UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE LOS ANDES

Facultad de Ingeniería

Escuela Profesional de Ingeniería Civil

Tesis

"EVALUACIÓN DE LA RESISTENCIA, PERMEABILIDAD Y ABSORCIÓN CAPILAR DE BLOQUES DE CONCRETO ELABORADOS CON ADICIÓN DE EMULSIÓN DE PARAFINA EN LA CIUDAD DE ABANCAY- 2018"

Para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil

Presentada por:

CABRERA HUAMANÑAHUI, Brecia Margot

RAMIREZ ARONI, Cindy

Abancay-Apurímac-Perú

2019

Tesis

“EVALUACIÓN DE LA RESISTENCIA, PERMEABILIDAD Y ABSORCIÓN CAPILAR DE BLOQUES DE CONCRETO ELABORADOS CON ADICIÓN DE EMULSIÓN DE PARAFINA EN LA CIUDAD DE ABANCAY - 2018”

Línea de investigación:

Estructuras

Asesor:

Ing. Edilberto Gálvez Barrientos

DEDICATORIA

“A Dios por haberme permitido llegar a este punto de mi vida para lograr mis objetivos y a su infinita bondad y amor. A mis padres por brindarme todo su apoyo y comprensión en la ejecución de la presente tesis”.

Brecia Margot Cabrera Huamanñahui.

“A mis padres Emilio y Nora por la comprensión y el apoyo incondicional en la culminación de este trabajo de investigación, a mis hermanas por los sabios consejos y su ejemplo”.

Cindy Ramírez Aroni.

AGRADECIMIENTO

A la Universidad Tecnológica de los Andes, por brindarnos nuestra formación profesional integral, con la finalidad de contribuir al desarrollo social de nuestra región y del país.

Al Director de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil, por brindarnos todas las facilidades para la realización del presente proyecto de investigación.

A los dictaminantes: Ing. Oscar Pinedo Mendoza, Ing. Fredy Quispe Ferrel, por brindarnos sus recomendaciones y observaciones para lograr correctamente la investigación.

Al asesor de tesis, Ing. Edilberto Gálvez Barrientos, por sus consejos y sapiencia en el desarrollo del trabajo de investigación en sus diferentes etapas, para lograr la presente investigación.

Al Bach. Fray Jelsin Quispe Serrano, responsable del “Laboratorio de Ensayo de Materiales” de la Universidad Tecnológica de los Andes, por el apoyo en la elaboración de los ensayos.

ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA III
AGRADECIMIENTO IV
ÍNDICE GENERAL V
ÍNDICE DE TABLAS VIII
ÍNDICE DE FIGURAS XI
RESUMEN XIII
ABSTRACT XIV
INTRODUCCIÓN XV
CAPÍTULO I 16
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN 16
1.1. Descripción de la realidad problemática. 16
1.2. Identificación y formulación del problema. 18
1.2.1. Problema general. 18
1.2.2. Problemas específicos. 18
1.3. Objetivos de la investigación. 19
1.3.1. Objetivo general. 19
1.3.2. Objetivos específicos. 19
1.4. Justificación de la investigación. 19
1.5. Delimitación de la investigación. 20
1.6. Limitaciones de la investigación. 20
CAPÍTULO II 21
MARCO TEÓRICO 21
2.1. Antecedentes de la investigación. 21
2.1.1. A nivel internacional. 21
2.1.2. A nivel nacional. 22
2.1.3. A nivel local. 22
2.2. Bases teóricas. 23
2.2.1. Humedad en viviendas. 23
2.2.1.1. Fuentes de humedad en viviendas. 23
2.2.1.2. Daños causados por la humedad de suelo 32
2.2.2. Parafina. 33
2.2.2.1. Origen de las parafinas y proceso de obtención. 34
2.2.2.2. Tipos de parafina. 34
2.2.2.3. Aplicaciones de la parafina. 36

2.2.3. Emulsión. 36
2.2.3.1. Componentes de una emulsión. 37
2.2.3.2. Agente hidrofugante. 37
2.2.3.3. La parafina como agente hidrofugante. 37
2.2.4. Unidades de albañilería. 38
2.2.5. Unidades de concreto. 38
2.2.5.1. Materia prima. 38
2.2.5.2. Fabricación. 39
2.2.5.3. Bloques de concreto. 40
2.2.6. Propiedades de las unidades de concreto. 41
2.3. Formulación de la hipótesis. 43
2.3.1. Hipótesis general. 43
2.3.2. Hipótesis específicas. 43
2.4. Operacionalización de variables. 44
2.5. Definición de términos básicos. 44
2.5.1. Bloque de concreto. 44
2.5.2. Emulsión. 44
2.5.3. Parafina. 45
2.5.4. Emulsión de parafina. 45
2.5.5. Resistencia. 45
2.5.6. Permeabilidad. 45
2.5.7. Absorción. 45
2.5.8. Capilaridad. 45
2.5.9. Humedad. 46
2.5.10. Porosidad. 46
CAPÍTULO III 47
METODOLOGÍA 47
3.1. Tipo y nivel de la investigación. 47
3.2. Diseño de la investigación. 47
3.3. Población y muestra de la investigación. 48
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos. 49
3.5. Técnicas de procesamiento y análisis de datos. 49
CAPÍTULO IV 50
PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS 50
4.1. Procesamiento de datos. 50
4.1.1. Evaluación de las empresas productoras de bloques de concreto. 50

4.1.2. Evaluación de las unidades de albañilería de las 3 empresas seleccionadas. 54
4.1.3. Fabricación de los bloques de concreto elaborados con adición de emulsión de parafina. 74
4.1.4. Evaluación de las unidades de albañilería, de bloques de concreto elaborados con adición de emulsión de parafina. 101
4.1.5. Análisis y comparación de los resultados. 117
4.2. Prueba de hipótesis. 128
4.2.1. Prueba estadística para las hipótesis especifica 1. 129
4.2.2. Prueba estadística para la hipótesis especifica 2. 131
4.2.3. Prueba estadística para la hipótesis especifica 3. 133
4.3. Discusión de resultados. 135
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 137
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS. 140
ANEXOS ....**¡Error! Marcador no definido.**

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Densidades de unidades de concreto elaboradas con diferentes agregados. 39
Tabla 2. Granulometría del confitillo. 41
Tabla 3. Granulometría de la arena gruesa. 41
Tabla 4. Resistencia a la compresión de bloques de concreto. 42
Tabla 5. Dimensiones de los bloques de concreto según norma. 42
Tabla 6. Matriz de operacionalización de variables. 44
Tabla 7. Empresas fabricadoras de bloques de concreto en la ciudad de Abancay. 51
Tabla 8. Dimensiones de los bloques de concreto para muros 55
Tabla 9. Dimensiones de los bloques de concreto. 55
Tabla 10. Variación dimensional de los bloques de concreto de las 3 empresas. 56
Tabla 11. Ensayo de alabeo de bloques de concreto de las 3 empresas. 58
Tabla 12. Resultados del ensayo de absorción de los bloques de concreto de la bloquetera 1. 60
Tabla 13. Resultados del ensayo de absorción de los bloques de concreto de la bloquetera 2. 60
Tabla 14. Resultados del ensayo de absorción de los bloques de concreto de la bloquetera 3. 61
Tabla 15. Ensayo de resistencia a la compresión de bloques de concreto de las bloqueteras B1, B2, B3. 63
Tabla 16. Ensayo de absorción capilar de bloques de concreto de la bloquetera B1. 66
Tabla 17. Ensayo de absorción capilar de bloques de concreto de la bloquetera B2. 67
Tabla 18. Ensayo de absorción capilar de bloques de concreto de la bloquetera B3. 68
Tabla 19. Ensayo de permeabilidad de bloques de concreto de la bloquetera B1....71
Tabla 20. Ensayo de permeabilidad de bloques de concreto de la bloquetera B2....72
Tabla 21. Ensayo de permeabilidad de bloques de concreto de la bloquetera B3....72
Tabla 22. Ensayo de análisis granulométrico del agregado de la Cantera Murillo (Quitasol). 79
Tabla 23. Ensayo de análisis granulométrico del agregado de la Cantera Murillo (Pachachaca)....80
Tabla 24. Ensayo de peso unitario suelto del agregado de la Cantera Murillo (Quitasol). 82
Tabla 25. Ensayo de peso unitario suelto del agregado de la Cantera Murillo (Pachachaca). 82
Tabla 26. Ensayo de peso unitario compactado del agregado de la Cantera Murillo (Quitasol). 83

Tabla 27. Ensayo de peso unitario compactado del agregado de la Cantera Murillo (Pachachaca).....84
Tabla 28. Ensayo de peso específico y absorción del agregado grueso de la Cantera Murillo (Quitasol).....85
Tabla 29. Ensayo de peso específico y absorción del agregado grueso de la Cantera Murillo (Pachachaca).....86
Tabla 30. Carga de acuerdo a la gradación. 86
Tabla 31. Gradación de las muestras de ensayo. 87
Tabla 32. Ensayo de abrasión del agregado de la Cantera Murillo 88
Tabla 33. Ensayo de abrasión del agregado de la Cantera Murillo 89
Tabla 34. Ensayo de contenido de humedad del agregado grueso de la Cantera Murillo (Quitasol).....90
Tabla 35. Ensayo de contenido de humedad del agregado grueso de la Cantera Murillo (Pachachaca).....90
Tabla 36. Ensayo de análisis granulométrico del agregado fino.....91
Tabla 37. Ensayo de peso unitario suelto del agregado fino. 93
Tabla 38. Ensayo de peso unitario compactado del agregado fino. 94
Tabla 39. Ensayo de peso específico del agregado fino. 96
Tabla 40. Ensayo de contenido de humedad del agregado fino.....97
Tabla 41. Ensayo de variación dimensional de bloques de concreto con adición de emulsión de parafina.....103
Tabla 42. Ensayo de alabeo de bloques de concreto con adición de emulsión de parafina.....104
Tabla 43. Ensayo de absorción de bloques de concreto con 1.0% de adición de emulsión de parafina.....105
Tabla 44. Ensayo de absorción de bloques de concreto con 1.5% de adición de emulsión de parafina.....106
Tabla 45. Ensayo de absorción de bloques de concreto con 2.0% de adición de emulsión de parafina.....106
Tabla 46. Ensayo de absorción de bloques de concreto con 2.5% de adición de emulsión de parafina.....106
Tabla 47. Ensayo de resistencia a la compresión de bloques de concreto con adición de emulsión de parafina a los 28 días.....108
Tabla 48. Ensayo de absorción capilar de bloques de concreto con 1% de adición de emulsión de parafina.....109
Tabla 49. Ensayo de absorción capilar de bloques de concreto con 1.5 % de adición de emulsión de parafina.....110

Tabla 50. Ensayo de absorción capilar de bloques de concreto con 2 % de adición de emulsión de parafina.....111
Tabla 51. Ensayo de absorción capilar de bloques de concreto con 2.5 % de adición de emulsión de parafina.....112
Tabla 52. Ensayo de permeabilidad de bloques de concreto con 1.0% de adición de emulsión de parafina.....114
Tabla 53. Ensayo de permeabilidad de bloques de concreto con 1.5% de adición de emulsión de parafina.....114
Tabla 54. Ensayo de permeabilidad de bloques de concreto con 2.0% de adición de emulsión de parafina.....115
Tabla 55. Ensayo de permeabilidad de bloques de concreto con 2.5% de adición de emulsión de parafina.....115
Tabla 56. Comparación de los ensayos de variación dimensional de bloques de concreto con y sin adición de emulsión de parafina.....118
Tabla 57. Comparación de los ensayos de alabeo de bloques de concreto con y sin adición de emulsión de parafina.....118
Tabla 58. Comparación de los ensayos de absorción de bloques de concreto con y sin adición de emulsión de parafina. 119
Tabla 59. Comparación de los ensayos de resistencia a la compresión de bloques de concreto con y sin adición de emulsión de parafina. 119
Tabla 60. Porcentajes de reducción del ensayo de absorción capilar de bloques de concreto con y sin adición de emulsión de parafina.....123
Tabla 61. Comparación de los ensayos de permeabilidad de bloques de concreto con y sin adición de emulsión de parafina. 125
Tabla 62. Porcentajes de reducción del ensayo de permeabilidad de bloques de concreto con y sin adición de emulsión de parafina.....126
Tabla 63. Costo de producción de bloques convencionales.....126
Tabla 64. Costo de producción de bloques de concreto con adición de 1.0% de emulsión de parafina.....127
Tabla 65. Costo de producción de bloques de concreto con adición de 1.5% de emulsión de parafina.....127
Tabla 66. Costo de producción de bloques de concreto con adición de 2.0% de emulsión de parafina.....127
Tabla 67. Costo de producción de bloques de concreto con adición de 2.5% de emulsión de parafina.....128
Tabla 68. Precio de venta de los bloques de concreto. 128

ÍNDICE DE FIGURAS

Fig. 1. Edificaciones con bloques de concreto. 16
Fig. 2. Edificaciones con bloques de concreto en la ciudad de Abancay. 17
Fig. 3. Daños causados por la humedad - ascensión capilar 18
Fig. 4. Humedad de construcción. 24
Fig. 5. Humedad de lluvia. 26
Fig. 6. Humedad accidental. 26
Fig. 7. Capilaridad. 27
Fig. 8. Humedad por capilaridad. 28
Fig. 9. Equilibrio hídrico 28
Fig. 10. Humedad por capilaridad. 29
Fig. 11. Sección de un terreno. 30
Fig. 12. Eflorescencia. 33
Fig. 13. Proceso de obtención de la parafina. 34
Fig. 14. Esquematización de ceras parafínicas. 35
Fig. 15. Representación de parafinas microcristalinas y macrocristalinas. 36
Fig. 16. Proceso de fabricación de los bloques de concreto. 40
Fig. 17. Visita a la bloquetera 1, Distribuciones Vicky. 52
Fig. 18. Visita a la bloquetera 2, Andrés Herencia Huanca. 53
Fig. 19. Visita a la bloquetera 3, René Ñahui. 53
Fig. 20. Ensayo de variación dimensional 55
Fig. 21. Ensayo de alabeo. 57
Fig. 22. Peso del bloque de concreto sumergido en agua. 59
Fig. 23. Rotura de los bloques de concreto. 62
Fig. 24. Proceso del ensayo de absorción capilar. 65
Fig. 25. Resultados del ensayo de absorción capilar de las 3 bloqueteras. 69
Fig. 26. Ensayo de permeabilidad. 71
Fig. 27. Resultados del ensayo de permeabilidad de las 3 bloqueteras. 73
Fig. 28. Visita a la Cantera Murillo Pachachaca. 74
Fig. 29. Visita a la Cantera Murillo km 4.5. 75
Fig. 30. Visita a la Cantera del señor Jorge Tapia. 76
Fig. 31. Visita a la Cantera Gamarra. 77
Fig. 32. Ensayo de análisis granulométrico 78
Fig. 33. Curva granulométrica del agregado de la Cantera Murillo (Quitasol) 79
Fig. 34. Curva granulométrica del agregado de la Cantera Murillo (Pachachaca). 80
Fig. 35. Ensayo de peso unitario suelto del agregado grueso. 81

Fig. 36. Ensayo de peso unitario compactado del 83
Fig. 37. Ensayo de peso específico del agregado grueso. 85
Fig. 38. Ensayo de abrasión del agregado grueso. 88
Fig. 39. Ensayo de análisis granulométrico del agregado fino. 91
Fig. 40. Curva granulométrica del agregado fino. 92
Fig. 41. Ensayo de peso unitario suelto. 93
Fig. 42. Compactado del agregado fino en capas. 94
Fig. 43. Peso del picnómetro con agua y muestra. 96
Fig. 44. Proceso de moldeo de los bloques de concreto. 100
Fig. 45. Proceso de fraguado de los bloques de concreto. 101
Fig. 46. Ensayo de variación dimensional de bloques de concreto con adición de emulsión de parafina. 102
Fig. 47. Ensayo de absorción capilar de bloques de concreto con adición de emulsión de parafina 113
Fig. 48. Ensayo de permeabilidad de bloques de concreto con adición de emulsión de parafina 116
Fig. 49. Apilado de murete con bloques de concreto con adición 117
Fig. 50. Revestimiento del murete 117
Fig. 51. Comparación de bloque de concreto con adición de 2.0% frente a bloque de concreto sin adición. 120
Fig. 52. Comparación de bloque de concreto con adición de 2.5% frente a bloque de concreto sin adición. 120
Fig. 53. Comparación de bloque de concreto con adición de emulsión de parafina de 1.0% y 2.5%. 121
Fig. 54. Comparación de bloque de concreto con adición de emulsión de parafina de 1.5% y 2.5%. 121
Fig. 55. Comparación de bloque de concreto con adición de emulsión de parafina de 1.0%, 1.5% y 2.5%. 121
Fig. 56. Ensayo de absorción capilar de bloque convencional con menor absorción capilar frente a bloques con adición de emulsión de parafina. 122
Fig. 57. Ensayo de absorción capilar de bloque convencional con mayor absorción capilar frente a bloques con adición de emulsión de parafina. 123
Fig. 58. Ensayo de permeabilidad de bloque convencional con menor permeabilidad frente a bloques con adición de emulsión de parafina. 124
Fig. 59. Ensayo de permeabilidad de bloque convencional con mayor permeabilidad frente a bloques con adición de emulsión de parafina. 125

RESUMEN

En el Perú, el crecimiento poblacional se ha incrementado en los últimos años, el desarrollo urbanístico ha generado la necesidad de construir viviendas, los materiales más usados con los cuales se construyen hoy en día son los bloques de concreto, estos son usados en la construcción de muros, losas aligeradas, ente otros.

En épocas de lluvia los muros de las viviendas presentan problemas de humedad, lo cual afecta a las propiedades físico - mecánicas, generando a la vez problemas de aislamiento térmico.

El desarrollo de la presente investigación tiene como objetivo estudiar las propiedades físico - mecánicas de los bloques de concreto convencionales y bloques de concreto elaborados con adición de emulsión de parafina.

Para la evaluación de los bloques de concreto convencionales se realizó un estudio de las empresas fabricantes de bloques de concreto existentes en la ciudad de Abancay, seleccionando finalmente 3 de ellas, para evaluar sus características y establecer si cumplen con los requisitos establecidos en las Normas Técnicas correspondientes, principalmente evaluar la resistencia, permeabilidad y absorción capilar de los bloques de concreto. Esta evaluación se realizó con el objetivo de identificar el comportamiento de los bloques de concreto frente a los problemas de humedad existentes en los muros.

Se fabricaron bloques de concreto adicionando emulsión de parafina, con el objetivo de dar solución a los problemas de humedad existente en los muros. Para ello se realizó un estudio del agregado utilizado en la fabricación de bloques de concreto y se estudió de manera similar las propiedades físico - mecánicas de estos bloques diseñados.

Los resultados obtenidos de los ensayos realizados tanto a bloques convencionales y bloques adicionados se compararon ente ellos, a su vez con las Normas Técnicas respectivas.

Palabras clave: Bloques de concreto, emulsión de parafina, humedad.

ABSTRACT

In Peru, population growth has increased in recent years, urban development has generated the need to build houses, the most used materials with which they are built today are concrete blocks, these are used in the construction of walls, lightweight slabs, among others.

In rainy seasons the walls of the houses present problems of humidity, which affects the physical - mechanical properties, generating at the same time problems of thermal insulation.

The objective of this research is to study the physical-mechanical properties of conventional concrete blocks and concrete blocks made with the addition of paraffin emulsion.

For the evaluation of the conventional concrete blocks a study of the existing concrete block manufacturers in the city of Abancay was carried out, selecting finally 3 of them, to evaluate their characteristics and establish if they comply with the requirements established in the corresponding Technical Norms, mainly to evaluate the resistance, permeability and capillary absorption of the concrete blocks. This evaluation was carried out with the objective of identifying the behaviour of concrete blocks in the face of existing moisture problems in the walls.

Concrete blocks were manufactured by adding paraffin emulsion, with the objective of providing a solution to the moisture problems existing in the walls. For this purpose, a study was made of the aggregate used in the manufacture of concrete blocks and the physical-mechanical properties of these designed blocks were studied in a similar way.

The results obtained from the tests carried out on both conventional blocks and added blocks were compared with the respective Technical Norms.

Key words: Concrete blocks, paraffin emulsion, moisture.

INTRODUCCIÓN

La fabricación de bloques de concreto en la ciudad de Abancay ha crecido de manera desordenada, en los últimos 5 años aparecieron nuevas empresas dedicadas a la fabricación de bloques de concreto debido a la demanda existente de esta unidad de albañilería.

Según estudios, muchas de las empresas existentes no tienen control sobre la calidad de sus bloques de concreto que producen.

La presente investigación se basó en el estudio de los bloques de concreto producidos en la ciudad de Abancay y a partir de ello se propuso la fabricación de bloques de concreto adicionados con emulsión de parafina, con la finalidad de dar solución a los problemas de humedad existente en los muros de las viviendas construidas en la ciudad que pertenece a la Región de Apurímac.

En el capítulo I, se detalla toda la problemática referente a la humedad existentes en los muros de las viviendas.

En el capítulo II, se explica toda la base teórica relacionada al proyecto de investigación.

En el capítulo III, se da a conocer toda la metodología que se utilizó en el proyecto de investigación.

En el capítulo IV, se detallan todos los ensayos de laboratorio elaborados a los bloques de concreto con y sin adición de emulsión de parafina y los resultados obtenidos.

Finalmente, en el capítulo V, se mencionan las conclusiones y recomendaciones referentes al proyecto de investigación.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. Descripción de la realidad problemática.

Los muros de todas las edificaciones, cualquiera sea la unidad de albañilería utilizada (fabricados con bloques de concreto, ladrillos, etc.), presentan problemas de humedad debido a la presencia de lluvia, a la absorción de agua del suelo, etc. Ya sea por infiltración o ascensión capilar, este problema va generando la disminución de las propiedades físico - mecánicas de las unidades de albañilería.

En la ciudad de Abancay, gran parte de las edificaciones son construidas con bloques de concreto más conocidos como bloquetas (Figura 1), estas unidades de albañilería son fabricados artesanalmente en la ciudad de Abancay con el uso de mesa vibradora, en algunos casos con el uso de prensa hidráulica o las ponedoras, esto debido a la exigente demanda que existe en la ciudad. Muchas empresas fabricantes de estas unidades de albañilería producen bloques de concreto que no cumplen con las especificaciones que exigen las Normas Técnicas, siendo esto un riesgo para la población.

