y grueso se secaron de la Cantera Kumochi, ubicada en el sector de Las Viñas en la ciudad de Latacunga y el ensayo se realizó en las instalaciones del laboratorio de la U.C.G. de la Universidad Técnica Particular de Loja

UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA
UNIDAD DE INGENIERÍA CIVIL, GEOLOGÍA Y MINAS

LABORATORIO DE RESISTENCIA DE MATERIALES

PROYECTO DE FIN DE CARRERA
"VALIDACIÓN DEL REFRENTADO CON PASTA DE CEMENTO EN EL ENSAYO DE COMPRESIÓN DE BLOQUES DE HORMIGÓN"

DETERMINACIÓN DE LA MASA UNITARIA. ÁRIDO FINO Y GRUESO

MUESTRA		ENSAYO
Tipo de árido: Piedra pómez		**Norma: INEN 858**
IProcedencia	Cantera Kumochi, ubicada en el sector de Las Viñas en la ciudad de Latacunga	**Laboratorista:** Jimmy Hualpa

DATOS DE ENSAYO			
Peso del recipiente vacío más placa de vidrio:		11120.00	**gramos**
Peso del recipiente más agua más placa de vidrio:		25240.00	**gramos**
Temperatura del agua (°C) :	19.5	**Densidad del agua (gr/cm^3) :**	0.99829571
Masa del recipiente vacío (gr) :	9640	**Volumen del recipiente (cm^3) :**	14144

ESTADO SUELTO

No. Prueba	1	2	3
Volumen del recipiente (cm^3) : V	14144	14144	
Masa del recipiente más muestra (gr) :	17290	17240	
Masa de la muestra de ensayo (gr) : m	7650	7600	
Densidad aparente: D (gr/cm^3)	0.541	0.537	

ESTADO COMPACTADO

No. Prueba	1	2	3
Volumen del recipiente (cm^3) : V	14144	14144	
Masa del recipiente más muestra (gr) :	17880	17780	
Masa de la muestra de ensayo (gr) : m	8240	8140	
Densidad aparente: D (gr/cm^3)	0.583	0.576	

Masa unitaria (densidad aparente) suelta:	0.539	**gr/cm^3**
Masa unitaria (d. aparente) compactada:	0.579	**gr/cm^3**

Observaciones: Las muestras de árido fino y grueso se secaron de la Cantera Kumochi, ubicada en el sector de Las Viñas en la ciudad de Latacunga y el ensayo se realizó en las instalaciones del laboratorio de la U.C.G. de la Universidad Técnica Particular de Loja

UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA
UNIDAD DE INGENIERÍA CIVIL, GEOLOGÍA Y MINAS

LABORATORIO DE RESISTENCIA DE MATERIALES

PROYECTO DE FIN DE CARRERA
"VALIDACIÓN DEL REFRENTADO CON PASTA DE CEMENTO EN EL ENSAYO DE COMPRESIÓN DE BLOQUES DE HORMIGÓN"

'DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD Y ABSORCIÓN DE AGUA

MUESTRA	ENSAYO
Tipo de árido: ARENA	**Norma: INEN 856**
IProcedencia Concesión Minera MALCA 3 del sector La Vega del rio Catamayo	**Laboratorista:** Jimmy Hualpa

DATOS DE ENSAYO

No. Prueba	**1**	**2**	**3**
Masa de la muestra de ensayo (sss) (gr).	503.44	506.44	
Masa del matraz más agua (gr) : B	1221.24	1226.55	
Masa del matraz más agua más muestra (gr) : C	1504.74	1514.27	
Masa de la muestra seca al horno (gr). A	492.41	498.43	
Densidad real (estado sss): Dsss (gr/cm³)	2.289	2.315	
Densidad seca (estado seco): Ds (gr/cm³)	2.239	2.279	
Densidad aparente: D (gr/cm³)	2.357	2.365	
Porcentaje de absorción: Pa en %	2.24	1.61	

Dsss =	2.31 gr/cm³	Densidad real	Dsss = 500 / (B+500-C)
Ds =	2.26 gr/cm³	Densidad seca	Ds = A / (B+500-C)
D =	2.36 gr/cm³	Densidad aparente	D = A / (B+A-C)
Pa =	1.9 %	Porcentaje de absorción	Pa = 100 x (500-A) / A

Observaciones: Las muestras de árido fino y grueso se secaron Concesión Minera MALCA 3 del sector La vega del rio Catamayo y el ensayo se realizó en las instalaciones del laboratorio de la U.C.G. de la Universidad Técnica Particular de Loja