Fig. 1. Edificaciones con bloques de concreto.

Estas unidades son afectadas por la humedad generada por diversos factores, haciendo que se varíen o alteren sus propiedades físico - mecánicas; en la ciudad de Abancay según los datos meteorológicos del SENAMHI, las precipitaciones pluviales con mayor ocurrencia se dan específicamente en mayor cantidad en los meses de diciembre, enero, febrero y marzo; la humedad generada por estas lluvias y otros factores como: rotura de tuberías, filtraciones, provoca daños en los muros de las edificaciones; Fernández (2008) afirma que la humedad proveniente del suelo daña en forma importante las construcciones de albañilería y de hormigón armado ya que ambos materiales, dada su contextura, absorben fluidos a través de vacíos de pequeño diámetro que quedan en el interior de los elementos constructivos. Esta característica permite el ascenso del agua a través de fundaciones, cimientos, sobre cimientos o muros que quedan en contacto directo con suelos húmedos, causando graves problemas de habitabilidad en las edificaciones. En la figura 2 y 3 se muestra las viviendas afectadas por este problema en la ciudad de Abancay.

Fig. 2. Edificaciones con bloques de concreto en la ciudad de Abancay.

Fig. 3. Daños causados por la humedad - ascensión capilar en la ciudad de Abancay.

La parafina es una cera extraída del petróleo muy utilizado en la elaboración de una gran variedad de productos como la cera, termoplásticos, cerillas, en la industria alimentaria, como adhesivos e impermeabilizante. Es por ello que, frente a todos los problemas mencionados, mediante la presente investigación se plantea la elaboración de bloques de concreto usando adiciones de emulsión de parafina, con los cuales se pretende dar solución a los problemas de humedad presente en los muros, así mismo se busca mejorar las propiedades físico - mecánicas de los bloques de concreto logrando así la durabilidad de los muros.

1.2. Identificación y formulación del problema.

1.2.1. Problema general.

¿En qué medida la adición de emulsión de parafina en la elaboración de bloques de concreto mejoró las propiedades físicas y mecánicas frente a bloques de concreto convencionales?

1.2.2. Problemas específicos.

- ¿En qué medida la adición de emulsión de parafina en la elaboración de bloques de concreto incrementó la resistencia frente a bloques de concreto convencionales?

- ¿En qué medida la adición de emulsión de parafina en la elaboración de bloques de concreto redujo la permeabilidad frente a bloques de concreto convencionales?
- ¿En qué medida la adición de emulsión de parafina en la elaboración de bloques de concreto redujo la absorción capilar frente a bloques de concreto convencionales?

1.3. Objetivos de la investigación.

1.3.1. Objetivo general.

Mejorar las propiedades físicas y mecánicas de los bloques de concreto elaborados con adición de emulsión de parafina frente a bloques de concreto convencionales.

1.3.2. Objetivos específicos.

- Incrementar la resistencia de los bloques de concreto elaborados con adición de emulsión de parafina frente a bloques de concreto convencionales.
- Reducir la permeabilidad de los bloques de concreto elaborados con adición de emulsión de parafina frente a bloques de concreto convencionales.
- Reducir la absorción capilar de los bloques de concreto elaborados con adición de emulsión de parafina frente a bloques de concreto convencionales.

1.4. Justificación de la investigación.

El presente proyecto de investigación pretende dar solución al problema de la humedad, ya sea por ascensión capilar o infiltración del agua a consecuencia de las lluvias u otras causas, sin afectar las propiedades físico - mecánicas de los bloques de concreto. Al mismo tiempo se pretende mejorar las propiedades de permeabilidad y absorción capilar, logrando de esta manera una mayor durabilidad de los muros como unidad de albañilería.

La fabricación de los bloques de concreto con adición de emulsión de parafina se realizó en las empresas dedicadas a la fabricación de bloques de concreto artesanal existentes en la ciudad de Abancay, con la finalidad de evaluar su resistencia, permeabilidad y absorción capilar frente a un bloque de concreto convencional.

Esta investigación servirá de apoyo y punto de partida a proyectos de características similares, aportando conocimientos y herramientas que puedan ser utilizados posteriormente para una investigación de mayor escala.

1.5. Delimitación de la investigación.

Espacial: El espacio geográfico en el cual se realizó la investigación es en el "Laboratorio de Ensayo de Materiales" de la Universidad Tecnológica de los Andes ubicada en la provincia de Abancay, Región Apurímac.

Temporal: Se toma como marco temporal desde la fecha en que el proyecto es revisado y aprobado, es decir, a partir del 01 de enero del 2019, hasta el mes de agosto del mismo año.

1.6. Limitaciones de la investigación.

Limitación interna.

No se cuenta con mucha información bibliográfica sobre temas referidos a la investigación, por ser un tema poco estudio.

Limitación externa.

El Laboratorio de Ensayo de Materiales de la Universidad Tecnológica de los Andes y los laboratorios existentes en la Región de Apurímac, no cuenta con los equipos necesarios que se requiere para la elaboración de los ensayos.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de la investigación.

2.1.1. A nivel internacional.

En la Universidad Nacional de Colombia (2017), elaboraron un artículo denominado: **"Bloques de concreto con emulsión de Parafina"**, en esta investigación, se produjeron y analizaron experimentalmente bloques y probetas cilíndricas por cada tipo de mezcla de concreto con y sin emulsión de parafina, para evaluar la porosidad y la resistencia a la penetración del agua, el coeficiente de absorción capilar y la velocidad de absorción capilar de las muestras. Con este análisis experimental se llegó a la conclusión de que bloques de concreto con 20 % de adición de emulsión de parafina presentan un coeficiente de absorción capilar menor que 0.007 (kg/
($s^{1/2}m^2$)), eliminado los posibles daños en los muros por la humedad del suelo o la lluvia (Echavarria & Cañola, 2017)**.**

Se realizó una investigación "**Bloques de concreto con aditivos bituminosos para sobre cimiento"**, donde se produjeron y analizaron experimentalmente bloques y probetas cilíndricas con emulsión asfáltica en frio con 10%,20%,30% y 40% de adición de emulsión asfáltica respecto al peso de cemento. Se ejecutaron ensayos de absorción capilar, de resistencia a la penetración de agua y de resistencia a la compresión y se realizó un análisis comparativo de los resultados obtenidos para determinar la proporción óptima de adición. Se encuentra que el porcentaje óptimo es de 30% ya que no disminuye excesivamente la resistencia a la compresión de los bloques y presenta valores ideales de absorción capilar y de penetración de agua (Cañola & Echevarría, 2017).

Carrasco S. (2013) realizó un estudio denominado **“Aditivo Híper plastificante en absorción de humedad por capilaridad del hormigón**”, donde se prepara mezclas de hormigón de prueba, considerando un patrón o referencia (sin aditivo), y mezclas con diferentes dosis de aditivo híper plastificante, empleándolo como efecto plastificante, cuantificando la humedad por capilaridad, problema que podría afectar la durabilidad del hormigón de fundaciones de vivienda, edificios y obras civiles. El análisis muestra que efectivamente existe una relación entre la dosis de aditivo híper plastificante y la absorción por capilaridad (Carrasco, 2013).

2.1.2. A nivel nacional.

Morales L. (2013), realizó una investigación: “**Evaluación y mejoramiento de la calidad de los bloques de concreto de tres bloqueteras de Puerto Maldonado-Madre de Dios”,** en el desarrollo de la presente investigación se analizó el comportamiento físico - mecánico de los bloques de concreto de las bloqueteras más importante de Puerto Maldonado, para ello se hizo una recopilación de información, como la identificación de la empresa, su ubicación, las características de su infraestructura, su capacidad de producción, mano de obra, insumos y las características generales de la producción de los bloques de concreto. Con el objetivo de que los bloques de concreto cumplan con las Normas Técnicas Peruanas, como son la resistencia a la compresión, dimensionamiento y absorción (Morales, 2013)**.**

2.1.3. A nivel local.

Quispe R. & Velasquez C. (2013), en su investigacion denominada **“Fabricacion de bloquetas de concreto en mesa vibro compactadora en la ciudad de Abancay"**, estudia la calidad de bloquetas ,entre ellas la resistencia a la compresión, variación dimensional y alabeo de las bloquetas de concreto. Se

estudiaron los agregados utilizados para la fabricación de estas unidades de albañileria, se ensayaron en tres empresas fabricadoras de bloquetas, de las cuales la primera empresa llega a 53.60 Kg/cm^2 de resistencia; la segunda empresa llega a 60,45 Kg/cm^2 y la tercera empresa, llega a una resistencia de 71.13 Kg/ cm^2 (Quispe & Velasquez, 2013).

2.2. Bases teóricas.

2.2.1. Humedad en viviendas.

La humedad proveniente del suelo daña en forma importante las construcciones de albañilería y de hormigón armado, ya que ambos materiales, dada su contextura, absorben fluidos a través de vacíos de pequeño diámetro que quedan en el interior de los elementos constructivos. Esta característica permite el ascenso del agua a través de fundaciones, cimientos, sobre cimientos o muros que quedan en contacto directo con suelos húmedos, causando graves problemas de habitabilidad en las edificaciones (Fernández, 2008).

2.2.1.1. Fuentes de humedad en viviendas.

Manzano García F. (2018); en su trabajo “Ejecución de fábricas a cara vista”, clasifica la problemática de la humedad en función del origen, teniendo:

- Humedad de construcción.
- Humedad de condensación.
- Humedad de lluvia.
- Humedad accidental.
- Humedad de suelo o por ascensión capilar.

a) Humedad de construcción.

Este tipo de humedad es el que se produce en toda construcción a base de agua, tal como ocurre con la albañilería como con el hormigón. Dado que hoy en día el tiempo es uno de los factores principales que rigen la construcción, no hay

tiempo para dejar secar las construcciones como debería hacerse. Los elementos construidos poseen agua (Figura 4). La forma de lograr un equilibrio y que no se produzcan problemas de humedad por esta causa es a través de la evaporación, pero, al no dar un tiempo de secado razonable a los elementos construidos, éstos retienen el agua lo que trae como consecuencia la posterior aparición de manchas en los muros, desprendimientos de pintura o papel mural, mohos, eflorescencias (Fernández, 2008).

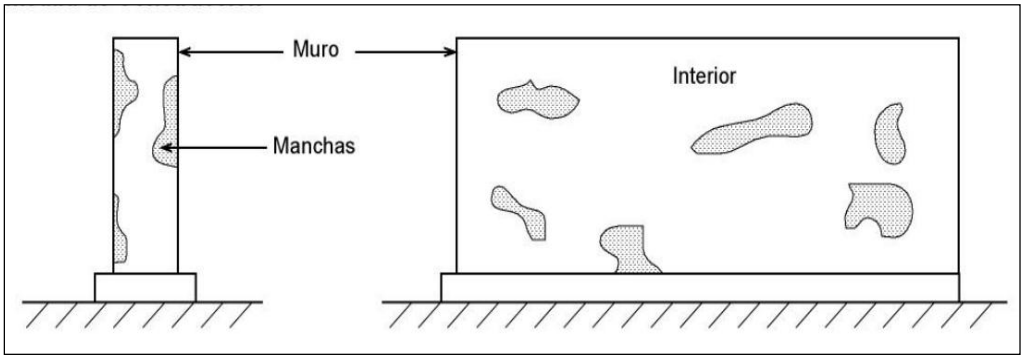


Fig. 4. Humedad de construcción.
Fuente: Humedad proveniente del suelo en edificaciones, 2008, Chile.

b) Humedad de condensación.

Este tipo de humedad se produce cuando el agua contenida en el aire en forma de vapor de agua, licúa y se acumula en los elementos más fríos de una vivienda (Fernández, 2008).

Esta humedad se produce cuando el vapor de agua existente en el interior de una construcción entra en contacto con superficies frías como, por ejemplo: el aluminio de una ventana o el cristal, o una canalización de acero, formando pequeñas gotas de agua. Este fenómeno se suele dar en invierno y favorece la creación de microorganismos que son perjudiciales para la salud, alterando la estética de la construcción (Jiménez, 2005).

c) Humedad atmosférica o por agua de lluvia.

La humedad atmosférica es la que produce el agua de lluvia al contacto con la construcción. Sin embargo, los métodos y los materiales utilizados para ejecutar

las construcciones, se diseñan para evitar la penetración del agua de lluvia. La humedad a causa de lluvia, actúa también como erosionante.

Con el paso del tiempo la lluvia creará una mancha de humedad que se comunicará con los materiales más o menos porosos que componen los muros exteriores y/o incluso de la cubierta del edificio, tratando de establecer constantemente un equilibrio higrométrico. Así, en días húmedos, durante lluvias y nevadas, la humedad de la atmosfera penetraría en los poros de las piedras, los ladrillos y los morteros, hasta saturarlos de agua. Contrariamente, en días secos y de sol, la atmosfera adsorberá la humedad contenida en los muros y producirá su evaporación.

Sin embargo, en otras ocasiones estos poros se llenan de suciedad producida por la contaminación o por elementos constructivos oxidantes, que con la ayuda del agua de lluvia favorecen la aparición de manchas en los revestimientos (Jiménez, 2005).

Cuando la lluvia impacta contra un muro, el agua penetra y se propaga en su interior, ya sea un muro de hormigón o de ladrillo, a través de los poros y las grietas del material. El agua se introduce y avanza a través del espesor del muro. Si la presión del viento y de la lluvia fuese constante podría esperarse un avance de la humedad del muro. Dado que esto no ocurre y junto a que la presión hidrostática del agua presente en el interior del muro varía de acuerdo a la altura, se tiene un frente húmedo diagonal, con un mayor espesor en la parte baja del muro, que disminuye con la altura (Fernández, 2008).

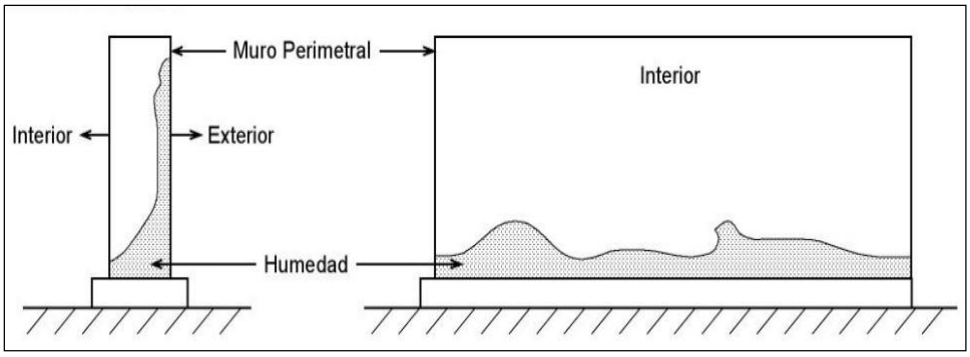


Fig. 5. Humedad de lluvia.
Fuente: Humedad proveniente del suelo en edificaciones, 2008, Chile.

En la figura 5, se muestra que la lluvia impacta por la superficie externa del muro y penetra hacia el interior de la vivienda, es esa superficie del muro la más afectada por este tipo de humedad haciendo que en el interior de la edificación sólo se aprecien algunas manchas en la parte baja del muro (Fernández, 2008).

d) Humedad accidental.

Este tipo de humedad no se produce ni por condiciones climáticas ni por fallas constructivas, sino que tal como lo indica su nombre por accidentes (Figura 6). Este problema se presenta cuando, por ejemplo, se rompe una cañería. Este es un problema de fácil solución ya que sólo hay que cambiar la cañería rota. Pero puede volverse un problema mayor si no se encuentra el lugar donde se produjo el rompimiento, lo que puede implicar que haya que romper pisos o muros en busca de la fuga. El tiempo que transcurre hasta identificar la pérdida, es el tiempo que el agua se alcanza a apozar lo que puede provocar humedad excesiva si no se cuenta con la aislación adecuada (Fernández, 2008).

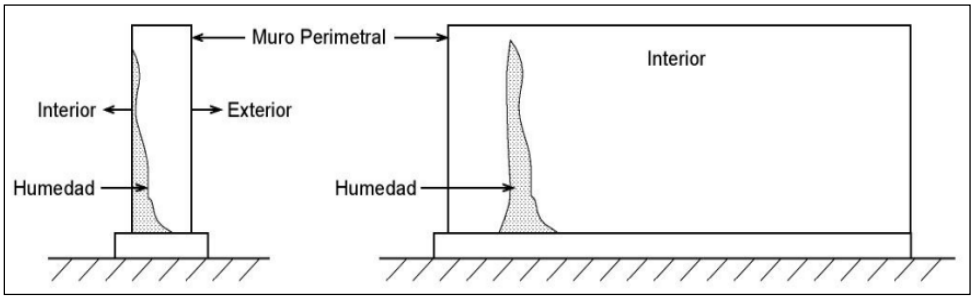


Fig. 6. Humedad accidental.
Fuente: Humedad proveniente del suelo en edificaciones, 2008, Chile.

e) Humedad de suelo o por ascensión capilar.

- Capilaridad.

Blasco Laffón *et al*. (2008) en su libro Fundamentos Físicos de la Edificación II, definen que la capilaridad es la propiedad que tienen los líquidos de ascender o descender su cota de nivel libre en el interior de tubos de pequeño diámetro, cuando estos tubos se introducen en la masa del líquido. Como ejemplo tenemos dos fluidos cuyo peso específico es muy distinto, como es el caso del agua y el mercurio. Si introducimos (Figura 7a) un tubo de pequeño diámetro (tubo capilar) en agua, se observa que el nivel del agua en el interior del tubo se eleva a una altura *h*. De manera similar si introducimos (Figura 7b) un tubo capilar en mercurio, se observa que el nivel del mercurio en el interior del tubo desciende una altura *h*.

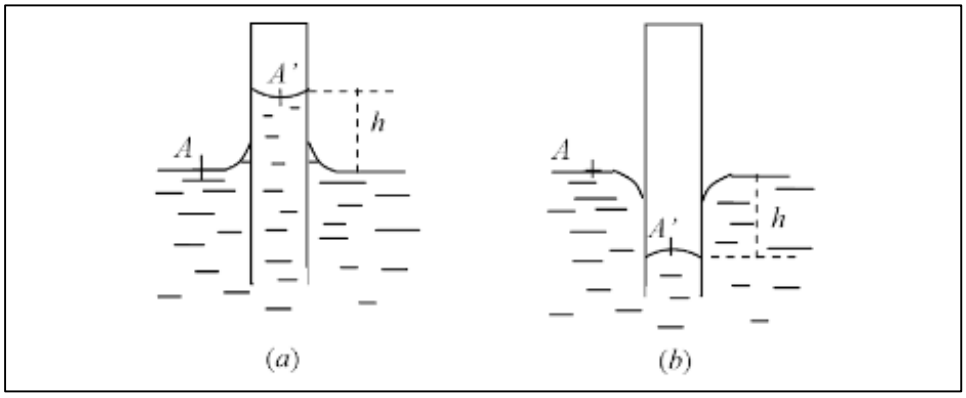


Fig. 7. Capilaridad.
Fuente: Fundamentos físicos de la edificación, 2008, Madrid (España).

- Humedad por capilaridad.

Es la humedad que aparece en las zonas bajas de las construcciones, en cimentaciones o muros, en contacto con el terreno (Figura 8).

Fig. 8. Humedad por capilaridad.
Fuente: Humedades en la construcción, 2005, España.

Esta humedad se puede dar debido a que los materiales absorben el agua del terreno a través de la cimentación o muros. Las humedades del remonte capilar pueden ser permanentes cuando el nivel freático del terreno está muy alto, o pueden ser temporales o accidentales cuando están relacionadas con las condiciones meteorológicas (suelen aparecer en invierno y secarse en verano) (Jiménez, 2005).

Fernández (2008), define a algunas características de la humedad proveniente del terreno o suelo como el equilibrio hídrico de un muro, se efectúa si en él entra por su base tanta agua como la que se evapora por sus caras (Figura 9).

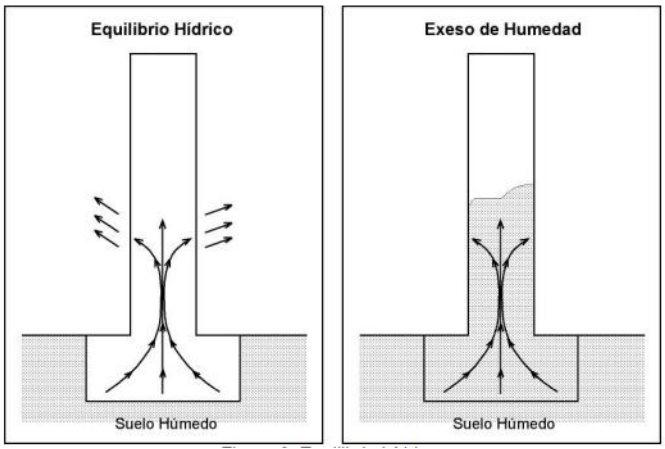


Fig. 9. Equilibrio hídrico
Fuente: Humedad proveniente del suelo en edificaciones, 2008, Chile.

Mientras menor sea el diámetro de los capilares del muro mayor será la ascensión del agua a través de él, apreciándose en algunos casos una altura de hasta 2.5 m. Estos ascensos de agua se producen en forma relativamente constante en el sentido horizontal del muro y debido a su procedencia, este tipo de humedad afecta principalmente a muros de sótanos y primeros pisos ya que es necesario que los elementos estén en contacto directo con el suelo húmedo para que se produzca el traspaso de agua.

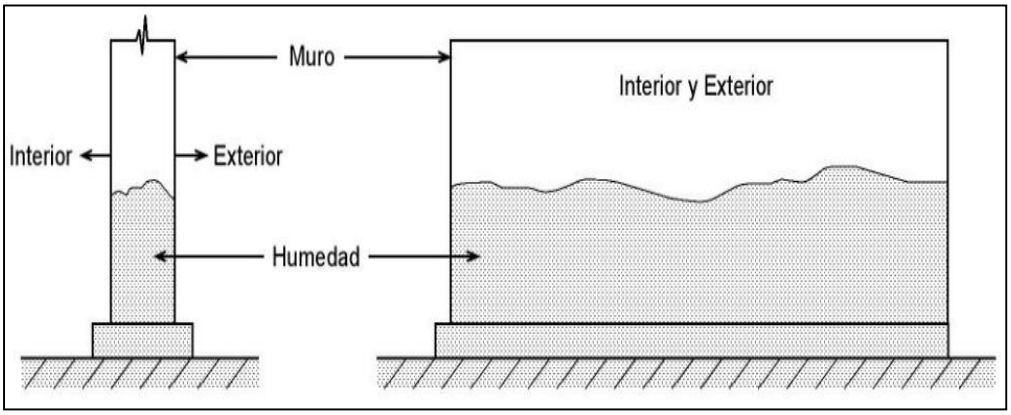


Fig. 10. Humedad por capilaridad.
Fuente: Humedad proveniente del suelo en edificaciones, 2008, Chile.

En la Figura 10 se aprecia como el muro ve afectadas sus dos caras, tanto la del interior de la vivienda como la del exterior dado que el agua proviene del suelo y asciende en forma relativamente constante a través del eje horizontal del muro. Dado que el nivel freático no varía notoriamente en pocos metros, otra característica de este tipo de humedad es que afecta por igual a viviendas vecinas siempre y cuando éstas hayan sido construidas con los mismos materiales, ya que distintos materiales poseen diámetros capilares distintos por lo que uno podría verse afectado. Tomando en cuenta las condiciones geográficas, se sabe que las construcciones orientadas hacia el Sur, son las que reciben menor cantidad de calor solar y las expuestas hacia el Norte, son las que reciben más calor proveniente del sol. Es por esto que las máximas alturas alcanzadas por la ascensión del agua se presentan en las construcciones

orientadas hacia el Sur ya que la evaporación de agua es menor que en las otras orientaciones, lo que facilita su acumulación (Jiménez, 2005).

Jiménez (2005), en su libro “Humedades en la construcción”, menciona que las principales causas de humedad por capilaridad se dan debido a:

- ***Agua del suelo.***

Los poros del suelo están llenos de aire y agua. Analizando el corte del terreno se distingue tres estados diferentes (Figura 11).

- En un caso extremo todos los poros están llenos de aire, es decir, el suelo está totalmente seco.
- En otro caso limite los poros están completamente llenos de agua, por ejemplo, en suelos situados bajo la capa freática (suelo saturado).
- En el estado intermedio los poros están ocupados en parte por el aire y en parte por el agua. Este es el caso de los suelos situados por encima de una capa freática (suelos semi saturados).

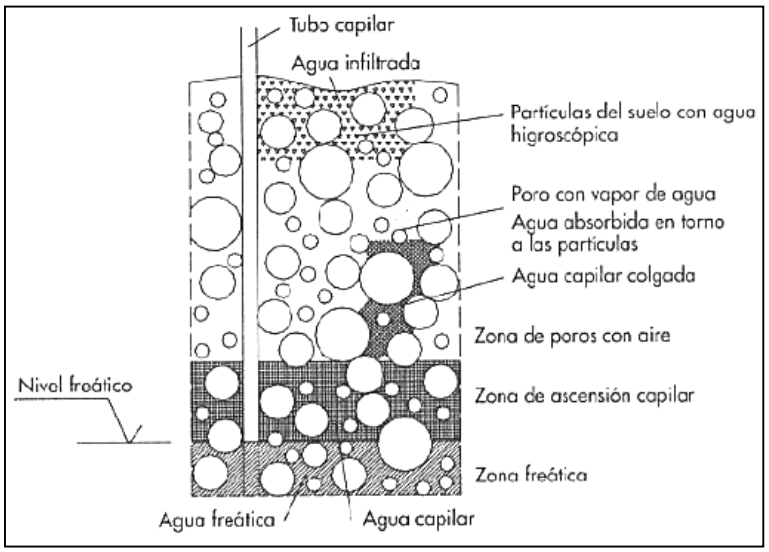


Fig. 11. Sección de un terreno.
Fuente: Humedades en la construcción, 2005, España.

- ***Agua situada por encima del nivel freático.***

Esta agua se mantiene en el suelo mediante fuerzas superficiales o capilares, por tanto, no pueden moverse libremente.

Según la forma de unión con las partículas del suelo pueden distinguirse:

Agua higroscópica.

Denominada también agua de constitución que es retenida por las fuerzas de atracción de las partículas del suelo. Rodea los granos con una disposición molecular, muy cerrada. Como consecuencia de esta envoltura acuosa existe en los suelos cohesivos no saturados una atracción mutua de las partículas de tipo superficial (cohesión).

Agua absorbida.

Es el que se mantiene en contacto con las partículas del suelo mediante fuerzas de tensión superficial. Se pueden distinguir:

- La película acuosa adsorbida que envuelve los granos del suelo formando una segunda capa.
- El agua que llena los pequeños ángulos de los poros.
- El agua absorbida presenta una cierta viscosidad y es independiente del agua libre.

- ***Agua capilar***.

Es el que tiene su origen en el agua que asciende desde la capa freática por capilaridad de los pequeños canalículos del suelo, manteniéndose suspendida por efecto de la tensión superficial.

En la zona inmediatamente por encima del nivel freático el agua capilar llena todos los poros (zona de capilaridad completa). A mayor altura solamente algunos poros están llenos de agua (agua colgada), quedando el resto ocupados por aire (zona de capilaridad abierta).

- ***Agua infiltrada.***

Representa el medio de unión entre el agua de lluvia y el agua freática, contribuyendo al mantenimiento de esta última. Por efecto de la gravedad el agua infiltrada se convierte en agua freática. En su camino contribuye a la formación

del agua absorbida y capilar de las capas atravesadas y solamente el volumen sobrante llega a alcanzar finalmente el nivel freático.

2.2.1.2. Daños causados por la humedad de suelo.

Los principales daños que produce la humedad del suelo que asciende por capilaridad, se aprecian a nivel de acabados, lo que produce elevados costos, considerando que es en este caso que se invierte la mayor cantidad de dinero en una vivienda. No obstante, los daños también se pueden apreciar tanto a nivel de elementos constructivos y estructurales, como en la variación negativa del confort que se produce al interior de una vivienda debido al exceso de humedad (Fernández, 2008).

Algunos daños causados por la humedad son las eflorescencias (Figura 12), que consisten en la aparición de manchas blancas debidas a depósitos salinos, que suelen aparecer en su superficie, cualquiera que sea su origen, en un momento determinado. El agua o humedad que circula por la red capilar del ladrillo contiene disueltas sales, fundamentalmente sulfatos, que pueden alcanzar la superficie de la unidad de albañilería y precipitarse en ella como manchas blancas más o menos extendidas. Este defecto no sólo afecta a la estética y aspecto de la superficie del edificio construido con el ladrillo eflorescente, sino que también puede afectar gravemente, en algunos casos, a la "vida útil" de la unidad, que puede llegar a desmoronarse con el tiempo (Rincón & Romero, 2001).

Fig. 12. Eflorescencia.
Fuente: Evangelista Jacinto (2016).

Las condiciones prolongadas de humedad excesiva pueden llevar a la propagación de mohos, bacteria, en materiales de construcción; también pueden ocurrir reacciones químicas en sus componentes, puede ser causa de, por ejemplo, corrosión en sujetadores estructurales, cables, fallas en adhesivos de pisos y techos, las pinturas y barnices pueden dañarse, el valor del aislante térmico puede ser reducido (US EPA, 2016).

2.2.2. Parafina.

Las parafinas son productos cerosos derivados del petróleo. El término “parafina” proviene del latín “*Parum affinis*” (que tiene poca afinidad), ya que son un material inerte y muy estable.

Las parafinas, son hidrocarburos saturados mezclados, que contienen alcanos que son obtenidos durante los procesos de refinación del petróleo, después de los procesos de refinación, son sustancias inodoras, insípidas y no toxicas; la formulación general de estos materiales es C_nH_{2n+2}, donde n varía entre 18 y 50 (Ochoa, 2016).

Las formas solidas de los alcanos son las parafinas, llamadas ceras de parafina, que provienen de las moléculas más pesadas C_{20} a C_{65} (Landa, 2016).

2.2.2.1. Origen de las parafinas y proceso de obtención.

Generalmente se obtiene a partir del petróleo, de los esquistos bituminosos o del carbón. El proceso comienza con una destilación a temperatura elevada, para obtener aceites pesados, de los que, por enfriamiento a 0° C, cristaliza la parafina, la cual es separada mediante filtración o centrifugación. El producto se purifica mediante recristalizaciones, lavados ácidos, alcalinos y decoloración. Las refinerías de petróleo normalmente producen parafina (Tejero, 2011).

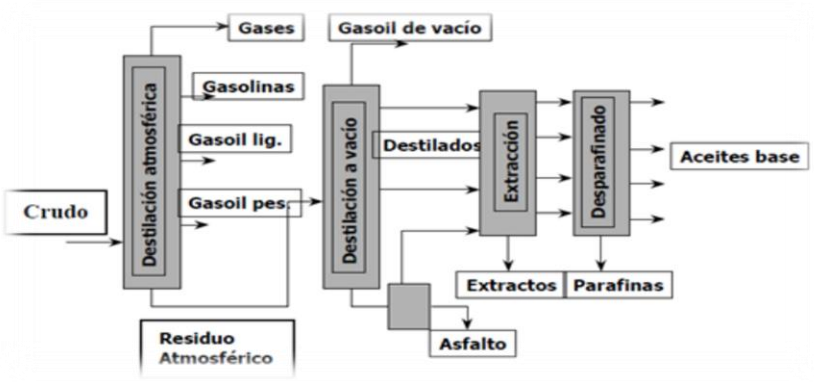


Fig. 13. Proceso de obtención de la parafina.
Fuente: Garza J., 2016.

La parafina se puede obtener de dos formas en su fabricación: las ceras de parafina y la parafina liquida.

2.2.2.2. Tipos de parafina.

Las parafinas se pueden clasificar de acuerdo a la configuración de su estructura molecular y al número de carbonos que contengan. Bajo estos criterios se diferencian las ceras parafínicas, de las ceras micro-cristalinas, las cuales presentan un mecanismo de daño diferente, si se llegara a depositar en la formación debido al tamaño de los cristales (Candelo & Carvajal, 2010).

Las ceras parafinicas o macrocristalinas, proceden de un aceite crudo del 40% al 60% donde se encuentran ceras parafínicas únicamente. Estas se encuentran comprendidas por parafinas que contienen entre 18 a 30 carbonos en cadena lineal. La estructura molecular que se forma se conoce como macro-cristales, los

cuales tienen forma de agujas que al conglomerarse constituyen grandes depósitos de cera que ocasionan diversos problemas en las líneas de producción de pozos petroleros y en la formación (Candelo & Carvajal, 2010).

En la Figura 14, representa los tres pasos que llevan a cabo desde que empieza a precipitar el primer cristal de parafina (Punto de nube), hasta el momento en que el crudo deja fluir (Punto de fluidez), debido a la aglomeración de los cristales (Candelo & Carvajal, 2010).

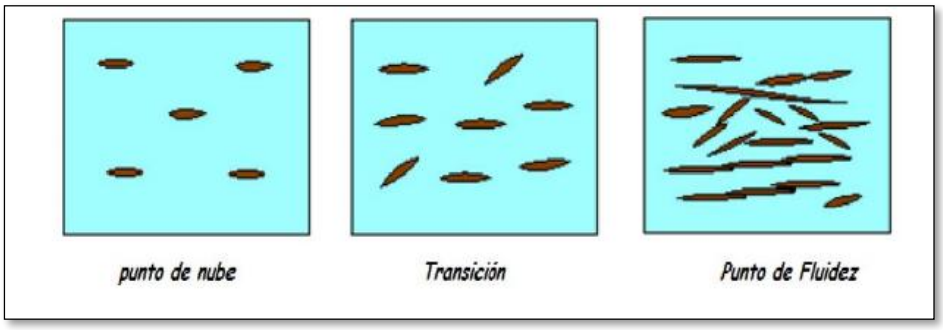


Fig. 14. Esquematización de ceras parafínicas.
Fuente: Rodriguez L. y Catañeda M., 2001, Citado por Candelo A., 2010.

Las ceras microcristalinas, se encuentran en las parafinas que contienen entre 30 a 60 carbonos, con pesos moleculares entre 450 y 800. Son compuestos de cadena lineal con ramificaciones y grupos cíclicos a lo largo de la cadena principal. A diferencia de las ceras parafínicas (macro-cristalinas) sus cristales son pequeñas e irregulares lo que hace que no tiendan a aglomerarse, permaneciendo dispersos y sin formar depósitos. No constituyen problemas en las líneas de producción, pero pueden ocasionar reducción de la permeabilidad si se precipitan en la formación, debido a la tendencia a adherirse a la superficie de los granos. En la figura 14 se observa la representación de parafinas microcristalinas y macrocristalinas (Candelo & Carvajal, 2010).

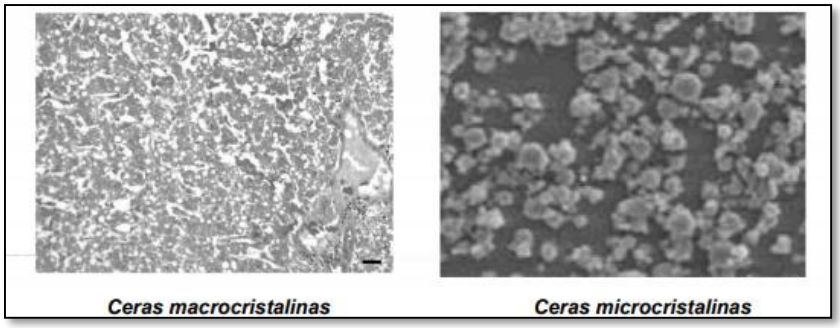


Fig. 15. Representación de parafinas microcristalinas y macrocristalinas.
Fuente: PETROBRAS, 2010, citado por Candelo A., 2010.

2.2.2.3. Aplicaciones de la parafina.

Sus aplicaciones principales se usan en la fabricación de velas y veladoras, papel encerado y empaques, tasas de papel, grasas para calzado, tableros de madera, industria alimenticia, crayones, apresto textil, adhesivos, emulsiones, leños, tintas. Es un buen aislante eléctrico, por lo que es usado como moderador de neutrones, es un material excelente para almacenar calor, ésta característica es aprovechada en la modificación de placas de material de construcción como las de cartón, yeso. La cera se expande considerablemente cuando se derrite y ello se utiliza en la fabricación de termostatos para uso industrial o doméstico y especialmente en automóviles (Negrete, 2015).

2.2.3. Emulsión.

La emulsión es un sistema de 2 fases que consta de dos líquidos inmiscibles o parcialmente miscibles, uno de los cuales es dispersado en el otro en forma de glóbulos. La dispersión es un sistema de dos fases muy semejante a la emulsión, cuya fase dispersa es un sólido. La fase dispersa, discontinua o interna es el líquido desintegrado en glóbulos o partículas. El líquido circundante es la fase continua o externa. Las emulsiones son sistemas termodinámicamente inestables (Landa, 2016).

2.2.3.1. Componentes de una emulsión.

Está compuesto por:

- Glóbulos o partículas dispersas (fase discontinua o interna).
- Agente dispersante (fase continua o externa).
- Agente emulsivo.
- Aditivos especiales.

2.2.3.2. Agente hidrofugante.

Son todas aquellas sustancias las cuales no tienen interacción con el agua, generando una barrera entre el agua (en cualquiera de sus estados) y el sustrato a proteger. Este comportamiento se encuentra relacionado con la polaridad química de las sustancias, propiedad conectada con la separación de las cargas eléctricas moleculares. Existen sustancias polares (agua, ClNa, etc) y no polares (parafinas, benceno, acetona, hidrocarburos en general). Existen además moléculas anfipáticas, o sea que poseen regiones con comportamiento polar (hidrofílica) y otras con comportamiento no polar (hidrofóbica). La parafina es un agente hidrofugante de tipo mineral que está compuesta por alcanos en su mayoría (Landa, 2016).

2.2.3.3. La parafina como agente hidrofugante.

El grado de eficiencia y las cualidades hidrófobas o hidrófugas de las parafinas está determinado fundamentalmente por tres factores (Muller, 1962, citado por Rivera Estrada, 2007).

- El tipo y estructura molecular de las parafinas y mezclas de ceras parafínicas.
- El tipo de emulsionantes y estabilizadores requeridos para la homogenización de la parafina en agua. El punto de fusión y contenido de aceite.
- El modo de emulsionamiento y homogenización.

2.2.4. Unidades de albañilería.

Las unidades empleadas en las construcciones de albañilería son básicamente hechas de arcilla (cerámica), arena-cal (sílico - calcáreos) y de concreto. De acuerdo a su tamaño, estas son denominadas ladrillos y bloques. Se les llama ladrillos cuando pueden ser manipulados y asentados con una mano; y bloques, cuando por su peso y dimensiones se tiene que emplear ambas manos (San Bartolome, 2001).

A nivel internacional, las unidades se clasifican por el porcentaje de huecos (alveolos o perforaciones) que tienen en su superficie de asentado y por la disposición que estos tengan; de la siguiente manera: Unidades solidas o macizas, unidades huecas, unidades perforadas y unidades tubulares.

2.2.5. Unidades de concreto.

Las unidades de concreto pueden ser ladrillos y bloques. Se producen en los tipos de sólido y hueco. El formado de las unidades de concreto se hace exclusivamente por moldeo asistido por presión, vibración, o por una combinación de ambas. El color natural de las unidades es gris o gris verdoso. Lo peculiar de la fabricación de unidades de concreto es que las mezclas pueden ser dosificadas para producir unidades de resistencia variables del mismo tipo de unidad (Gallegos & Casabonne, 2005).

2.2.5.1. Materia prima.

Las unidades de concreto – bloques, se hacen casi exclusivamente de cemento portland, agregados graduados y agua. Dependiendo de los requisitos específicos, las mezclas pueden contener también otros ingredientes, tales como pigmentos y agregados especiales. Se fabrican de peso normal y de peso liviano, que derivan de la densidad de los agregados utilizados en el proceso de manufactura. En la siguiente Tabla (Tabla 1) se indican diferentes agregados y

el rango de densidad de las unidades que con ellos se producen (Gallegos & Casabonne, 2005)**.**

Tabla 1. Densidades de unidades de concreto elaboradas con diferentes agregados.

Agregado	Densidades(Kg/m3)
Arena y piedra	2000-2350
Escoria	1600-2200
Arcilla expandida	1200-1500
Piedra pómez	950-1300
Concreto celular	400-700

Fuente: Gallegos y Casabonne (2005).

El arte de producir unidades de concreto consiste en obtener una resistencia adecuada con la mínima densidad y con el mínimo contenido de cemento, de modo que sea posible reducir al mínimo el costo de los materiales y el riesgo de producir unidades con excesiva contracción de fragua. El factor determinante es la textura de la superficie de la unidad. Ya sea que las unidades sean hechas con agregados normales o livianos, las partículas de agregado deben estar unidas por la pasta de cemento para formar una estructura relativamente abierta sobre la base de una compactación parcial del concreto bajo la influencia de la vibración. Esto significa que mientras el concreto está siendo vibrado, la pasta de cemento debe licuarse y fluir a los puntos de contacto de las partículas de agregado, uniéndolas. Cuando la vibración cesa, la pasta de cemento deja de ser un líquido, y la unidad puede ser desmoldada manteniéndose firme en su manipuleo posterior (Gallegos & Casabonne, 2005).

2.2.5.2. Fabricación.

En la siguiente figura (Figura.16) se muestra esquemáticamente, la secuencia del proceso de fabricación de los bloques de concreto:

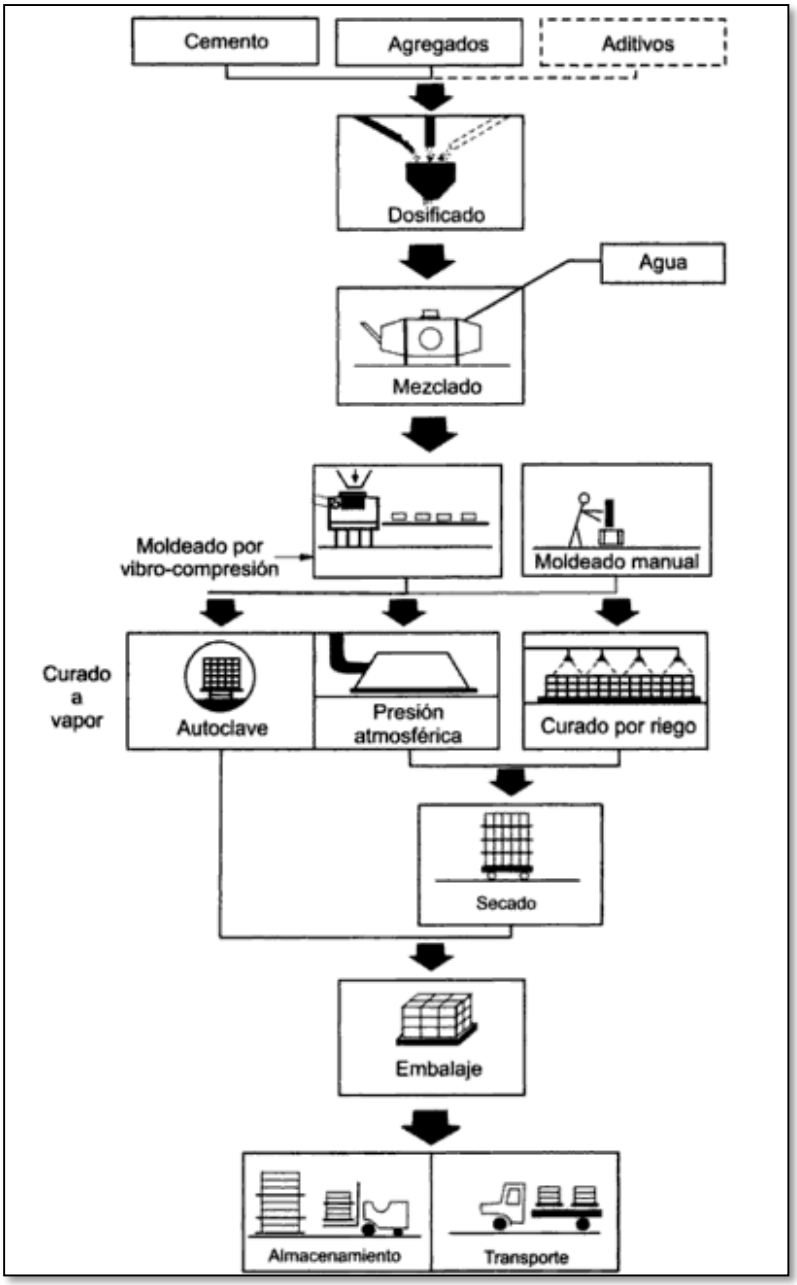


Fig. 16. Proceso de fabricación de los bloques de concreto.
Fuente: Gallegos y Casabonne (2005).