ANEXO 5: ENSAYOS DE BLOQUES LIVIANOS DE HORMIGÓN

PROYECTO DE FIN DE CARRERA
"VALIDACIÓN DEL REFRENTADO CON PASTA DE CEMENTO EN EL ENSAYO DE COMPRESIÓN DE BLOQUES DE HORMIGÓN"

'DETERMINACIÓN DE ABSORCIÓN, CONTENIDO DE HUMEDAD Y DENSIDAD DE LOS BLOQUES

MUESTRA	ENSAYO
	Norma: INEN 856
Tipo de árido: Bloque liviano de hormigón	**Laboratorista:** Jimmy Hualpa

DATOS DE ENSAYO

No. Prueba (Bloques)	**1**	**2**	**3**	**PROMEDIO**
Dimensiones: Largo(cm)	40.1	40.1	40.1	40.1
Ancho(cm)	10.2	10.2	10.1	10.1
Alto(cm)	20.1	20.1	20.1	20.1
Saturado(Kg)	6.75	6.66	6.43	6.61
Sumergido(Kg)	3.3	3.25	3.03	3.19
Seco Horno(Kg)	5.04	4.86	4.6	4.83
Como se recibe(Kg)	6.35	6.26	6.05	6.22

Absorción:	520.58	Kg/m3
Absorción:	36.92	%
CH:	77.87	%
Densidad:	1413.01	Kg/m3
Volumen:	3420000	mm2
Área neta:	16989.9	mm2

Observaciones: El ensayo se realizó en las instalaciones del laboratorio de la U.C.G. de la Universidad Técnica Particular de Loja

UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA
UNIDAD DE INGENIERÍA CIVIL, GEOLOGÍA Y MINAS

LABORATORIO DE RESISTENCIA DE MATERIALES

PROYECTO DE FIN DE CARRERA
"VALIDACIÓN DEL REFRENTADO CON PASTA DE CEMENTO EN EL ENSAYO DE COMPRESIÓN DE BLOQUES DE HORMIGÓN"

"RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE BLOQUES LIVIANOS DE HORMIGÓN"
A LA MISMA EDAD DE ENSAYO

SISTEMA DE ENSAYO	**ENSAYO**
MÉTODO DIRECTO : PULIDO	**Norma:** ASTM C140

Bloque	Fuerza (KN)	Peso (kg)	Densidad	MEDICIONES (cm)			Edad (días)	Tipo Rotura	Resistencia Compresión(Mpa)		Resistencia Compresión(Kg/cm2)	
				Alto	Ancho	Largo			Área bruta	Área Neta	Área bruta	Área Neta
1	39,2	5,32	649,0	20,1	10,2	40,1	28	7A	1,48	2,15	15,10	21,97
2	48,7	5,68	700,9	19,9	10,1	40,2	28	6A	1,60	2,43	16,30	24,82
3	38,7	5,3	632,1	20,2	10,4	40,0	28	6A	1,47	2,14	14,95	21,82
4	46,7	5,88	710,3	20,1	10,3	40,1	28	7A	1,57	2,37	15,98	24,22
5	45,4	5,42	665,0	19,9	10,2	40,3	28	7B	1,55	2,34	15,85	23,83
6	43,2	5,66	693,2	20,1	10,1	40,1	28	7A	1,53	2,27	15,62	23,17
7	41,5	5,7	692,6	19,9	10,3	40,3	28	7A	1,50	2,22	15,32	22,66
8	53,2	5,76	682,8	20,2	10,4	40,3	28	6A	1,64	2,57	16,70	26,17
9	40,1	5,48	669,7	20,1	10,2	40,0	28	7B	1,49	2,18	15,22	22,24
10	53,2	6,12	755,2	19,9	10,1	40,2	28	7A	1,65	2,57	16,86	26,17
11	47,5	5,56	671,7	20,1	10,3	40,1	28	7B	1,58	2,40	16,08	24,46
12	50,7	6,48	777,0	20,2	10,3	40,2	28	7A	1,61	2,49	16,46	25,42
13	43,7	6,5	785,1	20,3	10,2	40,1	28	7B	1,54	2,29	15,66	23,32
14	48,1	6,56	799,5	20,2	10,1	40,1	28	6A	1,59	2,42	16,24	24,64
15	43,2	6,5	794,3	20,1	10,2	40,0	28	7B	1,53	2,27	15,61	23,17

UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA
UNIDAD DE INGENIERÍA CIVIL, GEOLOGÍA Y MINAS

LABORATORIO DE RESISTENCIA DE MATERIALES

PROYECTO DE FIN DE CARRERA
"VALIDACIÓN DEL REFRENTADO CON PASTA DE CEMENTO EN EL ENSAYO DE COMPRESIÓN DE BLOQUES DE HORMIGÓN"

"RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE BLOQUES LIVIANOS DE HORMIGÓN"
A LA MISMA EDAD DE ENSAYO

SISTEMA DE ENSAYO	**ENSAYO**
REFRENTADO NO ADHERIDO: CON PLANCHAS TRYPLAY	**Norma:** ASTM C140

#	Fuerza (KN)	Peso (kg)	Densidad	MEDICIONES (cm)			Edad (días)	Tipo Rotura	Resistencia Compresión(Mpa)		Resistencia Compresión(Kg/cm2)	
				Alto	Ancho	Largo			Área bruta	Área Neta	Área bruta	Área Neta
1	41,7	5,6	685,7	20,3	10,0	40,2	28	7B	1,52	2,23	15,49	22,72
2	50,5	5,62	690,7	20,1	10,1	39,9	28	7A	1,62	2,49	16,57	25,36
3	48,7	6,46	776,5	20,0	10,3	40,3	28	7A	1,59	2,43	16,17	24,82
4	46,7	6,22	750,1	20,2	10,2	40,1	28	7B	1,57	2,37	16,00	24,22
5	43,1	5,78	682,5	20,3	10,4	40,2	28	7A	1,52	2,27	15,48	23,14
6	52,1	5,9	721,0	20,1	10,1	40,1	28	6A	1,64	2,53	16,74	25,84
7	52,3	6,54	773,3	20,3	10,3	40,3	28	7A	1,63	2,54	16,61	25,90
8	44,8	5,52	665,6	20,2	10,2	40,1	28	7B	1,55	2,32	15,77	23,65
9	41,8	5,32	640,2	20,4	10,1	40,3	28	7A	1,51	2,23	15,43	22,75
10	47,8	5,8	687,8	20,3	10,4	40,0	28	7A	1,58	2,41	16,08	24,55
11	51,8	5,44	653,4	20,2	10,3	39,9	28	6A	1,63	2,52	16,61	25,75
12	54	5,9	725,7	20,0	10,1	40,1	28	6A	1,66	2,59	16,97	26,41
13	58,3	6,06	722,1	20,4	10,2	40,3	28	7A	1,71	2,72	17,42	27,70
14	51,3	6,26	746,8	20,2	10,3	40,2	28	7A	1,62	2,51	16,51	25,60
15	40,1	5,32	639,6	20,1	10,3	40,0	28	7B	1,49	2,18	15,15	22,24

UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA
UNIDAD DE INGENIERÍA CIVIL, GEOLOGÍA Y MINAS

LABORATORIO DE RESISTENCIA DE MATERIALES

PROYECTO DE FIN DE CARRERA
"VALIDACIÓN DEL REFRENTADO CON PASTA DE CEMENTO EN EL ENSAYO DE COMPRESIÓN DE BLOQUES DE HORMIGÓN"

"RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE BLOQUES LIVIANOS DE HORMIGÓN"
A LA MISMA EDAD DE ENSAYO

SISTEMA DE ENSAYO	**ENSAYO**
REFRENTADO CON MORTERO DE AZUFRE	**Norma:** ASTM C140

#	Fuerza (KN)	Peso (kg)	Densidad	MEDICIONES (cm)			Edad (dias)	Tipo Rotura	Resistencia Compresión(Mpa)		Resistencia Compresión(Kg/cm2)	
				Alto	Ancho	Largo			Área bruta	Área Neta	Área bruta	Área Neta
1	49,1	5,81	691,0	20,3	10,3	40,3	28	7B	1,59	2,45	16,25	24,94
2	50,3	5,12	628,9	20,1	10,1	40,1	28	7A	1,62	2,48	16,53	25,30
3	58,5	5,7	695,6	20,0	10,2	40,2	28	7A	1,71	2,72	17,48	27,76
4	57,3	6,18	764,9	20,2	10,0	40,0	28	7A	1,72	2,69	17,51	27,40
5	50,4	5,96	728,5	20,2	10,1	40,1	28	7B	1,62	2,48	16,55	25,33
6	59,3	5,94	718,4	20,3	10,1	40,3	28	7A	1,73	2,75	17,62	28,00
7	57,3	5,28	653,9	20,1	10,0	40,2	28	7B	1,71	2,69	17,47	27,40
8	46,2	6,5	786,7	20,2	10,2	40,1	28	7A	1,56	2,36	15,96	24,07
9	60,7	6,08	734,0	20,0	10,3	40,3	28	7A	1,73	2,79	17,67	28,42
10	54,8	6,1	748,0	20,1	10,1	40,2	28	7A	1,68	2,61	17,09	26,65
11	63,4	5,9	712,4	20,3	10,2	40,0	28	7B	1,78	2,87	18,13	29,23
12	51,2	5,22	643,9	20,1	10,0	40,3	28	7B	1,63	2,51	16,67	25,57
13	54,5	5,74	690,1	20,3	10,2	40,2	28	7B	1,67	2,60	16,98	26,56
14	60,3	5,72	691,0	20,1	10,3	40,1	28	7A	1,73	2,77	17,67	28,30
15	53,3	6,2	767,3	20,0	10,1	40,0	28	7B	1,66	2,57	16,93	26,20

UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA
UNIDAD DE INGENIERÍA CIVIL, GEOLOGÍA Y MINAS

LABORATORIO DE RESISTENCIA DE MATERIALES

PROYECTO DE FIN DE CARRERA
"VALIDACIÓN DEL REFRENTADO CON PASTA DE CEMENTO EN EL ENSAYO DE COMPRESIÓN DE BLOQUES DE HORMIGÓN"

"RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE BLOQUES LIVIANOS DE HORMIGÓN"
A LA MISMA EDAD DE ENSAYO

SISTEMA DE ENSAYO	**ENSAYO**
REFRENTADO CON PASTA DE CEMENTO	**Norma:** ASTM C140

#	Fuerza (KN)	Peso (kg)	Densidad	MEDICIONES (cm)			Edad	Tipo Rotura	Resistencia Compresión(Mpa)		Resistencia Compresión(Kg/cm2)	
				Alto	Ancho	Largo	(días)		Área bruta	Área Neta	Área bruta	Área Neta
1	51,7	5,46	657,3	20,2	10,2	40,2	28	7B	1,63	2,52	16,61	25,72
2	57,8	6,32	774,2	20,2	10,1	40,1	28	7B	1,72	2,70	17,51	27,55
3	61,4	5,92	730,7	20,1	10,1	40,0	28	7A	1,76	2,81	17,97	28,63
4	56,2	5,64	677,9	20,2	10,2	40,2	28	7B	1,68	2,65	17,17	27,07
5	59,3	6,26	764,6	20,3	10,0	40,3	28	7A	1,74	2,75	17,70	28,00
6	54,6	5,9	710,2	20,2	10,2	40,2	28	7A	1,66	2,61	16,97	26,59
7	68,8	6,36	774,6	20,0	10,2	40,1	28	7A	1,84	3,03	18,76	30,86
8	57,9	5,44	675,4	20,1	10,0	40,1	28	7A	1,72	2,70	17,57	27,58
9	65,3	5,88	726,3	20,0	10,1	40,2	28	7A	1,81	2,92	18,43	29,81
10	58,8	5,02	609,3	20,1	10,2	40,1	28	7B	1,72	2,73	17,52	27,85
11	62,7	6,1	729,1	20,2	10,3	40,3	28	7A	1,76	2,85	17,92	29,02
12	51,7	5,82	717,6	20,1	10,1	40,1	28	7A	1,64	2,52	16,73	25,72
13	59,4	5,76	692,9	20,3	10,2	40,0	28	7A	1,73	2,75	17,60	28,03
14	63,4	6,1	735,1	20,1	10,3	40,2	28	7B	1,77	2,87	18,03	29,23
15	61	6,03	729,7	20,0	10,2	40,3	28	7B	1,74	2,80	17,74	28,51

UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA
UNIDAD DE INGENIERÍA CIVIL, GEOLOGÍA Y MINAS

LABORATORIO DE RESISTENCIA DE MATERIALES

PROYECTO DE FIN DE CARRERA
"VALIDACIÓN DEL REFRENTADO CON PASTA DE CEMENTO EN EL ENSAYO DE COMPRESIÓN DE BLOQUES DE HORMIGÓN"

"RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE BLOQUES LIVIANOS DE HORMIGÓN"
A DISTINTAS EDADES DE ENSAYO

SISTEMA DE ENSAYO	ENSAYO
MÉTODO DIRECTO : PULIDO	**Norma:** ASTM C140

DATOS DE ENSAYO

#	Fuerza (KN)	Peso (kg)	MEDICIONES (cm)			Edad (días)	Tipo Rotura	Resistencia Compresión (Mpa)		Resistencia Compresión (Kg/cm2)	
			Alto	Ancho	Largo			Área bruta	Área Neta	Área bruta	Área Neta
1	43,9	5,74	20,1	10,2	40,2	7	6A	1,54	2,29	15,66	23,38
2	41,2	6,08	20,4	10,2	40,3	7	7B	1,50	2,21	15,29	22,57
3	43,2	5,66	20,0	10,0	40,0	7	6A	1,54	2,27	15,69	23,17
4	39,5	6,42	20,0	10,0	40,0	7	7A	1,49	2,16	15,22	22,06
5	41,8	5,9	20,2	10,2	40,0	7	7B	1,51	2,23	15,44	22,75
6	39,3	6,38	20,4	10,1	40,1	7	7A	1,48	2,16	15,13	22,00
7	41,3	5,88	20,0	10,4	40,3	7	7A	1,49	2,22	15,24	22,60
8	38,2	6,64	20,1	10,3	40,1	7	7B	1,46	2,12	14,92	21,67
9	42,7	5,7	20,4	10,1	40,0	7	7A	1,53	2,26	15,57	23,02
10	38,7	6,66	20,4	10,3	40,4	7	7A	1,46	2,14	14,93	21,82
11	41,3	6,11	20,4	10,3	40,1	7	7A	1,50	2,22	15,30	22,60
12	41,8	6,04	20,3	10,2	40,2	7	7B	1,51	2,23	15,38	22,75
13	38,5	6,48	20,4	10,2	40,2	7	6A	1,47	2,13	14,98	21,76
14	39,8	6,38	20,4	10,3	41,1	7	7B	1,47	2,17	15,01	22,15
15	42,9	5,98	20,3	10,4	40,3	7	6A	1,51	2,26	15,44	23,08
16	45,5	6,34	20,8	10,2	40,3	14	7A	1,56	2,34	15,86	23,86
17	43,3	6,46	20,5	10,2	40,3	14	6A	1,53	2,27	15,57	23,20

UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA
UNIDAD DE INGENIERÍA CIVIL, GEOLOGÍA Y MINAS

LABORATORIO DE RESISTENCIA DE MATERIALES

DATOS DE ENSAYO											
			MEDICIONES (cm)					Resistencia Compresión (Mpa)		Resistencia Compresión (Kg/cm2)	
#	Fuerza (KN)	Peso (kg)	Alto	Ancho	Largo	Edad (días)	Tipo Rotura	Área bruta	Área Neta	Área bruta	Área Neta
18	43,8	6,44	20,3	10,2	40,3	14	7B	1,53	2,29	15,62	23,35
19	44,6	6,22	20,2	10,3	40,2	14	7A	1,54	2,31	15,71	23,59
20	47,3	5,92	20,2	10,2	40,1	14	6A	1,58	2,39	16,08	24,40
21	42,9	6,62	20,6	10,2	40,1	14	6A	1,53	2,26	15,56	23,08
22	46,7	5,91	20,3	10,3	40,2	14	7A	1,56	2,37	15,95	24,22
23	48,6	5,86	20,4	10,2	40,3	14	7B	1,59	2,43	16,21	24,79
24	44,6	6,16	20,0	10,3	40,1	14	7A	1,54	2,31	15,69	23,59
25	46,3	6,28	20,1	10,2	40,0	14	7B	1,57	2,36	15,99	24,10
26	43,7	6,68	20,2	10,2	40,1	14	7A	1,53	2,29	15,64	23,32
27	47,2	6,18	19,9	10,1	40,1	14	7B	1,58	2,39	16,14	24,37
28	45,3	6,46	20,0	10,4	40,2	14	7A	1,54	2,33	15,75	23,80
29	47,2	6,06	20,1	10,4	40,4	14	7B	1,56	2,39	15,91	24,37
30	46,3	6,13	20,3	10,4	40,4	14	7A	1,55	2,36	15,81	24,10

UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA
UNIDAD DE INGENIERÍA CIVIL, GEOLOGÍA Y MINAS

LABORATORIO DE RESISTENCIA DE MATERIALES

PROYECTO DE FIN DE CARRERA
"VALIDACIÓN DEL REFRENTADO CON PASTA DE CEMENTO EN EL ENSAYO DE COMPRESIÓN DE BLOQUES DE HORMIGÓN"

"RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE BLOQUES LIVIANOS DE HORMIGÓN"
A DISTINTAS EDADES DE ENSAYO

SISTEMA DE ENSAYO	**ENSAYO**
REFRENTADO NO ADHERIDO: CON PLANCHAS TRYPLAY	**Norma:** ASTM C140

#	Fuerza (KN)	Peso (kg)	MEDICIONES (cm)			Edad (días)	Tipo Rotura	Resistencia Compresión (Mpa)		Resistencia Compresión (Kg/cm2)	
			Alto	Ancho	Largo			Área bruta	Área Neta	Área bruta	Área Neta
1	44,7	6,3	20,1	10,3	40,4	28	7A	1,54	2,32	15,69	23,62
2	41,1	6,58	20,1	10,2	40,1	28	7B	1,50	2,21	15,31	22,54
3	42,2	6,4	20,2	10,2	40,4	28	7B	1,51	2,24	15,43	22,87
4	43,1	6,48	20,2	10,2	40,3	28	7A	1,52	2,27	15,55	23,14
5	43,1	6,44	20,6	10,2	40,0	28	7B	1,53	2,27	15,58	23,14
6	43,8	6,54	20,4	10,3	40,2	28	6A	1,53	2,29	15,60	23,35
7	45,7	6,16	20,3	10,2	40,5	28	6A	1,55	2,35	15,83	23,92
8	43,3	6,46	20,3	10,2	40,4	28	6A	1,52	2,27	15,54	23,20
9	40,2	6,66	20,4	10,3	40,5	28	7A	1,48	2,18	15,10	22,27
10	43,5	6,1	20,2	10,3	40,2	28	7B	1,52	2,28	15,55	23,26
11	45,7	6,16	20,0	10,2	40,0	28	7B	1,56	2,35	15,90	23,92
12	42,8	6,64	20,1	10,2	40,1	28	6A	1,52	2,26	15,52	23,05
13	43,7	6,48	20,1	10,3	40,3	28	7A	1,53	2,29	15,57	23,32
14	46,3	6,14	20,1	10,3	40,1	28	7A	1,56	2,36	15,93	24,10
15	45,4	6,1	20,1	10,3	40,2	28	7B	1,55	2,34	15,78	23,83
16	44,8	6,6	20,1	10,1	40,3	35	6A	1,55	2,32	15,80	23,65
17	47,8	6,18	20,2	10,2	40,2	35	7A	1,58	2,41	16,13	24,55

UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA
UNIDAD DE INGENIERÍA CIVIL, GEOLOGÍA Y MINAS

LABORATORIO DE RESISTENCIA DE MATERIALES

#	Fuerza (KN)	Peso (kg)	MEDICIONES (cm)			Edad (días)	Tipo Rotura	Resistencia Compresión (Mpa)		Resistencia Compresión (Kg/cm2)	
			Alto	Ancho	Largo			Área bruta	Área Neta	Área bruta	Área Neta
18	48,3	6,1	20,2	10,2	40,1	35	7B	1,59	2,42	16,22	24,70
19	49,5	6,04	20,2	10,3	40,2	35	7A	1,60	2,46	16,31	25,06
20	47,9	6,12	20,2	10,2	40,3	35	7A	1,58	2,41	16,13	24,58
21	43,4	6,76	20,4	10,3	40,1	35	7B	1,53	2,28	15,57	23,23
22	43,1	6,84	20,4	10,3	40,1	35	7B	1,52	2,27	15,52	23,14
23	45,7	6,6	20,4	10,4	40,4	35	7A	1,55	2,35	15,76	23,92
24	50,1	6,1	20,3	10,3	40,2	35	7A	1,61	2,47	16,38	25,24
25	51,4	5,98	20,2	10,3	40,3	35	7B	1,62	2,51	16,53	25,63
26	46,8	6,4	19,9	10,2	40,0	35	7B	1,57	2,38	16,04	24,25
27	45,7	6,44	20,0	10,2	40,3	35	7A	1,55	2,35	15,86	23,92
28	46,3	6,33	20,3	10,3	40,4	35	6A	1,56	2,36	15,89	24,10
29	48,7	6,26	20,1	10,3	40,5	35	7A	1,59	2,43	16,18	24,82
30	49,3	6,14	20,1	10,3	40,3	35	6A	1,60	2,45	16,27	25,00

UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA
UNIDAD DE INGENIERÍA CIVIL, GEOLOGÍA Y MINAS

LABORATORIO DE RESISTENCIA DE MATERIALES

PROYECTO DE FIN DE CARRERA
"VALIDACIÓN DEL REFRENTADO CON PASTA DE CEMENTO EN EL ENSAYO DE COMPRESIÓN DE BLOQUES DE HORMIGÓN"

"RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE BLOQUES LIVIANOS DE HORMIGÓN"
A DISTINTAS EDADES DE ENSAYO

SISTEMA DE ENSAYO	**ENSAYO**
REFRENTADO CON MORTERO DE AZUFRE	**Norma:** ASTM C140

#	Fuerza (KN)	Peso (kg)	MEDICIONES (cm)			Edad (días)	Tipo Rotura	Resistencia Compresión (Mpa)		Resistencia Compresión (Kg/cm2)	
			Alto	Ancho	Largo			Del Área bruta	Del Área Neta	Área bruta	Área Neta
1	56,1	5,75	20,2	10,2	40,0	45	7B	1,69	2,65	17,21	27,04
2	48,7	5,87	20,1	10,1	40,2	45	7A	1,60	2,43	16,32	24,82
3	58,2	6,23	20,2	10,0	40,2	45	7A	1,72	2,71	17,58	27,67
4	49,2	5,88	20,1	10,2	40,2	45	7A	1,60	2,45	16,32	24,97
5	53,2	6,94	20,2	10,1	40,0	45	7A	1,66	2,57	16,92	26,17
6	56,8	6,12	20,1	10,3	40,1	45	7A	1,69	2,67	17,21	27,25
7	57,7	5,94	20,1	10,1	40,1	45	7B	1,71	2,70	17,47	27,52
8	55,6	6,45	20,1	10,1	40,0	45	7B	1,69	2,64	17,20	26,89
9	58,5	5,92	20,1	10,2	40,2	45	7A	1,71	2,72	17,48	27,76
10	44,2	6,23	20,2	10,1	40,1	45	7B	1,55	2,30	15,77	23,47
11	50,9	6,67	20,1	10,2	40,0	45	7A	1,62	2,50	16,56	25,48
12	60,3	6,39	20,2	10,1	40,1	45	7B	1,74	2,77	17,77	28,30
13	61,8	5,86	20,2	10,2	40,3	45	7A	1,75	2,82	17,86	28,75
14	59,9	5,77	20,2	10,1	40,1	60	7A	1,74	2,76	17,74	28,18
15	57,5	6,87	20,0	10,2	40,2	60	7A	1,70	2,69	17,36	27,46
16	51,7	6,29	20,2	10,1	40,2	60	7B	1,64	2,52	16,68	25,72
17	52,5	6,45	20,2	10,1	40,1	60	7A	1,65	2,55	16,81	25,96
18	60,8	6,55	20,1	10,2	40,0	60	7B	1,75	2,79	17,80	28,45

UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA
UNIDAD DE INGENIERÍA CIVIL, GEOLOGÍA Y MINAS

LABORATORIO DE RESISTENCIA DE MATERIALES

#	Fuerza (KN)	Peso (kg)	MEDICIONES (cm)			Edad (días)	Tipo Rotura	Resistencia Compresión (Mpa)		Resistencia Compresión (Kg/cm2)	
			Alto	Ancho	Largo			Del Área bruta	Del Área Neta	Área bruta	Área Neta
19	55,8	6,12	20,2	10,1	40,1	60	7A	1,69	2,64	17,21	26,95
20	58,1	6,05	20,1	10,1	40,1	60	7A	1,72	2,71	17,51	27,64
21	54,1	6,12	20,2	10,1	40,2	60	7B	1,66	2,59	16,98	26,44
22	52,5	5,81	20,1	10,1	40,0	60	7A	1,65	2,55	16,83	25,96
23	61,3	6,66	20,2	10,1	40,1	60	7B	1,76	2,80	17,92	28,60
24	58,1	6,41	20,3	10,2	40,3	60	7B	1,71	2,71	17,42	27,64
25	60,9	5,96	20,1	10,2	40,1	60	7A	1,75	2,79	17,81	28,48
26	53,8	6,76	20,2	10,3	40,2	60	7B	1,65	2,58	16,85	26,35
27	51,2	6,76	20,2	10,3	40,2	60	7B	1,62	2,51	16,53	25,57
28	50,3	6,76	20,1	10,2	40,1	60	7A	1,61	2,48	16,47	25,30
29	55,2	6,76	20,3	10,1	40,2	60	7B	1,68	2,62	17,14	26,77
30	53,6	6,76	20,2	10,3	40,3	60	7A	1,65	2,58	16,80	26,29

UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA
UNIDAD DE INGENIERÍA CIVIL, GEOLOGÍA Y MINAS

LABORATORIO DE RESISTENCIA DE MATERIALES

PROYECTO DE FIN DE CARRERA
"VALIDACIÓN DEL REFRENTADO CON PASTA DE CEMENTO EN EL ENSAYO DE COMPRESIÓN DE BLOQUES DE HORMIGÓN"

"RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE BLOQUES LIVIANOS DE HORMIGÓN"
A DISTINTAS EDADES DE ENSAYO

SISTEMA DE ENSAYO	**ENSAYO**
REFRENTADO CON PASTA DE CMENTO	**Norma:** ASTM C140

#	Fuerza (KN)	Peso (kg)	MEDICIONES (cm)			Edad (días)	Tipo Rotura	Resistencia Compresión (Mpa)		Resistencia Compresión (Kg/cm2)	
			Alto	Ancho	Largo			Área bruta	Área Neta	Área bruta	Área Neta
1	56,8	5,73	20,1	10,1	40,1	60	7A	1,70	2,67	17,35	27,25
2	55,1	6,12	20,1	10,1	40,0	60	7B	1,68	2,62	17,14	26,74
3	50,2	5,89	20,2	10,1	40,2	60	7B	1,62	2,48	16,51	25,27
4	66,2	6,45	20,1	10,2	40,1	60	7A	1,81	2,95	18,42	30,08
5	57,7	6,29	20,2	10,1	40,0	60	7A	1,72	2,70	17,50	27,52
6	50,9	6,05	20,1	10,3	40,1	60	7B	1,62	2,50	16,48	25,48
7	58,3	5,91	20,1	10,2	40,3	60	7A	1,71	2,72	17,41	27,70
8	59,4	6,43	20,2	10,1	40,1	60	7B	1,73	2,75	17,66	28,03
9	60,2	6,38	20,1	10,2	40,1	60	7B	1,74	2,77	17,73	28,27
10	58,8	6,46	20,3	10,1	40,3	60	7A	1,72	2,73	17,54	27,85
11	60,9	6,11	20,0	10,2	40,1	60	7B	1,74	2,79	17,79	28,48
12	47,5	5,71	20,1	10,1	40,2	60	7A	1,58	2,40	16,15	24,46
13	58,1	5,82	20,1	10,2	40,0	60	7B	1,71	2,71	17,48	27,64
14	45,6	6,17	20,0	10,1	40,1	60	7A	1,56	2,34	15,92	23,89
15	51,5	6,62	20,2	10,1	40,3	60	7A	1,63	2,52	16,65	25,66
16	60,5	5,92	20,2	10,2	40,1	75	7B	1,74	2,78	17,73	28,36
17	51,3	6,05	20,1	10,1	40,1	75	7A	1,63	2,51	16,66	25,60
18	52,8	6,38	20,3	10,1	40,3	75	7A	1,65	2,55	16,83	26,05

UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA
UNIDAD DE INGENIERÍA CIVIL, GEOLOGÍA Y MINAS

LABORATORIO DE RESISTENCIA DE MATERIALES

#	Fuerza (KN)	Peso (kg)	MEDICIONES (cm)			Edad	Tipo Rotura	Resistencia Compresión (Mpa)		Resistencia Compresión (Kg/cm2)	
			Alto	Ancho	Largo	(días)		Área bruta	Área Neta	Área bruta	Área Neta
19	58,9	6,29	20,0	10,2	40,1	75	7A	1,72	2,73	17,55	27,88
20	66,2	5,97	20,1	10,1	40,1	75	7B	1,82	2,95	18,55	30,08
21	58,3	6,19	20,1	10,3	40,0	75	7A	1,71	2,72	17,44	27,70
22	50,9	5,74	20,2	10,1	40,1	75	7A	1,63	2,50	16,62	25,48
23	57,2	6,45	20,1	10,1	40,1	75	7A	1,71	2,68	17,40	27,37
24	56,1	5,77	20,0	10,2	40,2	75	7B	1,68	2,65	17,16	27,04
25	70,5	5,98	20,1	10,1	40,0	75	7A	1,87	3,08	19,09	31,37
26	58,8	6,01	20,3	10,1	40,1	75	7A	1,73	2,73	17,61	27,85
27	58,2	6,63	20,1	10,1	40,3	75	7B	1,71	2,71	17,47	27,67
28	61,9	5,81	20,2	10,1	40,1	75	7A	1,76	2,82	17,99	28,78
29	60,9	6,37	20,0	10,2	40,3	75	7B	1,74	2,79	17,73	28,48
30	50,6	6,28	20,1	10,1	40,1	75	7A	1,62	2,49	16,57	25,39