2.2.5.3. Bloques de concreto.

Los bloques de concreto son elementos fabricados con cemento, arena gruesa, piedrecillas chancadas y agua, que han sido sometidos a vibración y compresión para ser moldeados, que presentan resistencia a una compresión de 50 kg/cm2 (Programa de Naciones Unidad Para el Desarrollo-PNUD, 2009).

Vásquez (2017) en el Reglamento Nacional de edificaciones en la Norma E.070, indica que los componentes para la fabricación de bloques de concreto son: Cemento portland, el agregado grueso será el confitillo que cumpla con la granulometría especificada en la Tabla 2.

Tabla 2. Granulometría del confitillo.

Mallas ASTM	% Que pasa
½ pulgada	100
3/8 pulgada	85 a 100
Nº 4 (4.75 mm)	10 a 30
Nº 8 (2.36 mm)	0 a 10
Nº 16 (1.18mm)	0 a 5

Fuente: Reglamento Nacional de Edificaciones, E.070 (2017).

Los agregados finos serán arena gruesa natural, con las características indicadas en la Tabla 3, el agua a usarse será potable y libre de sustancias, ácidos, álcalis y materia orgánica.

Tabla 3. Granulometría de la arena gruesa.

Mallas ASTM	% Que pasa
Nº 4 (4.75 mm)	100
Nº 8 (2.36 mm)	95 a 100
Nº 16 (1.18mm)	70 a 100
Nº 30 (0.60 mm)	40 a 75
Nº 50 (0.30 mm)	10 a 35
Nº 100 (0.15 mm)	2 a 15
Nº 200 (0.075 mm)	Menos de 2

Fuente: Reglamento Nacional de Edificaciones, E.070 (2017).

2.2.6. Propiedades de las unidades de concreto.

Las propiedades principales de los bloques de concreto deben entenderse en su relación con el producto terminado, que es la albañilería. En ese contexto, las principales propiedades relacionadas con la resistencia estructural y durabilidad son:

- Resistencia a la compresión: Norma Técnica Peruana 399.604 (NTP 399.604).
- Variación dimensional: NTP 399.604
- Alabeo: NTP 399.604.

- Absorción: NTP 399.604.
- Absorción máxima: NTP 399.604.

2.2.6.1. Resistencia a la compresión.

La Norma Técnica Peruana 399.602 (2002) establece la resistencia a la compresión mínima, respecto al área bruta promedio del bloque de concreto (Tabla 4).

Tabla 4. Resistencia a la compresión de bloques de concreto.

Resistencia a la compresión min en MPa	
Promedio de 3 unid.	Unidad individual
7	6

Fuente: NTP 399.602 (2002).

2.2.6.2. Variación dimensional y alabeo.

La Norma Técnica Peruana 399.602 (2002) establece las medidas modulares para los distintos bloques huecos de concreto (Tabla 5).

Tabla 5. Dimensiones de los bloques de concreto según norma.

LARGO (cm)	ANCHO (cm)	ALTO (cm)
29	14	19
39	14	
39	12	

Fuente: NTP 399.602 (2002).

2.2.6.3. Absorción capilar.

La tasa de absorción o velocidad de ascensión capilar, es una propiedad hidráulica fácilmente mensurable, que caracteriza la tendencia de un material poroso a absorber y transmitir agua a través de su masa por succión capilar. Representa la porosidad efectiva o accesible al agua y por lo tanto a los agentes agresivos ambientales. La absorción capilar es un caso especial de transporte inducido por la energía (tensión superficial) del agua actuando sobre los capilares del

hormigón. El hormigón ejerce acciones atractivas sobre las moléculas situadas en la superficie del líquido, provocando con las mismas el llenado de los espacios existentes en su masa (Taus, 2003).

Carrasco (2013), indica que el transporte de agua por capilaridad o acción capilar, en hormigones se puede realizar mediante dos procedimientos:

- Mediante inspección visual de la variación de la altura del frente capilar.
- Mediante el coeficiente de absorción de agua por capilaridad.

La Norma Española UNE-EN 772-11 (2011), métodos de ensayo de piezas para fábrica de albañilería – Parte 11: Determinación de la absorción de agua por capilaridad de piezas de fábrica de albañilería, en hormigón, piedra natural y artificial, de la tasa de absorción de agua inicial de las piezas de arcilla cocida para fábrica de albañilería , establece la metodologia para realizar el ensayo.

2.2.6.4. Permeabilidad.

El ensayo de penetración de agua en componentes y materiales de construcción proporciona información precisa sobre la cantidad de agua que penetra, por tiempo y unidad de superficie , en superficies en contacto con agua por ejemplo bajo el efecto de la lluvia (TQC).

2.3. Formulación de la hipótesis.

2.3.1. Hipótesis general.

La adición de emulsión de parafina en la elaboración de bloques de concreto mejora las propiedades físicas y mecánicas frente a bloques de concreto convencionales.

2.3.2. Hipótesis específicas.

- La adición de emulsión de parafina en la elaboración de bloques de concreto incrementa la resistencia frente a bloques de concreto convencionales.
- La adición de emulsión de parafina en la elaboración de bloques de concreto reduce la permeabilidad frente a bloques de concreto convencionales.

- La adición de emulsión de parafina en la elaboración de bloques de concreto reduce la absorción capilar frente a bloques de concreto convencionales.

2.4. Operacionalización de variables.

Variable independiente: Adición de emulsión de parafina.

Variable dependiente: Propiedades físicas y mecánicas del bloque de concreto.

Tabla 6. Matriz de operacionalización de variables.

Variable	Dimensiones	Indicadores
Adición de emulsión de parafina.	Cantidades de adición de emulsión de parafina.	• Porcentaje
Propiedades físicas y mecánicas del bloque de concreto.	Propiedades mecánicas del bloque de concreto • Resistencia	• Kg$/cm^2$
	Propiedades físicas del bloque de concreto • Permeabilidad	• ml/min
	• Absorción capilar	• kg/($s^{1/2}$)

Fuente: Elaboración propia.

2.5. Definición de términos básicos.

2.5.1. Bloque de concreto.

Los bloques de concreto son elementos modulares premoldeados, diseñados para la albañilería confinada y armada. Se requiere para su fabricación materiales básicos usuales como: piedra chancada (la cual se pulveriza para el proceso de fabricación de bloques), arena, cemento (Portland tipo I) y agua.

2.5.2. Emulsión.

La emulsión es un proceso que consiste en la mezcla de dos líquidos diferentes que no se puedan mezclar, es decir, que sean inmiscibles entre sí. Uno de los líquidos se encontrará formando la fase conocida con el nombre de dispersa, que se encontrará constituida por el líquido que será dispersado dentro del otro

líquido que conforma la mezcla, el cual será el formador de la fase conocida como continua o también dispersante.

2.5.3. Parafina.

Sustancia sólida, blanca, translúcida, inodora y que funde fácilmente, que se obtiene de la destilación del petróleo o de materias bituminosas naturales, se emplea para fabricar velas y para otros usos.

2.5.4. Emulsión de parafina.

Es una emulsión (mezcla) de cera(parafina), resistente tanto al medio acido como alcalino, con formulación especial.

2.5.5. Resistencia.

Es la acción o capacidad física que tiene un cuerpo de aguantar, tolerar una fuerza de oposición por un tiempo determinado, sea esta fuerza cualquier agente externo al cuerpo.

2.5.6. Permeabilidad.

La permeabilidad es la capacidad que tiene un material de permitirle a un flujo que lo atraviese, sin alterar su estructura interna. Se afirma que un material es permeable si deja pasar a través de él una cantidad apreciable de fluido en un tiempo dado, e impermeable o no permeable si la cantidad de fluido es baja.

2.5.7. Absorción.

Es el proceso mediante el cual una sustancia retiene moléculas de otra que se encuentra en estado líquido o gaseoso. Una muestra de ello es la transferencia de materia que ocurre al poner en contacto un gas con un líquido, con el objetivo de que en él se disuelva algún componente del gas: absorción de gases de agua.

2.5.8. Capilaridad.

La capilaridad es una propiedad de los fluidos que depende de su tensión superficial, la cual, a su vez, depende de la cohesión del fluido y que le confiere la capacidad de subir o bajar por un tubo capilar.

2.5.9. Humedad.

La humedad es la cantidad de vapor de agua presente en el aire o en una superficie.

2.5.10. Porosidad.

Es la capacidad que tienen determinados materiales de absorber o dejar pasar a través de sí ciertas sustancias en fase líquida o gaseosa, por medio de espacios vacíos presentes en su estructura. Cuando se habla de porosidad se describe la porción de espacios “huecos” o vacíos en determinado material.

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

3.1. Tipo y nivel de la investigación.

El tipo de investigación a realizar en el presente estudio es una investigación aplicada, debido a que se realizará la búsqueda de conocimientos necesarios para luego construir o modificar una realidad concreta.

El nivel de investigación adoptado en el presente proyecto es un estudio exploratorio ya que el objetivo es investigar un problema poco estudiado, en este caso se investigará la resistencia, permeabilidad y absorción capilar de los bloques de concreto al adicionar emulsión de parafina en su elaboración.

Los estudios exploratorios, se realizan con el objetivo de examinar un tema o problema de investigación poco estudiado, del cual se tienen muchas dudas o no se ha abordado antes (Hernández, Fernandez, & Baptista, 2014).

3.2. Diseño de la investigación.

El diseño de investigación considerado para el presente estudio es un diseño experimental, con un enfoque cuantitativo.

Los experimentos manipulan tratamientos, estímulos, influencias o intervenciones (denominadas variables independientes) para observar sus efectos sobre otras variables (las dependientes) en una situación de control (Hernández, Fernandez, & Baptista, 2014).

El enfoque cuantitativo es secuencial y probatorio, mide las variables en estudio en un determinado contexto, se analizan las mediciones obtenidas utilizando métodos estadísticos y se extrae una serie de conclusiones (Hernández, Fernandez, & Baptista, 2014).

3.3. Población y muestra de la investigación.

Población de la investigación.

La población o universo de estudio está constituido por los bloques de concreto elaborados de manera artesanal en la ciudad de Abancay de la Región de Apurímac.

Muestra de la Investigación.

- **Técnica de muestreo.**

  El muestreo utilizado en la presente investigación fue un muestreo no probabilístico aleatorio, debido a que los boques de concreto producidos en la ciudad de Abancay proceden de diferentes empresas dedicadas a la fabricación de las mismas, por lo tanto, se eligieron las empresas que resaltaron más en su producción.

  Hernández, Fernández y Baptista (2014), establecen que, en las muestras no probabilísticas, la elección de los elementos no depende de la probabilidad, sino de causas relacionadas con las características de la investigación o los propósitos del investigador. Aquí el procedimiento no es mecánico ni se basa en fórmulas de probabilidad, sino que depende del proceso de toma de decisiones de un investigador o grupo de investigadores.

- **Tamaño de muestra.**

  El tamaño de muestra de la presente investigación se consideró como referencia a las unidades mínimas de ensayo que establece la norma E070 del Reglamento Nacional de Edificaciones. Tomando para el siguiente estudio una muestra de 5 unidades para cada ensayo.

  Finalmente, la muestra queda determinada de la siguiente manera:

  n_1= 14 unidades de bloques de concreto
  n_2= 14 unidades de bloques de concreto

  Donde:
  n_1=cantidad de bloques de concreto sin adición de emulsión de parafina.
  n_2= cantidad de bloques de concreto con adición de emulsión de parafina.

3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.

- Se utilizó la técnica de la observación directa para el análisis de la situación actual.
- Se utilizaron formatos de registro de datos, para anotar los resultados obtenidos de los ensayos elaborados a los bloques de concreto con y sin adición de emulsión de parafina.
- Se realizaron los ensayos respectivos (resistencia, permeabilidad, absorción capilar y otros ensayos establecidos en la NTP 399.604) a los bloques de concreto con y sin adición de emulsión de parafina.

3.4.1. Descripción de instrumentos.

Se realizaron pruebas estandarizadas o normalizadas.

Se utilizaron instrumentos y aparatos debidamente calibrados para el desarrollo de la presente investigación.

3.4.2. Validación de instrumentos.

Los equipos utilizados durante la elaboración de los ensayos respectivos que contempló le ejecución de la presente tesis contaban con los certificados de calibración respectivos.

Los formatos de registros de recolección de datos fueron estandarizados y validados por la propia universidad.

3.5. Técnicas de procesamiento y análisis de datos.

- Se utilizó el programa Excel para el procesamiento de datos.
- Se realizaron los cálculos respectivos con los datos obtenidos en los ensayos.
- Los datos obtenidos se mostraron en diagramas.
- Se utilizó el programa SPSS y Excel para el desarrollo de las pruebas de hipótesis.

CAPÍTULO IV

PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

4.1. Procesamiento de datos.

4.1.1. Evaluación de las empresas productoras de bloques de concreto.

Para el estudio de todas las empresas dedicadas a la fabricación de bloques de concreto en la ciudad de Abancay, se realizó en una primera etapa la recopilación de toda la información de las empresas existentes, mediante una entrevista con los propietarios de las empresas y en algunos casos con los trabajadores encargados, la información recopilada incluye: propietario de la empresa, nombre de la empresa, procedencia de los agregados utilizados para la fabricación de los bloques de concreto.

También se recopiló información sobre el tipo de maquinaria utilizada, cantidad de producción diaria de todas las empresas a las cuales se realizó la visita.

Tabla 7. Empresas fabricadoras de bloques de concreto en la ciudad de Abancay.

Nº Orden	Código	Razón social/ Propietario	Dirección
1	B-1	Jesica Alvarado Murillo	Quitasol
2	B-2	Distribuciones Vicky	Av. El Arco
3	B-3	René Ñahui	San Martin Jr. Justo Juez
4	B-4	Andrés Herencia Inca	Jr. Yahuar Cápac
5	B-5	Miguel Salas Perez	Av. Chile
6	B-6	Distribuciones San Andrés/Andrés Alvarado Murillo	Av. Núñez Nº 618
7	B-7	Fortunato Cabrera Becerra	Jr. Cusco - Jr. 4 de noviembre
8	B-8	Edgar Cahuana Miranda	Av. Panamericana S/N
9	B-9	Juan Carlos Aguirre	Av. Panamericana S/N
10	B-10	Gloria Inca	Av. Panamericana S/N
11	B-11	Bloquetera Kervin/ Kervin Cahuana Izquierdo	Jr. Aviación
12	B-12	Juan Carlos Izquierdo Villegas	Av. San Francisco
13	B-13	Yomar Tika Altamirano	Av. Villa Sol
14	B-14	Benigno Aguirre Cruz	Frente al Taurino
15	B-15	Bloquetería Julio	Av. Martinelli
16	B-16	Margarita Ramos	Av. Martinelli
17	B-17	Elio Ramos	Av. Martinelli
18	B-18	Bloquetera Sr. De Huanca/María Carrasco Saavedra	Av. Aviación
19	B-19	Hermenegilda Cusi vega	Av. Tamburco
20	B-20	Fortunato Ustua	Jr. Huancavelica
21	B-21	Alfredo Cervantes Huillca	Jr. Huancavelica
22	B-22	Guido Peña	Av. Prado Alto
23	B-23	Luis Guisado	Av. Prado Alto
24	B-24	Percy Ceballos Ávila	Av. Prado Alto
25	B-25	Walter Orco Sanchez	Av. Prado Alto
26	B-26	Willer Achayca Román	Av. Prado Alto

Fuente: Elaboración propia.

Como se puede observar en la Tabla 7, existen 26 empresas dedicadas a la fabricación de bloques de concreto en la ciudad de Abancay, de todas las mencionadas se seleccionó 3 empresas tomando el criterio de ser las que tienen mayor producción diaria y las que emplean la mejor tecnología para la producción de sus unidades de albañilería.

Las empresas seleccionadas se codificaron de la siguiente manera:

- **Bloquetera 1: B1 (Distribuciones Vicky).**

  Denominada la empresa como Distribuciones Vicky, cuya propietaria es la Sra. Virginia Bedia Loayza, ubicada en la Av. El Arco, siendo la empresa que provee la mayor cantidad de bloques de concreto, a toda la parte norte de la ciudad de Abancay, dicha empresa trabaja conjuntamente con la Empresa Jery. La empresa cuenta con una prensa hidráulica para la fabricación de las unidades de concreto.

  En la Figura 17, se puede observar las unidades de concreto producidas por la bloquetera 1.

Fig. 17. Visita a la bloquetera 1, Distribuciones Vicky.

- **Bloquetera 2: B2 (Andrés Herencia Huanca).**

  Cuyo propietario es el Sr. Andrés Herencia Huanca, ubicada cerca al Parque Imperio, Jr. Yahuar Cápac, siendo la empresa que provee en mayor cantidad bloques de concreto a todo el sector de Patibamba Baja y otros. La empresa cuenta con una máquina denominada ponedora para la fabricación de las diferentes unidades de concreto. En la Figura 18, se puede observar a la bloquetera 2 y la producción de sus unidades de concreto.

Fig. 18. Visita a la bloquetera 2, Andrés Herencia Huanca.

- **Bloquetera 3: B3 (René Ñahui).**

  Cuyo propietario es la Sra. René Ñahui, ubicada en el Sector de San Martin-Altipuerto, siendo la empresa que provee en mayor cantidad a todo el sector, cuenta con 2 prensas hidráulicas para la fabricación de sus unidades de concreto, es por ello que tiene mayor cantidad de producción.

  En la Figura 19, se puede observar la producción de las unidades de concreto de la bloquetera 3.

Fig. 19. Visita a la bloquetera 3, René Ñahui.

4.1.2. Evaluación de las unidades de albañilería de las 3 empresas seleccionadas.

La calidad de los bloques de concreto elaborados por las 3 empresas seleccionadas, se evaluó a través de los ensayos de variación dimensional, alabeo, absorción, resistencia y se efectuó de acuerdo a la norma NTP 399.604, a la vez se realizaron los ensayos de absorción capilar según las normas ASTM C1585-04, UNE-EN 772-11 (2011) y permeabilidad según el método RILEM. Del mismo modo se realizaron los mismos ensayos para los bloques de concreto elaborados con adición de emulsión de parafina en cada uno de sus porcentajes de adiciones.

Los ensayos se realizaron en el “Laboratorio de Ensayo de Materiales” de la Universidad Tecnológica de los Andes, de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil.

Para la evaluación de los bloques de concreto de las 3 empresas seleccionadas se realizó la compra de 15 bloques de concreto por cada empresa, debidamente etiquetadas y las cuales fueron sometidas a los diferentes ensayos mencionados.

a) Ensayo de variación dimensional (NTP 399.604).

Para la determinación de la variación dimensional de los bloques de concreto en estudio, se tuvo como muestra 5 bloques de concreto de cada fábrica o empresa productora, haciendo un total de 15 bloques de concreto como muestra. De cada una de ellas se obtuvieron las medidas de largo, ancho, altura y espesor con una precisión de 0.01 mm.; El resultado final de este ensayo se obtuvo promediando las 5 muestras obtenidas por cada empresa productora.

Según la Norma Técnica Peruana 399.602 (2002) establece las dimensiones de los bloques de concreto los cuales se muestran en la Tabla 8.

Tabla 8. Dimensiones de los bloques de concreto para muros según norma.

LARGO (cm)	ANCHO (cm)	ALTO (cm)
29	14	19
39	14	
39	12	

Fuente: NTP 399.602 (2002).

Actualmente en la ciudad de Abancay, se fabrican bloques de concreto tanto para muros como para aligerados, cuyas dimensiones se detallan en la Tabla 9.

Tabla 9. Dimensiones de los bloques de concreto.

TIPO DE USO	LARGO (cm)	ANCHO (cm)	ALTO (cm)
Muros	40	10	19
	40	12	19
	40	15	19
Aligerado	30	20	12
	30	20	15

Fuente: Elaboración propia.

Se puede observar que las dimensiones de los bloques de concreto para muros fabricados en la ciudad de Abancay, tienen un largo de dimensión diferente a lo establecido por la norma.

En la Figura 20, se muestra el proceso del ensayo de variación dimensional realizado a un bloque de concreto de la bloquetera 2.

Fig. 20. Ensayo de variación dimensional

Los resultados del ensayo de variación dimensional realizados a los bloques de concreto de las 3 empresas seleccionadas se detallan en la Tabla 10.

Tabla 10. Variación dimensional de los bloques de concreto de las 3 empresas.

SERIE	N° MUESTRA	LARGO (cm)	ANCHO (cm)	ALTURA (cm)	ESPESOR 1* (cm)	ESPESOR2** (cm)
BLOQUETERA 1 (B1)	1	40.10	12.00	19.50	1.50	1.60
	2	40.00	12.00	19.60	1.50	1.64
	3	40.00	12.00	19.60	1.52	1.58
	4	40.00	12.10	19.60	1.51	1.61
	5	40.10	12.00	19.50	1.50	1.57
PROMEDIO		**40.04**	**12.02**	**19.56**	**1.51**	**1.60**
BLOQUETERA 2 (B2)	1	40.10	12.00	19.30	1.56	1.62
	2	40.10	12.10	19.40	1.52	1.60
	3	39.90	12.00	19.00	1.52	1.86
	4	39.90	12.00	19.50	1.51	1.79
	5	40.00	11.90	19.00	1.44	1.67
PROMEDIO		**40.00**	**12.00**	**19.24**	**1.51**	**1.71**
BLOQUETERA 3 (B3)	1	39.90	11.90	19.40	1.40	1.60
	2	39.90	12.10	19.50	1.44	1.61
	3	40.00	11.90	19.40	1.42	1.60
	4	39.90	12.00	19.50	1.47	1.57
	5	40.00	11.90	19.20	1.44	1.68
PROMEDIO		**39.94**	**11.96**	**19.40**	**1.43**	**1.61**

Fuente: Elaboración propia.

Donde:

*= espesor del borde del bloque.

**= espesor de las divisiones de los orificios.

Según la Norma Técnica Peruana 399.602 (2002), establece las variaciones permisibles de dimensiones de las unidades de albañilería el cual no debe ser mayor a ± 3 mm. en cuanto a alto, ancho y longitud. Según los resultados obtenidos de las 3 empresas fabricadoras de bloques de concreto las 3 no cumplen con lo establecido en la norma.

b) Ensayo de alabeo.

Para la determinación del alabeo, primero se identifica si se presenta como cóncavo o convexo. Para medir el alabeo colocamos una regla en dirección horizontal al largo del bloque, seguidamente se mide la flecha o altura, en este caso en cada uno de los 3 orificios del bloque de concreto se presentó una determinada flecha.

Para la realización del ensayo de alabeo se tuvo como muestra 5 bloques de concreto de cada empresa productora seleccionada, haciendo un total de 15 bloques de concreto como muestra para la elaboración de este ensayo.

En la Figura 21, se muestra el procedimiento del ensayo de alabeo realizado a los bloques de concreto.

Fig. 21. Ensayo de alabeo.

Los resultados obtenidos de este ensayo se detallan en la Tabla 11.

Tabla 11. Ensayo de alabeo de bloques de concreto de las 3 empresas.

SERIE	N° MUESTRA	MEDICIÓN 1 (mm)		MEDICIÓN 2 (mm)		MEDICIÓN 3 (mm)	
		Cóncavo	Convexo	Cóncavo	Convexo	Cóncavo	Convexo
BLOQUETERA 1 (B1)	1	4.07	--		--	1.88	--
	2	4.53	--	4.47	--	2.15	--
	3	6.29	--	1.72	--	2.50	--
	4	0.00	--	4.29	--	0.00	--
	5	2.34	--	2.38	--	4.67	--
PROMEDIO		**3.45**		**3.22**		**2.24**	
BLOQUETERA 2 (B2)	1	4.97	--	3.94	--	15.42	--
	2	8.09	--	7.30	--	3.51	--
	3	15.90	--	14.39	--	14.20	--
	4	9.89	--	12.56	--	10.08	--
	5	6.84	--	12.90	--	9.27	--
PROMEDIO		**9.14**		**10.22**		**10.50**	
BLOQUETERA 3 (B3)	1	9.79	--	7.32	--	10.10	--
	2	11.57	--	13.14	--	7.95	--
	3	8.21	--	11.18	--	9.69	--
	4	8.09	--	9.28	--	11.10	--
	5	5.51	--	8.95	--	4.81	--
PROMEDIO		**8.63**		**9.97**		**8.73**	

Fuente: Elaboración propia.

La Norma E070 (2017) del Reglamento Nacional de Edificaciones, establece como máximo alabeo 4 mm. según el resultado obtenido de los ensayos realizados a las 3 empresas fabricadoras de bloques de concreto la bloquetera 1 es la única que cumple con lo establecido en la norma, por lo tanto, las bloqueteras 2 y 3 no cumplen con lo establecido en la norma.

c) Ensayo de absorción.

El ensayo de absorción se realizó siguiendo el procedimiento establecido en la Norma Técnica Peruana 399.604 (2002). Para la elaboración de este ensayo se tuvo como muestra 5 bloques de concreto de cada empresa productora seleccionada, haciendo un total de 15 bloques de concreto como muestra para este ensayo.

Procedimiento.

Sumergir el bloque de concreto por un tiempo de 24 horas, luego de sumergido por ese tiempo se pesa los especímenes sumergidos totalmente en agua en un molde de metal donde se registra el peso sumergido.

Después de obtenido el peso sumergido se retira los especímenes del agua, se retira el agua superficial del bloque con un paño húmedo y se registra el peso del bloque saturado. Finalmente, los bloques se secan en el horno a una temperatura de 105 °C a 110 °C por 24 horas, obteniendo de esa manera su peso seco (Norma Técnica Peruana 399.604, 2002).

Todo el procedimiento mencionado se realizó para las muestras de las 3 empresas fabricadoras seleccionadas. El desarrollo de este ensayo se muestra en la Figura 22.

Fig. 22. Peso del bloque de concreto sumergido en agua.

Para el cálculo del porcentaje de absorción se utilizó la siguiente formula:

$$Absorcion\ \% = \frac{(W_s - W_d)}{W_d} \times 100$$

Para el cálculo de la densidad de la unidad de albañilería se utilizó la siguiente fórmula:

$$Densidad\ (gr/cm^3) = \frac{W_d}{W_s - W_i}$$

Donde:

W_s=peso saturado del espécimen (gr).

W_i= peso sumergido del espécimen (gr).

W_d=peso seco al horno del espécimen (gr).

Los resultados de absorción obtenidos de las 3 empresas fabricadoras de bloques de concreto se detallan en las tablas respectivas (Tabla 12, 13 y 14).

Tabla 12. Resultados del ensayo de absorción de los bloques de concreto de la bloquetera 1.

CARACTERISTICAS	UNIDAD	ENSAYO				
		1	2	3	4	5
Peso saturado del espécimen	gr.	9529.80	9452.90	9463.40	9218.00	9575.80
Peso sumergido del espécimen	gr.	5482.00	5444.00	5450.00	5297.00	5559.00
Peso seco en estufa del espécimen (110 °C)	gr.	8933.90	8830.00	8859.00	8592.40	8991.70
Densidad	gr/cm³	2.21	2.20	2.21	2.19	2.24
PROMEDIO DE DENSIDAD	gr/cm³			2.21		
% de absorción	%	6.67	7.05	6.82	7.28	6.50
PROMEDIO DE ABSORCIÓN	%			6.86		

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 13. Resultados del ensayo de absorción de los bloques de concreto de la bloquetera 2.

CARACTERISTICAS	UNIDAD	ENSAYO				
		1	2	3	4	5
Peso saturado del espécimen	gr.	9094.50	9507.70	9379.50	9204.60	9468.90
Peso sumergido del espécimen	gr.	5182.00	5419.00	5335.00	5311.00	5356.00
Peso seco en estufa del espécimen (110 ºC)	gr	8511.70	8954.40	8819.30	8663.00	8911.80
Densidad	gr/cm³	2.18	2.19	2.18	2.22	2.17
PROMEDIO DE DENSIDAD	gr/cm³			2.19		
% de absorción	%	6.85	6.18	6.35	6.25	6.25
PROMEDIO DE ABSORCION	%			6.38		

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 14. Resultados del ensayo de absorción de los bloques de concreto de la bloquetera 3.

CARACTERISTICAS	UNIDAD	ENSAYO				
		1	2	3	4	5
Peso saturado del espécimen	gr	8867.40	8742.40	8410.40	8800.80	8492.20
Peso sumergido del espécimen	gr	4951.00	4853.00	4634.00	4880.00	4711.00
Peso seco en estufa del espécimen (110 °C)	gr	8211.00	7982.30	7665.90	8041.90	7786.90
Densidad	gr/cm^3	2.10	2.05	2.03	2.05	2.06
PROMEDIO DE DENSIDAD	gr/cm^3			2.06		
% de absorción	%	7.99	9.52	9.71	9.44	9.06
PROMEDIO DE ABSORCION	%			9.14		

Fuente: Elaboración propia.

Según la NTP 399.602 (2002), establece que el porcentaje máximo de absorción que puede tener un bloque de concreto es de 12% y según los resultados obtenidos de las 3 empresas productoras de bloques de concreto, las 3 cumplen con lo establecido en la norma.

A su vez la NTP 399.602 (2002), establece que las unidades de albañilería en condiciones secas deben tener una densidad mayor o igual a 2000 kg/m^3 o 2.0 gr/cm^3 y según los resultados obtenidos de los ensayos realizados a las muestras de las 3 empresas productoras de bloques de concreto, las 3 cumplen con lo establecido en la norma.

d) Ensayo de resistencia a la compresión.

Los ensayos de resistencia a la compresión se realizaron de acuerdo al procedimiento establecido en la NTP 399.604 (2002).

Todas las muestras se ensayaron en una edad de 28 días utilizando como capping azufre. El equipo utilizado fue una máquina de compresión axial electro-hidráulica, el cual fue adaptado mediante 2 placas de acero, con un espesor establecido en la norma, colocados tanto en la parte superior e inferior del bloque. Los bloques de concreto fueron sometidos a ensayos de compresión en el sentido en el que estos se apilan.

Se ensayaron 4 muestras de cada empresa fabricadora de bloque de concreto, haciendo un total de 12 unidades de muestra. Los 4 resultados obtenidos se promediaron al final para obtener un solo resultado por empresa fabricadora.

Para someter el bloque de concreto a un ensayo de resistencia a la compresión, primero se determinó el área de contacto, seguidamente se procedió a realizar el capeo de todas las muestras, finalmente se colocaron las muestras en la respectiva máquina, colocando las placas tanto en la parte superior e inferior del bloque de concreto, aplicando la carga respectiva hasta el momento de ruptura del bloque de concreto.

El valor de la resistencia alcanzada por cada bloque de concreto, se calculó dividiendo la carga en el momento de ruptura entre al área de contacto del bloque.

En la Figura 23, se muestra el proceso de aplicación de la carga para la determinación de la resistencia a la compresión.

Fig. 23. Rotura de los bloques de concreto.

En la Tabla 15 se muestran los resultados obtenidos de los ensayos realizados.

Tabla 15. Ensayo de resistencia a la compresión de bloques de concreto de las bloqueteras B1, B2, B3.

Nº SERIE	Nº DE MUESTRA	RESIST. DE ESPECIF. f'c= (kg/cm²)	FECHA DE ENSAYO		EDAD	ÁREA DE TESTIGO	CARGA SOMETIDA	RESISTENCIA ALCANZADA	
			MOLDEO	ROTURA			LECTURA CORREG.	RESIST.	RESIST. PROMEDIO
			(día)	(día)	(días)	(cm²)	(kg.)	(kg/cm²)	(kg/cm²)
BLOQ 1	1	70	15/02/2019	14/03/2019	28	173.20	10860	62.70	**66.01**
	2	70	15/02/2019	14/03/2019	28	172.37	12860	74.61	
	3	70	15/02/2019	14/03/2019	28	172.22	10940	63.52	
	4	70	15/02/2019	14/03/2019	28	175.89	11120	63.22	
BLOQ 2	1	70	15/02/2019	14/03/2019	28	177.84	12510	70.34	**66.12**
	2	70	15/02/2019	14/03/2019	28	169.49	11930	70.39	
	3	70	15/02/2019	14/03/2019	28	172.15	10990	63.84	
	4	70	15/02/2019	14/03/2019	28	171.71	10290	59.93	
BLOQ 3	1	70	14/02/2019	13/03/2019	28	162.89	6400	39.29	**44.01**
	2	70	14/02/2019	13/03/2019	28	166.89	7380	44.22	
	3	70	14/02/2019	13/03/2019	28	170.93	7920	46.33	
	4	70	14/02/2019	13/03/2019	28	166.62	7700	46.21	

Fuente: Elaboración propia.

Según la NTP 399.602 (2002), establece que la resistencia de bloques de concreto para uso estructural es de 70 kg/cm^2**,** según los resultados obtenidos de las 3 empresas productoras de bloques de concreto, las 3 no cumplen con lo establecido en la norma.

A su vez la Norma E-070 (2017), establece que la resistencia de bloques para muros portantes es de 50 kg/cm^2, haciendo una comparación de los resultados obtenidos de los ensayos realizados a las 3 empresas, la bloquetera 1 y 2 cumplen con lo establecido por la norma y la bloquetera 3 no estaría cumpliendo el parámetro establecido.

e) Ensayo de absorción capilar.

El ensayo de absorción capilar se realizó según el procedimiento establecido por la norma UNE-EN 772-11 (2011) y ASTM C1585-04, aplicado a bloques de concreto.

Este ensayo se utiliza para determinar el ritmo de absorción del agua en el hormigón de cemento hidráulico, midiendo el incremento de la masa de la muestra como resultado de la absorción de agua en función de tiempo (ASTM C 1585-04).

Para la elaboración de este ensayo se tomó 4 unidades de muestra por cada empresa productora de bloque de concreto, haciendo un total de 12 unidades de muestra.

- **Aparatos utilizados.**

Recipiente o bandeja.

Dispositivos de apoyo (tablitas de más de 5mm. de espesor).

Vernier.

Balanza.

Cronómetro.

- **Procedimiento.**

La norma ASTM C 1585-04, establece el siguiente procedimiento:

Registrar el peso del bloque de concreto seco antes de ser colocado al agua, a este valor se le denominó peso inicial.

Llenar agua en la bandeja hasta una altura de 5mm. y colocar dentro de ella 4 dispositivos de apoyo con el fin de que las 4 esquinas del bloque no estén pegados a la bandeja, asegurar con vernier que la altura de agua sea 5mm. por encima del dispositivo de apoyo. Programar un cronometro para registrar por un tiempo de 10 min. la sumersión del bloque, una vez listo el cronómetro colocar el bloque de concreto sobre las superficies de apoyo colocadas en la bandeja con agua.

Transcurrido el tiempo de 10 min. retirar el bloque de concreto de la bandeja con agua y secar la superficie que estuvo en contacto con agua, registrando su peso.

Seguidamente volver a colocar el bloque de concreto en la bandeja con agua y controlar por un tiempo de 10 min, luego retirar y volver a pesarlo. Todo este procedimiento se volvió a repetir por un tiempo de 3 horas y 30 min. obteniendo así varios registros de pesos en diferentes tiempos transcurridos.

Finalmente, la velocidad de absorción capilar se estimó como la pendiente de una recta entre el origen y el punto crítico de saturación, tal como lo establece la norma ASTM C1585-04.

$$Q_t - Q_0 \; vs \; \sqrt{t}$$

Donde:

Q_t= Peso del bloque de concreto en el tiempo “t” transcurrido.

Q_0= Peso del bloque de concreto al inicio del ensayo.

t= Tiempo de saturación en la unidad.

En la Figura 24, se muestra el procedimiento realizado del ensayo de absorción capilar.

Fig. 24. Proceso del ensayo de absorción capilar.

Los resultados obtenidos de los ensayos de absorción capilar realizados a las 12 muestras se detallan en las tablas respectivas (Tabla 16, 17 y 18).

Tabla 16. Ensayo de absorción capilar de bloques de concreto de la bloquetera B1.

	TIEMPO (seg.)	PESO (Kg.) = Qt					T^1/2 (s)	Qt-Qo (kg.)					PROMEDIO
		ENSAYO						ENSAYO					
		1	2	3	4	5		1	2	3	4	5	
P0	0	9.0182	8.9456	8.9437	8.6784	9.0769	0.00	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	**0.0000**
P1	600	9.0452	8.9830	8.9719	8.7037	9.1044	24.49	0.0270	0.0374	0.0282	0.0253	0.0275	**0.0291**
P2	1200	9.0569	8.9949	8.9815	8.7118	9.1143	34.64	0.0387	0.0493	0.0378	0.0334	0.0374	**0.0393**
P3	1800	9.0637	9.0025	8.9889	8.7196	9.1223	42.43	0.0455	0.0569	0.0452	0.0412	0.0454	**0.0468**
P4	3000	9.0735	9.0126	8.9981	8.7269	9.1309	54.77	0.0553	0.0670	0.0544	0.0485	0.0540	**0.0558**
P5	4200	9.0819	9.0219	9.0063	8.7341	9.1367	64.81	0.0637	0.0763	0.0626	0.0557	0.0598	**0.0636**
P6	5400	9.0899	9.0314	9.0125	8.7405	9.1429	73.48	0.0717	0.0858	0.0688	0.0621	0.0660	**0.0709**
P7	6600	9.0968	9.0393	9.0186	8.7457	9.1489	81.24	0.0786	0.0937	0.0749	0.0673	0.0720	**0.0773**
P8	7800	9.1026	9.0440	9.0237	8.7512	9.1540	88.32	0.0844	0.0984	0.0800	0.0728	0.0771	**0.0825**
P9	9000	9.1072	9.0494	9.0286	8.7548	9.1582	94.87	0.0890	0.1038	0.0849	0.0764	0.0813	**0.0871**
P10	10200	9.1124	9.0551	9.0323	8.7588	9.1627	101.00	0.0942	0.1095	0.0886	0.0804	0.0858	**0.0917**
P11	11400	9.1162	9.0633	9.0362	8.7613	9.1659	106.77	0.0980	0.1177	0.0925	0.0829	0.0890	**0.0960**
P12	12600	9.1210	9.0621	9.0396	8.7643	9.1692	112.25	0.1028	0.1165	0.0959	0.0859	0.0923	**0.0987**

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 17. Ensayo de absorción capilar de bloques de concreto de la bloquetera B2.

	TIEMPO (seg.)	PESO (Kg.) = Qt					T^1/2 (s)	Qt-Qo (kg.)					PROMEDIO
		ENSAYO						ENSAYO					
		1	2	3	4	5		1	2	3	4	5	
P0	0	8.5882	9.0271	8.8953	9.1304	8.9855	0.00	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	**0.0000**
P1	600	8.6245	9.0617	8.9226	9.1469	9.0282	24.49	0.0363	0.0346	0.0273	0.0165	0.0427	**0.0315**
P2	1200	8.6377	9.0720	8.9340	9.1518	9.0408	34.64	0.0495	0.0449	0.0387	0.0214	0.0553	**0.0420**
P3	1800	8.6479	9.0795	8.9419	9.1573	9.0485	42.43	0.0597	0.0524	0.0466	0.0269	0.0630	**0.0497**
P4	3000	8.6588	9.0882	8.9508	9.1626	9.0606	54.77	0.0706	0.0611	0.0555	0.0322	0.0751	**0.0589**
P5	4200	8.6689	9.0957	8.9573	9.1667	9.0681	64.81	0.0807	0.0686	0.0620	0.0363	0.0826	**0.0660**
P6	5400	8.6777	9.1015	8.9634	9.1710	9.0754	73.48	0.0895	0.0744	0.0681	0.0406	0.0899	**0.0725**
P7	6600	8.6818	9.1069	8.9671	9.1743	9.0812	81.24	0.0936	0.0798	0.0718	0.0439	0.0957	**0.0770**
P8	7800	8.6891	9.1130	8.9734	9.1777	9.0857	88.32	0.1009	0.0859	0.0781	0.0473	0.1002	**0.0825**
P9	9000	8.6950	9.1158	8.9765	9.1810	9.0889	94.87	0.1068	0.0887	0.0812	0.0506	0.1034	**0.0861**
P10	10200	8.6987	9.1189	8.9792	9.1836	9.0930	101.00	0.1105	0.0918	0.0839	0.0532	0.1075	**0.0894**
P11	11400	8.7028	9.1219	8.9812	9.1859	9.0967	106.77	0.1146	0.0948	0.0859	0.0555	0.1112	**0.0924**
P12	12600	8.7063	9.1241	8.9835	9.1885	9.0998	112.25	0.1181	0.0970	0.0882	0.0581	0.1143	**0.0951**

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 18. Ensayo de absorción capilar de bloques de concreto de la bloquetera B3.

	TIEMPO (seg.)	PESO (Kg.) = Qt					T^1/2 (s)	Qt-Qo (kg.)					PROMEDIO
		ENSAYO						ENSAYO					
		1	2	3	4	5		1	2	3	4	5	
	0	8.2499	8.0624	7.7408	8.1205	7.8654	0.00	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	**0.0000**
P1	600	8.2999	8.1125	7.7926	8.1846	7.9100	24.49	0.0500	0.0501	0.0518	0.0641	0.0446	**0.0521**
P2	1200	8.3177	8.1336	7.8133	8.2099	7.9267	34.64	0.0678	0.0712	0.0725	0.0894	0.0613	**0.0724**
P3	1800	8.3338	8.1515	7.8290	8.2275	7.9384	42.43	0.0839	0.0891	0.0882	0.1070	0.0730	**0.0882**
P4	3000	8.3521	8.1736	7.8495	8.2540	7.9540	54.77	0.1022	0.1112	0.1087	0.1335	0.0886	**0.1088**
P5	4200	8.3677	8.1922	7.8658	8.2714	7.9685	64.81	0.1178	0.1298	0.1250	0.1509	0.1031	**0.1253**
P6	5400	8.3808	8.2098	7.8786	8.2875	7.9781	73.48	0.1309	0.1474	0.1378	0.1670	0.1127	**0.1392**
P7	6600	8.3924	8.2238	7.8905	8.3004	7.9865	81.24	0.1425	0.1614	0.1497	0.1799	0.1211	**0.1509**
P8	7800	8.4033	8.2344	7.9002	8.3189	7.9973	88.32	0.1534	0.1720	0.1594	0.1984	0.1319	**0.1630**
P9	9000	8.4114	8.2449	7.9111	8.3350	7.9973	94.87	0.1615	0.1825	0.1703	0.2145	0.1319	**0.1721**
P10	10200	8.4206	8.2550	7.9198	8.3615	7.9973	101.00	0.1707	0.1926	0.1790	0.2410	0.1319	**0.1830**
P11	11400	8.4277	8.2639	7.9279	8.3800	7.9973	106.77	0.1778	0.2015	0.1871	0.2595	0.1319	**0.1916**
P12	12600	8.4355	8.2729	7.9359	8.3800	7.9973	112.25	0.1856	0.2105	0.1951	0.2595	0.1319	**0.1965**

Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 25, se muestra la comparación de los resultados del ensayo de absorción capilar realizado a las 3 bloqueteras seleccionadas en un tiempo de 12 600 segundos.

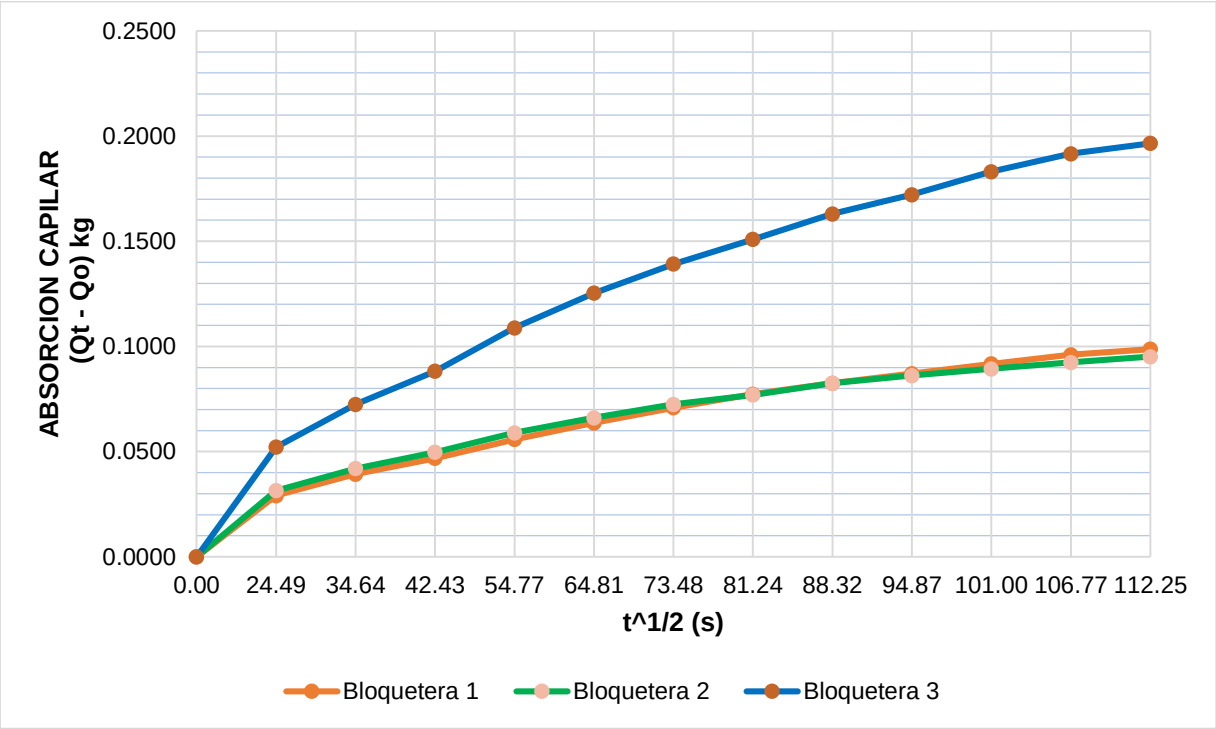


Fig. 25. Resultados del ensayo de absorción capilar de las 3 bloqueteras.

No existe ninguna norma peruana ni internacional que indique los parámetros de absorción capilar en bloques de concreto. Sin embargo, el ensayo se realizó tomando como referencia las normas ASTM C1585-04 y UNE-EN 772-11 el cual mide la absorción capilar en probetas cilíndricas de hormigones de cemento hidráulico.

f) Ensayo de permeabilidad.

El ensayo de permeabilidad como ya se mencionó, se realizó mediante el método RILEM, el cual utiliza un tubo de ensayo denominado tubo karsten.

Este método mide la cantidad de agua que penetra por tiempo y unidad de superficie, en superficies que tienen contacto con agua por ejemplo en fachadas bajo el efecto de la lluvia.

- **Procedimiento.**

Para la elaboración del ensayo de permeabilidad se consideró 5 bloques de concreto de las 3 empresas productoras seleccionadas. El instrumento utilizado como ya se mencionó fue un tubo karsten vertical. Las especificaciones del instrumento (TQC) establece el siguiente procedimiento:

El ensayo consiste en adherir o pegar este tubo en la superficie del bloque mediante una plastitilina o cualquier otro material de sellado plástico ya sea goma, silicona, cemento. Este pegamento se aplicará en el borde seco del domo (tubo).

El material de sellado dentro del domo deberá dejar un área libre circular con un diámetro aproximado de 20 mm. correspondiendo al área del ensayo el cual es aproximadamente de 3 cm^2.

Llenar el domo con agua hasta la marca cero, utilizando una botella de lavado de laboratorio, para que el agua ejerza una presión de unos 10 cm. de columna de agua en la superficie a medir.

Presionar el domo ligeramente con la mano durante la aplicación del agua para prevenir que el material adherente ceda.

El descenso del nivel de agua desde la marca cero se registra en intervalos regulares, en este caso se registró cada minuto transcurrido y para ello se utilizó un cronómetro.

Tan pronto como 1 o 2 ml. de agua hayan penetrado en el domo rápidamente se rellena de nuevo hasta la marca cero, para mantener una presión constante de agua alrededor de los 10 cm. de columna de agua.

La capacidad de penetración de agua es expresada en ml. de agua por minuto.

El valor de ml. de agua por minuto y cm^2 se obtiene dividiendo los valores medidos por el tamaño de la zona del ensayo (generalmente 3 cm^2).

En la figura 26, se muestra el desarrollo del ensayo de permeabilidad a un bloque de concreto de la bloquetera 3.

Fig. 26. Ensayo de permeabilidad.

Los resultados obtenidos en la elaboración de este ensayo para las 3 empresas seleccionadas se muestran en las tablas respectivas (Tabla 19, 20 y 21).

Tabla 19. Ensayo de permeabilidad de bloques de concreto de la bloquetera B1.

TIEMPO (seg.)	VOLUMEN PENETRADO DE AGUA (ml.)					PROMEDIO
	ENSAYO					
	1	2	3	4	5	
0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	**0.00**
60	1.10	0.70	0.80	0.60	0.68	**0.78**
120	1.60	1.05	1.11	0.95	0.98	**1.14**
180	2.00	1.35	1.41	1.20	1.23	**1.44**
240	2.35	1.65	1.71	1.40	1.43	**1.71**
300	2.60	1.95	1.91	1.60	1.63	**1.94**
360	2.82	2.20	2.11	1.78	1.81	**2.14**
420	3.02	2.45	2.28	1.96	1.99	**2.34**
480	3.22	2.66	2.44	2.11	2.14	**2.51**
540	3.42	2.86	2.60	2.26	2.29	**2.69**
600	3.62	3.06	2.76	2.41	2.44	**2.86**

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 20. Ensayo de permeabilidad de bloques de concreto de la bloquetera B2.

TIEMPO (seg.)	VOLUMEN PENETRADO DE AGUA (ml.)					PROMEDIO
	ENSAYO					
	1	2	3	4	5	
0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	**0.00**
60	0.85	0.50	0.80	0.90	0.61	**0.73**
120	1.25	0.98	1.10	1.42	0.96	**1.14**
180	1.55	1.28	1.40	1.84	1.24	**1.46**
240	1.75	1.58	1.65	2.23	1.49	**1.74**
300	1.95	1.78	1.89	2.61	1.69	**1.98**
360	2.10	1.98	2.09	2.91	1.89	**2.19**
420	2.25	2.18	2.29	3.19	2.07	**2.40**
480	2.40	2.38	2.49	3.44	2.22	**2.59**
540	2.55	2.58	2.68	3.64	2.37	**2.76**
600	2.70	2.78	2.83	3.84	2.52	**2.93**

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 21. Ensayo de permeabilidad de bloques de concreto de la bloquetera B3.

TIEMPO (seg.)	VOLUMEN PENETRADO DE AGUA (ml.)					PROMEDIO
	ENSAYO					
	1	2	3	4	5	
0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	**0.00**
60	1.20	0.90	1.60	1.20	1.30	**1.24**
120	1.80	1.42	2.20	1.80	1.80	**1.80**
180	2.30	1.94	2.80	2.30	2.28	**2.32**
240	2.80	2.46	3.40	2.75	2.68	**2.82**
300	3.25	2.96	3.92	3.15	3.08	**3.27**
360	3.65	3.46	4.42	3.53	3.43	**3.70**
420	4.04	3.96	4.92	3.91	3.73	**4.11**
480	4.40	4.46	5.37	4.29	4.03	**4.51**
540	4.75	4.86	5.77	4.64	4.33	**4.87**
600	5.05	5.26	6.17	4.99	4.63	**5.22**

Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 27, se muestra la comparación de los resultados del ensayo de permeabilidad realizado a las 3 bloqueteras seleccionadas en un tiempo de 600 segundos.

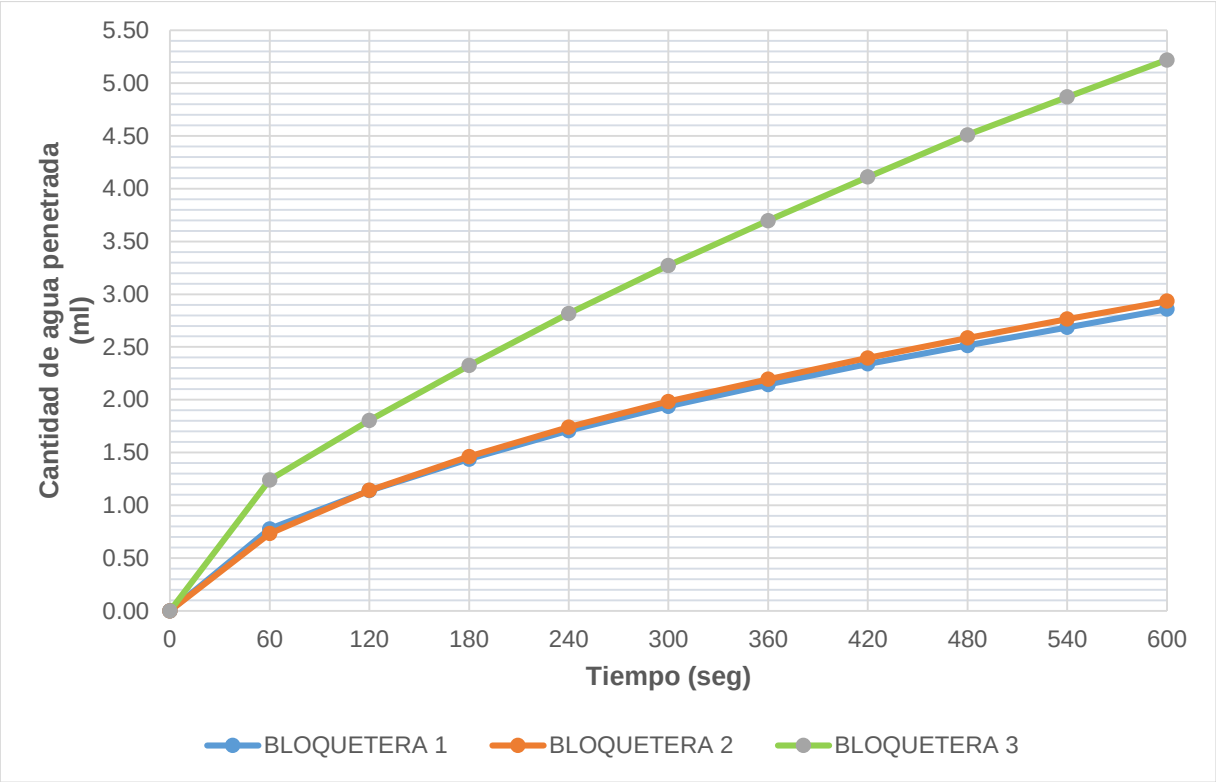


Fig. 27. Resultados del ensayo de permeabilidad de las 3 bloqueteras.

No existe ninguna norma peruana ni internacional que indique los parámetros de permeabilidad en bloques de concreto. Sin embargo, las especificaciones del fabricante de este instrumento de medición, hace referencia a parámetros máximos de valores de penetración de agua, basado en años de experiencia de diferentes mediciones realizadas. Según las especificaciones del instrumento establece, que el valor máximo de penetración de agua en hormigón impermeable es de 0.5 ml/min.

De acuerdo a los resultados obtenidos de las 3 empresas fabricadoras de bloques de concreto, las 3 cumplen con el parámetro establecido en las especificaciones del instrumento.

4.1.3. Fabricación de los bloques de concreto elaborados con adición de emulsión de parafina.

a) Estudio de canteras proveedoras de agregado para fabricación de bloques de concreto.

Para el presente estudio se realizó la visita a 4 canteras proveedoras de agregado para la elaboración de bloques de concreto en la ciudad de Abancay.

Cantera Murillo (Pachachaca).

La cantera se encuentra ubicada en el sector de Pachachaca con coordenadas 723291.84 m. E, 8488077.74 m. S. Esta cantera abastece en un 5 % a las fábricas de bloques de concreto en la ciudad de Abancay. La producción diaria de confitillo de esta cantera alcanza volúmenes entre 50 a 80 m^3 al día. El precio de este agregado por m^3 en obra alcanza los 20 soles y el costo de agregado puesto en obra alcanza los 60 soles.

En la figura 28, se muestra el proceso de fabricación del agregado de la Cantera Murillo ubicada en Pachachaca.

Fig. 28. Visita a la Cantera Murillo Pachachaca.

Cantera Murillo Quitasol (Km 4.5).

Ubicado en el sector de Quitasol a 4.5 kilómetros de la ciudad de Abancay, esta cantera abastece al 95% de las fábricas de bloques de concreto en la ciudad de Abancay. La producción diaria de confitillo de esta cantera alcanza volúmenes entre 80 a 90 m^3 al día, teniendo una venta promedio de 50 m^3 de confitillo al día. El precio de este agregado por m^3 en obra alcanza los 50 soles y el costo de agregado puesto en obra alcanza los 60 soles.

En la Figura 29, se muestra el proceso de fabricación del agregado de la Cantera Murillo ubicada en km 4.5.

Fig. 29. Visita a la Cantera Murillo km 4.5.

Cantera del señor Jorge Tapia.

Ubicado en el sector de Pachachaca, según información del dueño esta cantera tiene pocos años de horizonte de exploración pero en la actualidad producen agregados como son piedra chancada de 1", 3/4", ½" ¼", arena fina y confitillo, la producción diaria de confitillo es de 20 m^3.

La venta promedio de este agregado es aproximadamente 30 m^3 al mes y el volumen restante lo emplean en otros usos como son vaciado de cajas de inspección.

Los equipos empleados para la producción del agregado son: chancadora, excavadora o cargador frontal y un volquete de 6 m^3.

En la Figura 30, se muestra el agregado confitillo de la Cantera del Sr. Jorge Tapia.

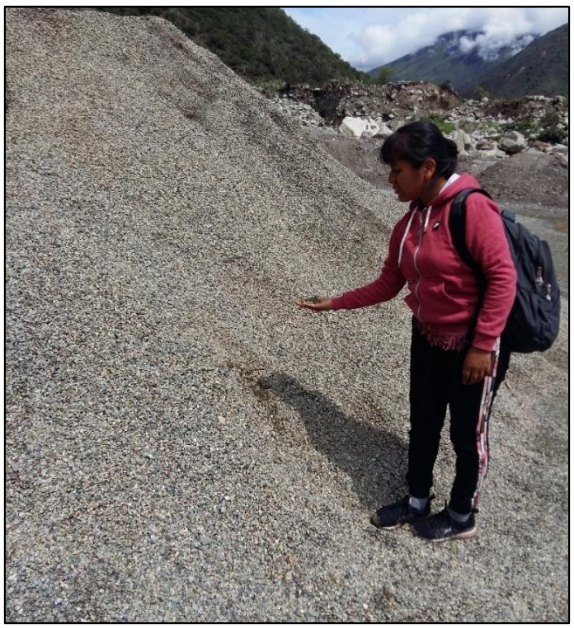


Fig. 30. Visita a la Cantera del señor Jorge Tapia.

Cantera Gamarra.

Ubicado en el sector de Pachachaca, en la actualidad esta cantera se dedica a la producción de piedra chancada de diámetros: 1”, 3/4”, ½” ¼”, confitillo, el confitillo es producido en un volumen de 30 m^3por semana y no es muy comercializable, según la entrevista realizada, normalmente casi nunca venden a empresas productora de bloques de concreto.

En la Figura 31, se muestra la Cantera Gamarra ubicada en el sector de Pachachaca.

Fig. 31. Visita a la Cantera Gamarra.

b) Caracterización del agregado para bloques de concreto.

El concreto usado para la fabricación de bloques de concreto, se elabora con arena y confitillo (agregado grueso), estos constituyen aproximadamente el 80% del volumen y el restante constituye la pasta elaborada con cemento y agua.

De la evaluación realizada a todas las empresas productoras de bloques de concreto existentes en la ciudad de Abancay, se pudo obtener información del tipo de agregado utilizado y de la cantera proveedora de agregado. El 90% de las empresas fabricadoras de bloques de concreto de la ciudad de Abancay, utiliza el agregado proveniente de la Cantera Murillo (Quitasol), con algunas combinaciones del agregado de la Cantera Murillo proveniente de Pachachaca, cabe resaltar también que la mayoría de dichas empresas usan como componentes agregado grueso (confitillo) y arena fina, algunas empresas usan 4 combinaciones: confitillo, arena gruesa, arena fina y lama, algunas solo usan 3 combinaciones: confitillo, arena fina y lama, todas esas combinaciones dependerá del tipo de agregado proveniente de la cantera.

En la presente investigación se realizó el estudio del agregado grueso (confitillo) proveniente de dichas canteras (Quitasol y Pachachaca) para evaluar las características de ambos agregados.

Los ensayos realizados a los agregados fueron: análisis granulométrico, peso unitario, absorción, contenido de humedad, abrasión, peso específico.

Caracterización del agregado grueso.

- **Análisis granulométrico.**

  El ensayo de análisis granulométrico se realizó según el procedimiento establecido en la Norma Técnica Peruana 400.012 (2001).

  El objetivo del análisis granulométrico es determinar la distribución del tamaño de partículas tanto del agregado fino, grueso mediante un tamizado en un conjunto de tamices, así mismo determinar la curva granulométrica mediante representaciones graficas de los resultados del ensayo (Norma Técnica Peruana 400.012, 2001).

  En la Figura 32, se muestra el ensayo de análisis granulométrico realizado al agregado grueso.

Fig. 32. Ensayo de análisis granulométrico del agregado grueso.

El ensayo de análisis granulométrico se realizó para el agregado, procedente de las canteras de Murillo (Quitasol y Pachachaca).

Los resultados obtenidos de los ensayos de análisis granulométrico se muestran en las tablas respectivas (Tabla 22 y 23) y en las Figuras 33 y 34.

Tabla 22. Ensayo de análisis granulométrico del agregado de la Cantera Murillo (Quitasol).

TAMIZ	ABERTURA (mm.)	PESO RETENIDO	% RETENIDO PARCIAL	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
1/2"	12.700	0	0.0	0.0	100.0	Peso de la Muestra
3/8"	9.525	232.8	7.3	7.3	92.7	
N°4	4.760	1321.4	41.7	49.0	51.0	
N°8	2.380	715.1	22.5	71.5	28.5	Peso total de la muestra (gr.) 3171.90
N°16	1.190	410	12.9	84.5	15.5	
N°30	0.590	221.5	7.0	91.5	8.5	
N°50	0.297	98.6	3.1	94.6	5.4	
N°100	0.149	86.8	2.7	97.3	2.7	Módulo de Fineza
N°200	0.075	67.4	2.1	99.4	0.6	Mf. : 4.88
< N°200	Fondo	18.3	0.6	100	0	

Fuente: Elaboración propia.

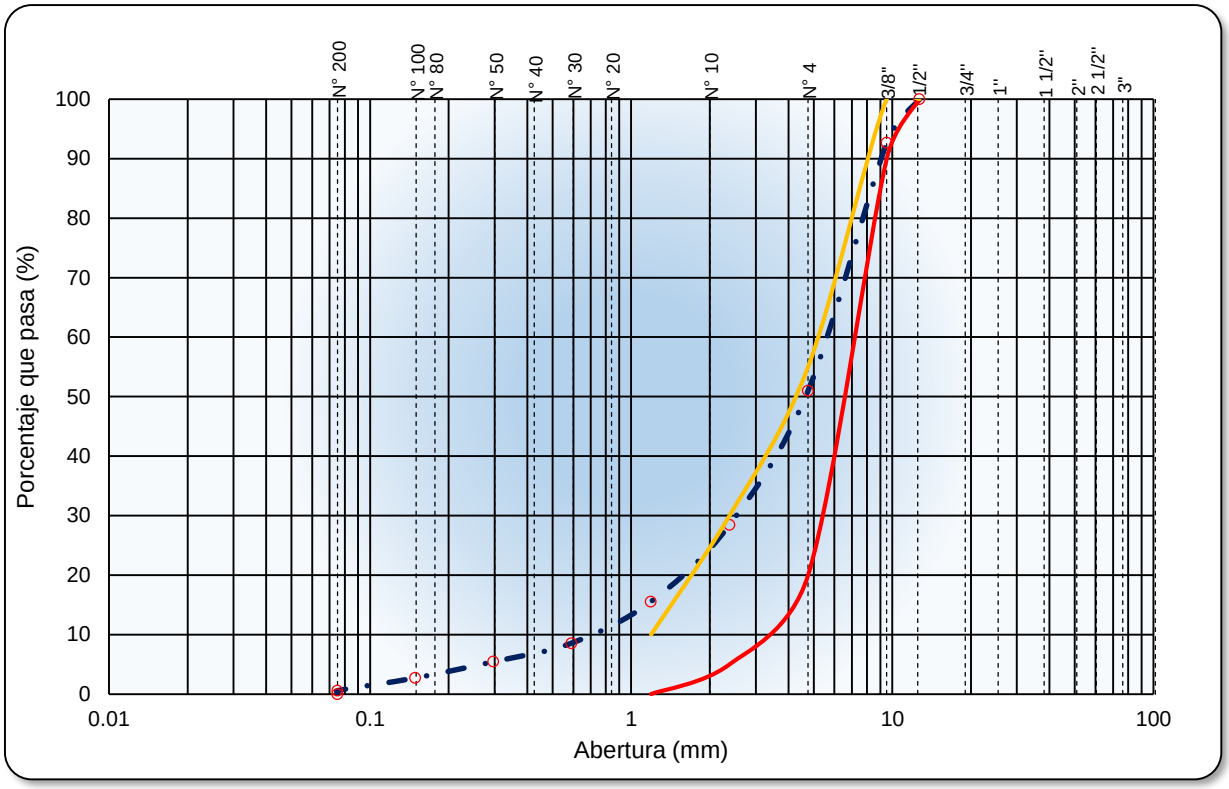


Fig. 33. Curva granulométrica del agregado de la Cantera Murillo (Quitasol).

Tabla 23. Ensayo de análisis granulométrico del agregado de la Cantera Murillo (Pachachaca).

TAMIZ	ABERTURA (mm.)	PESO RETENIDO	% RETENIDO PARCIAL	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
1/2"	12.700	0	0.0	0.0	100.0	Peso de la Muestra
3/8"	9.525	7.2	0.3	0.3	99.7	
N°4	4.760	2269	91.4	91.7	8.3	
N°8	2.380	89.7	3.6	95.3	4.7	Peso total de la muestra (gr.) 2482.40
N°16	1.190	18.8	0.8	96.1	3.9	
N°30	0.590	10.7	0.4	96.5	3.5	
N°50	0.297	16.8	0.7	97.2	2.8	
N°100	0.149	22.2	0.9	98.1	1.9	Módulo de Fineza
N°200	0.075	35.8	1.4	99.5	0.5	Mf. : 5.75
< N°200	Fondo	12.2	0.5	100	0	

Fuente: Elaboración propia.

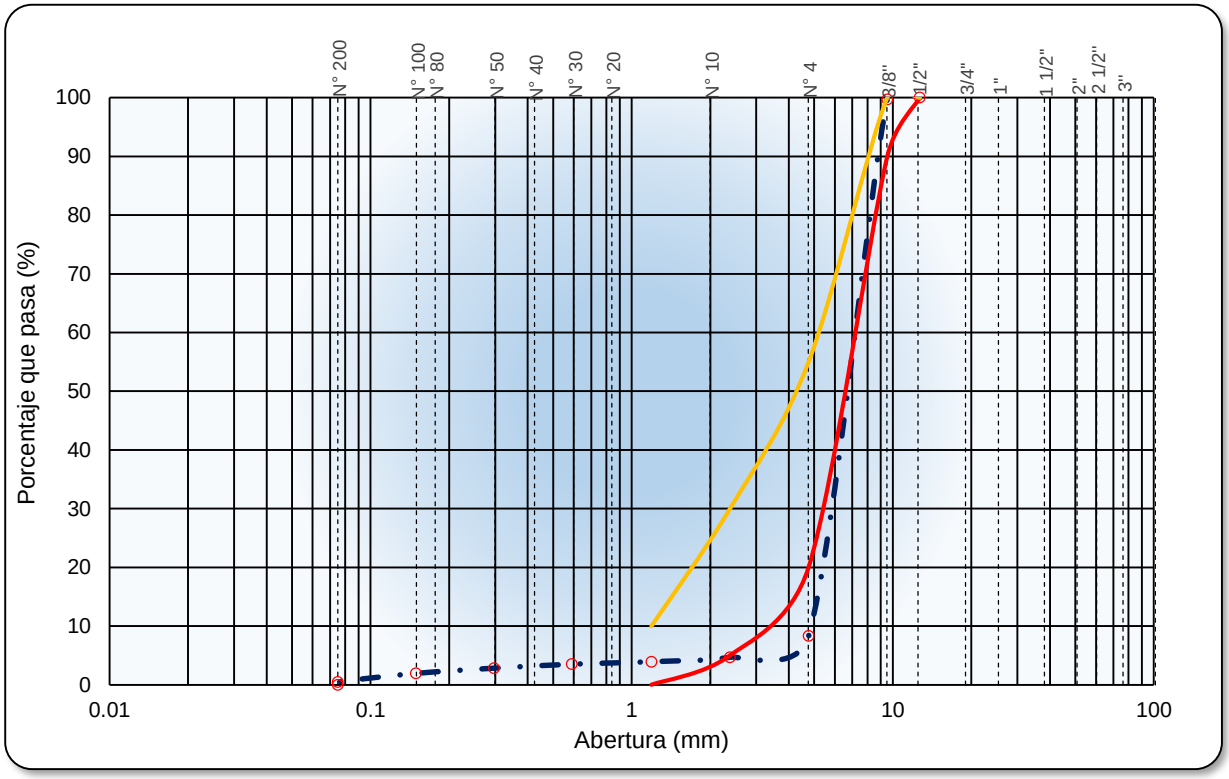


Fig. 34. Curva granulométrica del agregado de la Cantera Murillo (Pachachaca).

- **Peso unitario.**

  Para la elaboración de este ensayo se realizó según el procedimiento establecido en la NTP 400.017 (1999).

  Determinación del peso unitario suelto.

  Para la determinación del peso unitario suelto se utilizó un molde cilíndrico, una balanza y se realizó el siguiente procedimiento:

La muestra de ensayo debe estar seca, el molde cilindro es llenado con el material mediante una cuchara o una pala hasta rebosar, el agregado se descarga de una altura no mayor a 50 mm. seguidamente el agregado sobrante se enrasa con una regla.

Se determina el peso del molde con el peso del material suelto.

El cálculo del peso unitario suelto se realizó mediante la siguiente fórmula:

$$M = \frac{G - T}{V}$$

Donde:

M=peso unitario del agregado en kg/m^3.

G= peso del recipiente de medida más el agregado en kg.

T=peso del recipiente de medida en kg.

V=volumen de la medida en m^3.

En la Figura 35, se muestra el procedimiento del ensayo de peso unitario suelto realizado al agregado grueso.

Fig. 35. Ensayo de peso unitario suelto del agregado grueso.

El ensayo de peso unitario suelto se realizó para los agregados provenientes de la Cantera Murillo (Quitasol y Pachachaca).

Los resultados obtenidos de los ensayos se muestran en las tablas respectivas (Tabla 24 y 25).

Tabla 24. Ensayo de peso unitario suelto del agregado de la Cantera Murillo (Quitasol).

PESO UNITARIO SUELTO			
CARACTERISTICAS	UNIDAD	ENSAYO	
		1	2
Peso material + molde	(gr.)	5776.00	5826.00
Peso de molde	(gr.)	1622.00	1622.00
Peso neto de material	(gr.)	4154.00	4204.00
Volumen del molde	(cm3)	2721.411	2721.411
Peso unitario suelto	(gr/cm3)	1.526	1.545
PROMEDIO PESO UNITARIO SUELTO	(gr/cm3)	1.536	

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 25. Ensayo de peso unitario suelto del agregado de la Cantera Murillo (Pachachaca).

PESO UNITARIO SUELTO			
CARACTERISTICAS	UNIDAD	ENSAYO	
		1	2
Peso material + molde	(gr.)	5392.00	5322.00
Peso de molde	(gr.)	1622.00	1622.00
Peso neto de material	(gr.)	3770.00	3700.00
Volumen del molde	(cm3)	2721.411	2721.411
Peso unitario suelto	(gr/cm3)	1.385	1.360
PROMEDIO PESO UNITARIO SUELTO	(gr/cm3)	1.372	

Fuente: Elaboración propia.

Determinación del peso unitario compactado.

El molde cilíndrico es llenado en 3 capas iguales con el agregado, cada capa debe ser apisonada con una barra de metal con 25 golpes, terminado el apisonado de la tercera capa se retira el material sobrante enrasando el molde.

Seguidamente se pesa el molde más el agregado compactado.

Para el cálculo del peso unitario compactado se utilizó la formula anterior mencionada.

En la Figura 36, se muestra el procedimiento del ensayo de peso unitario compactado realizado al agregado grueso.

Fig. 36. Ensayo de peso unitario compactado del agregado grueso.

El ensayo de peso unitario compactado se realizó para los agregados provenientes de la Cantera Murillo (Quitasol y Pachachaca).

Los resultados obtenidos de los ensayos se muestran en las tablas respectivas (Tabla 26 y 27).

Tabla 26. Ensayo de peso unitario compactado del agregado de la Cantera Murillo (Quitasol).

PESO UNITARIO COMPACTADO			
CARACTERISTICAS	**UNIDAD**	**ENSAYO**	
		1	**2**
Peso material + molde	(gr.)	6250.00	6220.00
Peso de molde	(gr.)	1622.00	1622.00
Peso neto de material	(gr.)	4628.00	4598.00
Volumen del molde	(cm3)	2721.411	2721.411
Peso unitario compactado	(gr/cm3)	1.701	1.690
PROMEDIO PESO UNITARIO COMPACTADO	(gr/cm3)	1.695	

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 27. Ensayo de peso unitario compactado del agregado de la Cantera Murillo (Pachachaca).

PESO UNITARIO COMPACTADO			
CARACTERISTICAS	**UNIDAD**	**ENSAYO**	
		1	**2**
Peso material + molde	(gr.)	5736.00	5758.00
Peso de molde	(gr.)	1622.00	1622.00
Peso neto de material	(gr.)	4114.00	4136.00
Volumen del molde	(cm3)	2721.411	2721.411
Peso unitario compactado	(gr/cm3)	1.512	1.520
PROMEDIO PESO UNITARIO COMPACTADO	(gr/cm3)	1.516	

Fuente: Elaboración propia.

- **Peso específico y absorción del agregado.**

  El ensayo de peso específico se realizó mediante el procedimiento establecido en la NTP 400.022 (2013).

  Se entiende por absorción al aumento de masa del agregado debido al agua que penetra en los poros de las partículas, durante un periodo de tiempo establecido, pero sin incluir el agua que se adhiere a la superficie exterior de las partículas. (Norma Técnica Peruana 400.022, 2013).

  - Procedimiento.

  Se sumergió una muestra de agregado (confitillo) en agua por un periodo de 24 horas para saturarlo y llenar los poros de agua, transcurrido las 24 horas se retira el agregado del agua y se coloca en un molde sumergido en agua, y se pesa obteniendo así el peso sumergido del agregado.

  Seguidamente se retira el agregado y se seca su superficie con un paño, hasta que no exista ninguna película de agua, obteniendo así el peso saturado del agregado, finalmente se seca el agregado en una estufa a una temperatura de 105 °C a 110 °C, por un periodo de 24 horas, obteniendo así el peso seco del agregado.

  En la Figura 37, se muestra el procedimiento del ensayo de absorción realizado al agregado grueso.

Fig. 37. Ensayo de peso específico del agregado grueso.

El ensayo de peso específico y absorción del agregado se realizó para los agregados provenientes de la Cantera Murillo (Quitasol y Pachachaca).

Los resultados obtenidos de los ensayos se muestran en las Tablas 28 y 29.

Tabla 28. Ensayo de peso específico y absorción del agregado grueso de la Cantera Murillo (Quitasol).

CARACTERISTICAS	UNIDAD	ENSAYO 1
Peso material sat. superficialmente seca	gr.	2403.80
Peso de mat. Sat. superficialmente seco (en agua)	gr.	1496.00
Volumen de masa + volumen de vacíos	gr.	907.80
Peso material seco en estufa (105° c)	gr.	2379.50
Volumen de masa	gr.	883.50
Peso específico de masa (Pem.)	**gr/cm^3**	**2.62**
Peso específico de masa sat. superficie seca (Pess.)	**gr/cm^3**	**2.65**
Peso específico aparente (Pea.)	**gr/cm^3**	**2.69**
% de absorción	**%**	**1.02**

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 29. Ensayo de peso específico y absorción del agregado grueso de la Cantera Murillo (Pachachaca).

CARACTERISTICAS	UNIDAD	ENSAYO 1
Peso del material superficialmente seca	gr.	2415.60
Peso de mat. Sat. superficialmente seco (en agua)	gr.	1462.00
Volumen de masa + volumen de vacíos	gr.	953.60
Peso material seco en estufa (110° C)	gr.	2389.80
Volumen de masa	gr.	927.80
Peso específico de masa (Pem.)	**gr/cm^3**	**2.51**
Peso específico de masa sat. superficie seca (Pess.)	**gr/cm^3**	**2.53**
Peso específico aparente (Pea.)	**gr/cm^3**	**2.58**
% de absorción	**%**	**1.08**

Fuente. Elaboración propia.

- **Abrasión.**

  Para la realización del ensayo de abrasión se siguió el procedimiento establecido en la NTP 400.019, el ensayo fue realizado para los agregados de las diferentes canteras.

  El ensayo de abrasión es realizado con la finalidad de determinar la resistencia a la degradación de los agregados utilizando la Maquina de los ángeles.

  La carga dependiendo de la gradación de la muestra de ensayo será como se detalla en la Tabla 30.

Tabla 30. Carga de acuerdo a la gradación.

GRADACION	N° DE ESFERAS	MASA DE LA CARGA (gr.)
A	12	5 000 ± 25
B	11	4 584 ± 25
C	8	3 330 ± 20
D	6	2 500 ± 15

Fuente: NTP 400.019 (2002).

La cantidad de agregado considerado según la gradación se muestra en la Tabla 31.

Tabla 31. Gradación de las muestras de ensayo.

MEDIDA DEL TAMIZ (ABERTURA CUADRADA)		MASA DE TAMAÑO INDICADO (gr)			
QUE PASA	RETENIDO SOBRE	GRADACIÓN			
		A	B	C	D
37.5 mm. (1 ½")	25.0 mm. (1")	1 250 ± 25	-----	-----	-----
25.0 mm. (1")	19.0 mm. (3/4")	1 250 ± 25	-----	-----	-----
19.0 mm. (3/4")	12.5 mm. (1/2")	1 250 ± 10	2 500 ± 10	-----	-----
12.5 mm. (1/2")	9.5 mm. (3/8")	1 250 ± 10	2 500 ± 10	-----	-----
9.5 mm. (3/8")	6.3 mm. (1/4")	-----	-----	2 500 ± 10	-----
6.3 mm. (1/4")	4.75 mm. (N° 4)	-----	-----	2 500 ± 10	-----
4.75 mm. (N° 4)	2.36 mm. (N° 8)	-----	-----	-----	5 000
TOTAL		5 000 ± 10	5 000 ± 10	5 000 ± 10	5 000 ± 10

Fuente: NTP 400.019 (2002).

Procedimiento.

Se realizó el tamizado del agregado utilizando la gradación "C", obteniendo aproximadamente 2 500 gr. de agregado retenidos en el tamiz ¼" y en el N° 4 en cada uno de ellos, haciendo en total una muestra de peso aproximado a 5000 gr.

Se coloca la muestra de ensayo en la máquina de los ángeles y la carga, en este caso la gradación "C" utiliza 8 esferas de carga. Seguidamente rotar la máquina a una velocidad entre 30 a 33 rpm. luego de aplicar el número de revoluciones establecido, descargar el material de la máquina en un azafate o cualquier otro recipiente. Seguidamente tamizar el material sobre el tamiz N° 12 (1.7 mm.) para realizar una separación preliminar, registrando de esta manera el peso retenido en el tamiz N°12 y el peso que pasa el tamiz N° 12.

Lavar el material más grueso que la malla N° 12 y secar al horno para determinar su peso. Si el agregado está libre de material fino o polvo se debe evitar el lavado del material.

El ensayo de abrasión se realizó para los agregados provenientes de la Cantera Murillo (Quitasol y Pachachaca).

En la Figura 38, se muestra el procedimiento del ensayo de abrasión realizado al agregado grueso.

Fig. 38. Ensayo de abrasión del agregado grueso.

Los resultados obtenidos de los ensayos se muestran en las Tablas 32 y 33.

Tabla 32. Ensayo de abrasión del agregado de la Cantera Murillo (Quitasol).

MUESTRA	1
Gradación	"C"
Nº de esferas	8
Tamiz (Nº)	Peso retenido (gr.)
1/4"	2,501.10
N°4	2,501.00
Peso total	5,002.10
Material retenido tamiz Nº 12	3,848.40
Material pasante tamiz Nº 12	1,132.30
Porcentaje de pérdida (%)	0.43
Porcentaje de desgaste (%)	22.64

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 33. Ensayo de abrasión del agregado de la Cantera Murillo (Pachachaca).

MUESTRA	1
Gradación	"C"
Nº de esferas	8
Tamiz (Nº)	Peso retenido (gr.)
1/4"	2,500.20
N°4	2,501.70
Peso total	5,001.90
Material retenido tamiz Nº 12	3,739.90
Material retenido tamiz Nº 12	1,254.00
Porcentaje de pérdida (%)	0.16
Porcentaje de desgaste (%)	25.07

Fuente: Elaboración propia.

Como se puede observar en las Tablas 32 y 33, el agregado de la Cantera Murillo - Pachachaca presenta mayor desgaste frente al agregado de la Cantera Murillo - Quitasol, motivo por el cual las empresas de Abancay utilizan el agregado proveniente de esta Cantera de Quitasol para la fabricación de los bloques de concreto.

- **Contenido de humedad.**

  El ensayo de contenido de humedad del agregado grueso se realizó siguiendo el procedimiento establecido en la NTP 399.185 el cual indica que primero se pesa la muestra en estado húmedo, luego se seca la muestra ya sea en un horno por un periodo de 24 horas, registrando así su peso seco y obteniendo el contenido de humedad.

  El ensayo de contenido de humedad se realizó para los agregados provenientes de la Cantera Murillo (Quitasol y Pachachaca).

  Los resultados de los ensayos realizados a los agregados gruesos se muestran en las Tablas 34 y 35.

Tabla 34. Ensayo de contenido de humedad del agregado grueso de la Cantera Murillo (Quitasol).

CARACTERISTICAS	UNIDAD	ENSAYO	
		1	2
Peso tara	gr.	125.35	106.69
Peso tara+ muestra húmeda	gr.	281.96	225.70
Peso de la muestra húmeda	gr.	156.61	119.01
Peso tara + muestra seca	gr.	279.32	223.67
Peso de muestra seca	gr.	153.97	116.98
Peso del agua	gr.	2.64	2.03
Contenido de humedad	%	1.71	1.74
PROMEDIO		**1.72**	

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 35. Ensayo de contenido de humedad del agregado grueso de la Cantera Murillo (Pachachaca).

CARACTERISTICAS	UNIDAD	ENSAYO	
		1	2
Peso tara	gr.	51.09	110.02
Peso tara+ muestra húmeda	gr.	297.14	261.78
Peso de la muestra húmeda	gr.	246.05	151.76
Peso tara + muestra seca	gr.	295.57	260.67
Peso de muestra seca	gr.	244.48	150.65
Peso del agua	gr.	1.57	1.11
Contenido de humedad	%	0.64	0.74
PROMEDIO		**0.69**	

Fuente: Elaboración propia

Caracterización del agregado fino.

- **Análisis granulométrico.**

  El ensayo de análisis granulométrico se realizó según el procedimiento establecido en la NTP 400.012 (2001).

  El objetivo del análisis granulométrico es determinar la distribución del tamaño de partículas tanto del agregado fino, grueso mediante un tamizado en un conjunto de tamices, así mismo determinar la curva granulométrica

mediante representaciones gráficas de los resultados del ensayo (Norma Técnica Peruana 400.012, 2001).

En la Figura 39, se muestra el procedimiento del ensayo de análisis granulométrico realizado al agregado fino.

Fig. 39. Ensayo de análisis granulométrico del agregado fino.

Los resultados obtenidos de los ensayos de análisis granulométrico se muestran en la Tabla 36 y en la Figura 40.

Tabla 36. Ensayo de análisis granulométrico del agregado fino.

TAMIZ	ABERTURA (mm.)	PESO RETENIDO	% RETENIDO PARCIAL	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
N°4	4.760	4.1	1.2	1.2	98.8	Peso de la Muestra
N°8	2.380	6.3	1.8	2.9	97.1	Peso total de la muestra (gr.) 356.30
N°16	1.190	7.2	2.0	4.9	95.1	
N°30	0.590	6.9	1.9	6.9	93.1	
N°50	0.297	24.4	6.8	13.7	86.3	
N°100	0.149	115.7	32.5	46.2	53.8	Módulo de Fineza
N°200	0.075	119.8	33.6	79.8	20.2	Mf. : 0.8
< N°200	Fondo	71.9	20.2	100	0	

Fuente: Elaboración propia.

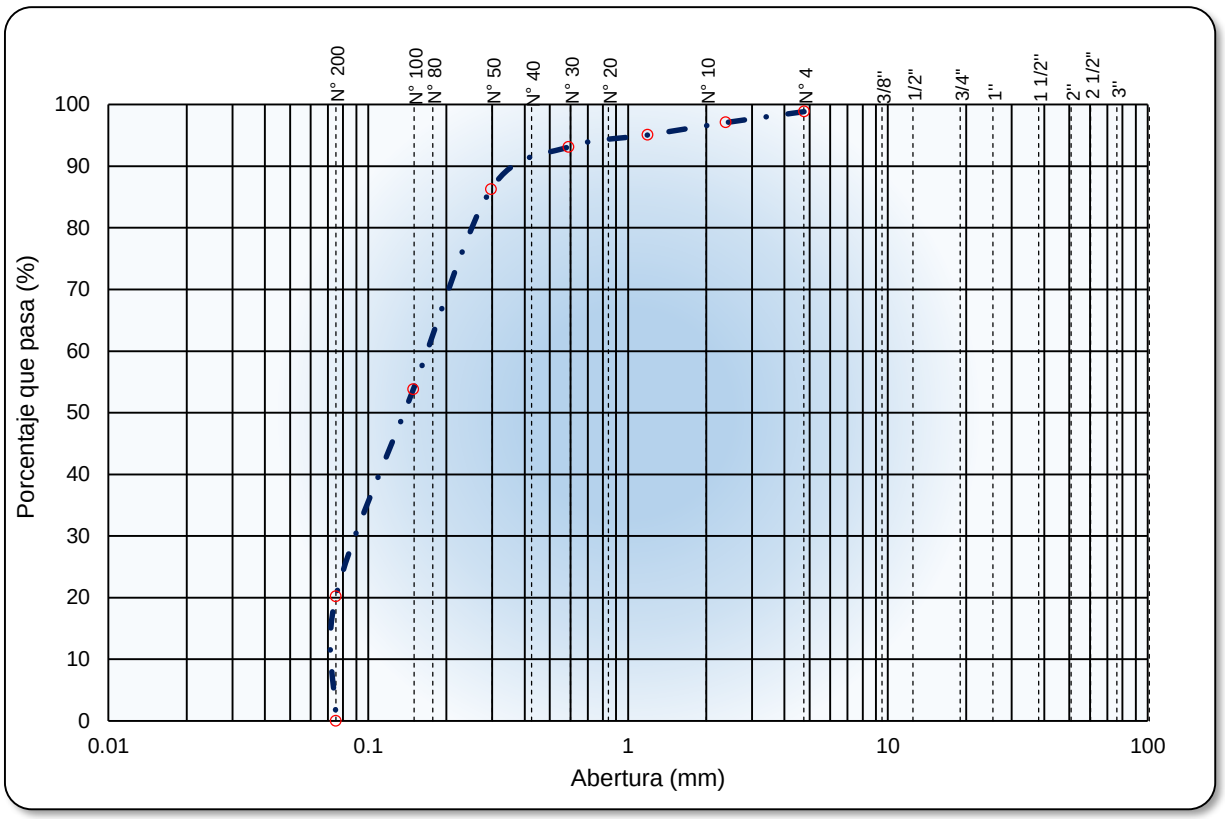


Fig. 40. Curva granulométrica del agregado fino.

- **Peso unitario.**

  Para la elaboración de este ensayo se realizó según el procedimiento establecido en la NTP 400.017.

  Determinación del peso unitario suelto.

  Para la determinación del peso unitario suelto se utilizó un molde cilíndrico, una balanza y se realizó el siguiente procedimiento:

  La muestra de ensayo debe estar seca, el molde cilindro es llenado con el material mediante una cuchara o una pala hasta rebosar, el agregado se descarga de una altura no mayor a 50 mm, seguidamente el agregado sobrante se enrasa con una regla.

  Se determina el peso del molde con el peso del material suelto.

  El cálculo del peso unitario suelto se realizó mediante la siguiente fórmula:

$$M = \frac{G - T}{V}$$

Donde:

M=peso unitario del agregado en kg/m^3.

G= peso del recipiente de medida más el agregado en kg.

T=peso del recipiente de medida en kg.

V=volumen de la medida en m^3.

En la Figura 41, se muestra el procedimiento del ensayo de peso unitario suelto realizado al agregado fino.

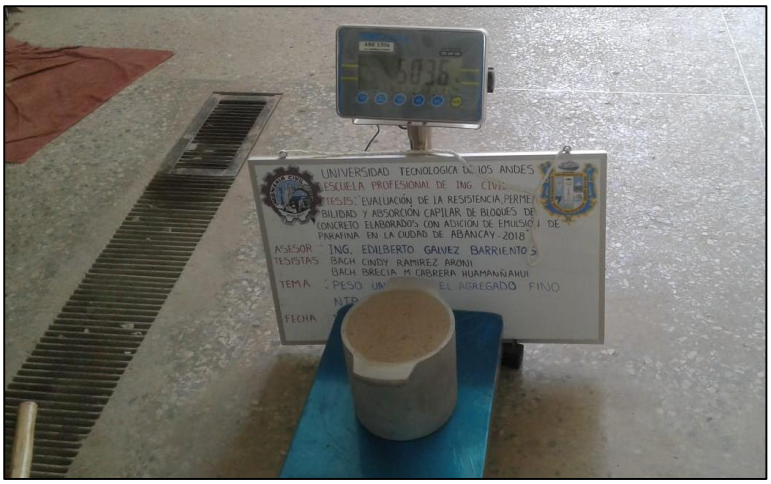


Fig. 41. Ensayo de peso unitario suelto.

Los resultados obtenidos de los ensayos se muestran en la Tabla 37.

Tabla 37. Ensayo de peso unitario suelto del agregado fino.

PESO UNITARIO SUELTO			
CARACTERÍSTICAS	**UNIDAD**	**ENSAYO**	
		1	**2**
Peso material + molde	(gr.)	5036	5092
Peso de molde	(gr.)	1622	1622
Peso neto de material	(gr.)	3414	3470
Volumen del molde	(cm3)	2721.411	2721.411
Peso unitario suelto	(gr/cm3)	1.254	1.275
PROMEDIO PESO UNITARIO SUELTO	**(gr/cm3)**	**1.265**	

Fuente: Elaboración propia.

Determinación del peso unitario compactado.

El molde cilíndrico es llenado en 3 capas iguales con el agregado, cada capa debe ser apisonada con una barra de metal con 25 golpes, terminado el

apisonado de la tercera capa se retira el material sobrante enrasando el molde.

Seguidamente se pesa el molde más el agregado compactado.

Para el cálculo del peso unitario compactado se utilizó la formula anterior mencionada.

En la Figura 42, se muestra el procedimiento del ensayo de peso unitario suelto realizado al agregado fino.

Fig. 42. Compactado del agregado fino en capas.

Los resultados obtenidos de los ensayos se muestran en la Tabla 38.

Tabla 38. Ensayo de peso unitario compactado del agregado fino.

PESO UNITARIO COMPACTADO			
CARACTERISTICAS	**UNIDAD**	**ENSAYO**	
		1	**2**
Peso material + molde	(gr.)	5514	5612
Peso de molde	(gr.)	1622	1622
Peso neto de material	(gr.)	3892	3990
Volumen del molde	(cm3)	2721.411	2721.411
Peso unitario compactado	(gr/cm3)	1.430	1.466
PROMEDIO PESO UNITARIO COMPACTADO	**(gr/cm3)**	**1.448**	

Fuente: Elaboración propia.

- **Peso específico y absorción del agregado.**

  El ensayo de peso específico se realizó mediante el procedimiento establecido en la NTP 400.022.

Se entiende por absorción al aumento de masa del agregado debido al agua que penetra en los poros de las partículas, durante un periodo de tiempo establecido, pero sin incluir el agua que se adhiere a la superficie exterior de las partículas (Norma Técnica Peruana 400.022, 2013).

Procedimiento.

(Norma Técnica Peruana 400.022, 2013) establece el siguiente procedimiento:

Sumergir una muestra de agregado fino en agua por un periodo de 24 horas para saturarlo y llenar los poros de agua, transcurrido las 24 horas se retira el agregado del agua y se seca el agua superficial hasta llegar a una humedad óptima del agregado.

Para determinar la humedad superficial del agregado se usa un molde en forma de cono, colocando el diámetro mayor hacia abajo, llenando el agregado fino hasta el tope, apisonar con 25 golpes con una barra compactadora, seguidamente retirar la arena de la base y levantar el molde verticalmente. Si la humedad de la superficie esta todavía presente, el agregado fino conservará la forma moldeada. La ligera caída del agregado fino indica que se ha llegado a un estado de superficie seca.

Llenar el picnómetro con agua, y registrar su peso, seguidamente introducir en el picnómetro una muestra de agregado debidamente pesada con humedad superficialmente seca, adicionar el agua hasta llegar al 90% de su capacidad, seguidamente agitar le picnómetro manualmente invirtiendo el frasco.

Después eliminar todas las burbujas del aire y determinar la masa del picnómetro más la muestra y el agua. Retirar el agregado fino del picnómetro en un recipiente y llevarlo a una estufa por un periodo de 24 horas a una temperatura de 110 °C.

En la Figura 43, se muestra el procedimiento del ensayo de peso específico realizado al agregado fino.

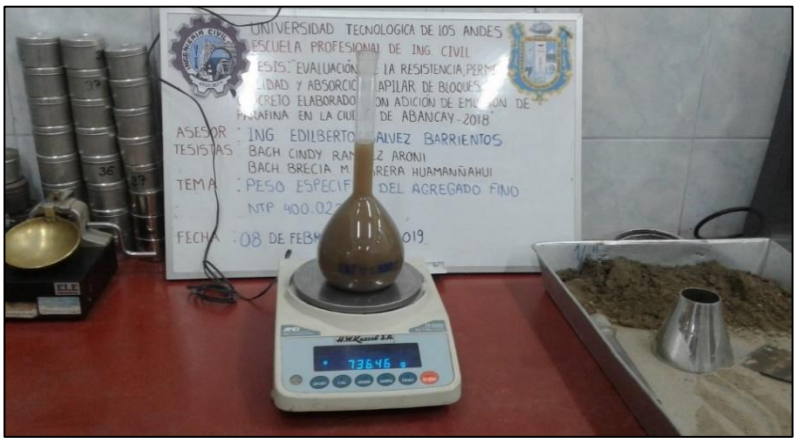


Fig. 43. Peso del picnómetro con agua y muestra.

Los resultados obtenidos de los ensayos se muestran en la Tabla 39.

Tabla 39. Ensayo de peso específico del agregado fino.

CARACTERISTICAS	UNIDAD	ENSAYO 1
Peso de ma. Sat. superficialmente seca	gr.	100.00
Peso de frasco + agua	gr.	674.52
Peso de frasco+ agua + peso mat. sat. sup. seco	gr.	774.52
Peso material + agua en el frasco	gr.	736.47
Volumen de masa+ volumen vacíos	gr.	38.05
Peso mat. seco en estufa (110 °C)	gr.	98.44
Volumen de masa	gr.	36.49
Peso específico de masa (Pem.)	**gr/cm^3**	**2.59**
Peso específico de masa sat. superficie seca (Pess.)	**gr/cm^3**	**2.63**
Peso específico aparente (Pea.)	**gr/cm^3**	**2.70**
% de absorción	**%**	**1.58**

Fuente: Elaboración propia.

- **Contenido de humedad.**

  El ensayo de contenido de humedad del agregado fino se realizó siguiendo el procedimiento establecido en la NTP 399.185 el cual indica que primero

se pesa la muestra en estado húmedo, luego se seca la muestra ya sea en un horno por un periodo de 24 horas, registrando así su peso seco y obteniendo el contenido de humedad.

Los resultados de los ensayos realizados a los agregados gruesos se muestran en la Tabla 40.

Tabla 40. Ensayo de contenido de humedad del agregado fino.

CARACTERISTICAS	UNIDAD	ENSAYO	
		1	2
Peso tara	gr.	106.73	125.57
Peso tara+ muestra húmeda	gr.	235.09	222.08
Peso de la muestra húmeda	gr.	128.36	96.51
Peso tara + muestra seca	gr.	221.79	211.69
Peso de muestra seca	gr.	115.06	86.12
Peso del agua	gr.	13.30	10.39
Contenido de humedad	%	11.56	12.06
PROMEDIO		**11.81**	

Fuente: Elaboración propia.

c) Componentes empleados para la fabricación del bloque de concreto.

- **Agregados.**

  El agregado utilizado para la fabricación de los bloques de concreto adicionados con emulsión de parafina fueron provenientes de la Cantera Murillo (Quitasol) el cual es denominado como confitillo o cascajillo, cuya característica particular es aquella que se encuentra entre los tamices 3/8" y N° 4.

  La arena fina utilizada fue proveniente de la Cantera de Casinchihua.

- **Cemento portland tipo I.**

  El cemento es un aglomerante hidráulico, estos al añadirse agua forman una pasta la cual fraguan y se endurecen.

- **Agua.**

  El agua debe estar limpia y libre de impurezas, se recomienda usar agua potable.

- **Emulsión de parafina.**

  La emulsión de parafina cuyas características son de color blanco, contenido de compuestos no volátiles (ASTM 1490) mínimo 45%, índice de acidez (pH) entre 9.5-11.0 según la NTP 319.164, viscosidad brookfield DV-E (ASTM D1084-88 METODO B), entre 1.000-5.000 cPs. a 10 rpm. a 21 ºC y utilizado como impermeabilizante.

d) Fabricación de los bloques.

El proceso de fabricación de los bloques de concreto adicionados con emulsión de parafina, se realizaron con el agregado usado por todas las empresas para la fabricación del bloque de concreto, en este caso provenientes de la Cantera Murillo (Quitasol), cuyas características fueron detalladas en el ítem 4.1.3 b.

Se fabricó en una de las empresas seleccionadas utilizando la máquina denominada ponedora. Todos los bloques de concreto se fabricaron en las mismas condiciones que se producen en la ciudad de Abancay, con la dosificación empleada por la empresa.

- **Equipos usados.**

  Entre los equipos usados tenemos la ponedora, la mesa vibradora y el molde metálico.

- **Dosificación.**

  La dosificación utilizada para la fabricación de los bloques de concreto fue 2 carretillas de confitillo y una carretilla de arena fina para una bolsa de cemento,

  En cuanto a las dosificaciones de la emulsión de parafina se utilizó 4 dosificaciones (1.0%, 1.5%, 2.0%, 2.5%) con respecto al volumen de agregado utilizado. Para ello se procedió a medir el volumen total de agregado, todo se realizó mediante baldes, obteniéndose una cantidad de 18 baldes, cada balde con un volumen de 0.021 m^3, teniendo un total de

volumen de 0.378 m^3 de agregado, los cuales considerando una pérdida de material de 3% hacen un total de 0.36m^3 de agregado. Del total de agregado obtenido se separó en 4 partes iguales obteniéndose en cada parte un volumen de 0.09 m^3.

La primera dosificación se calculó sacando el 1% del volumen considerado, en este caso el 1% de 0.09 obteniéndose de esta manera 900 ml. de parafina para la primera dosificación.

De la misma manera para la segunda dosificación se realizó el mismo proceso sacando el 1.5% al volumen obtenido de agregado, en este caso tendríamos el 1.5% de 0.09, obteniéndose de esta manera 1350 ml. de emulsión de parafina.

La tercera dosificación fue de 2% el cual aplicando el porcentaje respectivo nos muestra una dosificación de 1800 ml. de emulsión de parafina.

Finalmente, la cuarta dosificación fue de 2.5% obteniéndose una cantidad de 2250 ml. de emulsión de parafina.

La cantidad de agua utilizada para la fabricación de los bloques de concreto por bolsa de cemento equivale a 0.04 m^3.

- **Mezclado.**

  La cantidad de agregado usado se acarrea en un área de mezclado. Primero se acarreó el agregado tanto grueso como fino, luego se añadió cemento mezclando los 3 componentes en seco mediante palas hasta mezclar el cemento con todo el agregado. Seguidamente mezclado todo, se procedió a separar el volumen total de agregado en 4 partes para empezar con las dosificaciones respectivas de emulsión de parafina.

  Se realizó la mezcla por separado del agregado en cada dosificación de emulsión de parafina y para facilitar el fácil mezclado de la parafina con el agregado se disolvió la emulsión en un balde con agua.

- **Moldeado.**

  Obteniéndose la mezcla se procedió a colocar en la mesa de la ponedora para su moldeo respectivo, es importante realizar el vibrado de la mezcla hasta que aparezca una película de agua en la superficie de la mesa, luego se procedió a desmoldar haciendo uso de la ponedora, llevando los bloques recién fabricados al área de fraguado (Figura 44).

Fig. 44. Proceso de moldeo de los bloques de concreto.

- **Fraguado.**

  Terminada la fabricación de los bloques, éstos deben permanecer en un lugar fresco, libre de sol, con la finalidad de que puedan fraguar normalmente y evitar la pérdida de agua del bloque, lo que reduciría la resistencia final y provocaría el fisuramiento en el concreto. El proceso de fraguado de los bloques de concreto en la ciudad de Abancay se realiza normalmente alrededor de 24 horas (Figura 45).

Fig. 45. Proceso de fraguado de los bloques de concreto.

- **Curado.**

  El curado es un proceso importante en la fabricación de los bloques de concreto, los bloques fabricados con adición de emulsión de parafina fueron curados durante un periodo de 7 días, con el objetivo de continuar con la reacción química del cemento. Las empresas que fabrican bloques de concreto en la ciudad de Abancay realizan el curado por un periodo de 3 días, transcurrido dicho tiempo ponen a la venta los bloques.

4.1.4. Evaluación de las unidades de albañilería, de bloques de concreto elaborados con adición de emulsión de parafina.

a) Ensayo de variación dimensional.

El ensayo de variación dimensional para los bloques de concretos con emulsión de parafina se realizó siguiendo el mismo procedimiento que se utilizó para el ensayo de bloques de concreto convencionales (Figura 46).

Se ensayaron 5 muestras de bloques de concreto de las 4 adiciones respectivas (1.0%, 1.5%, 2.0%, 2.5%), haciendo un total de 20 unidades de muestra para la elaboración de este ensayo.

Fig. 46. Ensayo de variación dimensional de bloques de concreto con adición de emulsión de parafina.

Los resultados obtenidos de los ensayos realizados se muestran en la Tabla 41.

Tabla 41. Ensayo de variación dimensional de bloques de concreto con adición de emulsión de parafina.

SERIE	N° MUESTRA	LARGO (cm)	ANCHO (cm)	ALTURA (cm)	ESPESOR 1* (cm)	ESPESOR 2** (cm)
ADICION 2 (1.0%)	1	39.90	12.00	19.80	1.39	1.65
	2	40.00	12.10	19.20	1.42	1.59
	3	39.90	12.00	19.60	1.35	1.74
	4	39.90	11.90	19.50	1.36	1.80
	5	39.90	12.00	19.40	1.33	1.64
PROMEDIO		**39.92**	**12.00**	**19.50**	**1.37**	**1.68**
ADICION 3 (1.5%)	1	40.20	11.90	19.70	1.37	1.57
	2	40.00	11.90	19.60	1.43	1.69
	3	40.10	12.00	19.50	1.33	1.75
	4	40.00	12.00	19.30	1.43	1.70
	5	40.00	11.90	19.40	1.38	1.76
PROMEDIO		**40.06**	**11.94**	**19.50**	**1.39**	**1.69**
ADICION 4 (2.0%)	1	40.00	12.00	19.50	1.40	1.69
	2	39.90	12.00	19.50	1.40	1.67
	3	39.90	12.00	19.40	1.30	1.68
	4	40.00	12.00	19.40	1.33	1.51
	5	40.00	12.00	19.20	1.43	1.70
PROMEDIO		**39.96**	**12.00**	**19.40**	**1.37**	**1.65**
ADICION 5 (2.5%)	1	40.00	12.00	19.40	1.34	1.56
	2	40.00	11.90	19.10	1.35	1.69
	3	39.91	12.00	19.40	1.48	1.67
	4	40.10	12.00	19.10	1.49	1.65
	5	40.00	12.00	19.50	1.35	1.65
PROMEDIO		**40.00**	**11.98**	**19.30**	**1.40**	**1.64**

Fuente: Elaboración propia.

Donde:

*= espesor del borde del bloque de concreto

**= espesor de las divisiones de los orificios

b) Ensayo de alabeo.

El ensayo de alabeo para los bloques de concreto con adición de emulsión de parafina se realizó siguiendo el mismo procedimiento que se utilizó para el ensayo de bloques de concreto convencionales.

Se ensayaron 5 muestras de bloques de concreto de las 4 adiciones respectivas (1.0%,1.5%, 2.0% y 2.5%), haciendo un total de 20 unidades de muestra para la elaboración de este ensayo.

Los resultados obtenidos de los ensayos realizados se muestran en la Tabla 42.

Tabla 42. Ensayo de alabeo de bloques de concreto con adición de emulsión de parafina.

SERIE	N° MUESTRA	MEDICIÓN 1 (mm.)		MEDICIÓN 2 (mm.)		MEDICIÓN 3 (mm.)	
		Cóncavo	Convexo	Cóncavo	Convexo	Cóncavo	Convexo
ADICION 2 (1.0%)	1	4.48	--	4.30	--	5.84	--
	2	2.33	--		3.19	1.64	--
	3	5.23	--	0.67	--	1.96	--
	4	3.00	--	3.68	--	3.31	--
	5	4.34	--	5.97	--	2.80	--
PROMEDIO		**3.88**		**3.66**	**3.19**	**3.11**	
ADICION 3 (1.5%)	1	5.01	--	4.91	--	5.11	--
	2	--	0.73	1.22	--	1.82	--
	3	0.77	--	2.58	--	0.00	--
	4	5.22	--	8.90	--	12.23	--
	5	0.49	--	1.60	--	0.84	--
PROMEDIO		**2.87**	**0.73**	**3.84**		**4.00**	
ADICION 4 (2.0%)	1	1.33	--	0.00	--	1.26	--
	2	5.48	--	6.13	--	2.62	--
	3	4.10	--	2.08	--	2.66	--
	4	5.05	--	3.52	--	6.26	--
	5	4.00	--	2.70	--	6.72	--
PROMEDIO		**3.99**		**2.89**		**3.90**	
ADICION 5 (2.5%)	1	1.68	--	5.02	--	6.09	--
	2	3.89	--	--	2.94	2.18	--
	3	5.60	--	3.23	--	4.20	--
	4	3.60	--	4.80	--	4.48	--
	5	4.64	--	1.97	--	2.50	--
PROMEDIO		**3.88**		**3.76**	**2.94**	**3.89**	

Fuente: Elaboración propia.

La Norma E-070 (2017) del Reglamento Nacional de Edificaciones, establece como máximo alabeo 4 mm. según el resultado obtenido de los ensayos realizados a los bloques de concreto con adición de emulsión de parafina, las muestras ensayadas cumplen con lo establecido en la norma.

c) Ensayo de absorción.

El ensayo de absorción para los bloques de concretos con emulsión de parafina se realizó siguiendo el mismo procedimiento que se utilizó para el ensayo de bloques de concreto convencionales.

Se ensayaron 5 muestras de bloques de concreto de las 4 adiciones respectivas, haciendo un total de 20 unidades de muestra para la elaboración de este ensayo.

Los resultados obtenidos de los ensayos realizados se muestran en las Tablas 43, 44, 45 y 46.

Tabla 43. Ensayo de absorción de bloques de concreto con 1.0% de adición de emulsión de parafina.

CARACTERÍSTICAS	UNIDAD	ENSAYO				
		1	2	3	4	5
Peso saturado del espécimen	gr.	9337.60	9479.20	9206.00	9193.30	9064.80
Peso sumergido del espécimen	gr.	5295.00	5388.00	5226.00	5209.00	5132.00
Peso seco en estufa del espécimen (110 °C)	gr.	8787.00	8901.40	8604.70	8626.10	8488.70
DENSIDAD	gr/cm^3	2.17	2.18	2.16	2.17	2.16
PROMEDIO DE DENSIDAD	gr/cm^3			2.17		
% DE ABSORCION	%	6.27	6.49	6.99	6.58	6.79
PROMEDIO DE ABSORCION	%			6.62		

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 44. Ensayo de absorción de bloques de concreto con 1.5% de adición de emulsión de parafina.

CARACTERISTICAS	UNIDAD	ENSAYO				
		1	2	3	4	5
Peso saturado del espécimen	gr.	9271.30	9095.70	9161.00	9207.30	8893.00
Peso sumergido del espécimen	gr.	5214.00	5124.00	5116.00	5181.00	4891.00
Peso seco en estufa del espécimen (110 °C)	gr.	8628.50	8535.60	8543.60	8614.10	8249.30
DENSIDAD	gr/cm^3	2.13	2.15	2.11	2.14	2.06
PROMEDIO DE DENSIDAD	gr/cm^3			2.12		
% DE ABSORCION	%	7.45	6.56	7.23	6.89	7.80
PROMEDIO DE ABSORCION	%			7.19		

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 45. Ensayo de absorción de bloques de concreto con 2.0% de adición de emulsión de parafina.

CARACTERISTICAS	UNIDAD	ENSAYO				
		1	2	3	4	5
Peso saturado del espécimen	gr.	9079.60	9261.00	8908.10	8861.00	9189.20
Peso sumergido del espécimen	gr.	5099.00	5226.00	4991.00	4975.00	5158.00
Peso seco en estufa del espécimen (110 °C)	gr.	8449.60	8652.60	8266.60	8248.10	8576.80
DENSIDAD	gr/cm^3	2.12	2.14	2.11	2.12	2.13
PROMEDIO DE DENSIDAD	gr/cm^3			2.13		
% DE ABSORCION	%	7.46	7.03	7.76	7.43	7.14
PROMEDIO DE ABSORCION	%			7.36		

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 46. Ensayo de absorción de bloques de concreto con 2.5% de adición de emulsión de parafina.

CARACTERISTICAS	UNIDAD	ENSAYO				
		1	2	3	4	5
Peso saturado del espécimen	gr.	8937.10	9122.30	8997.20	9079.60	9089.90
Peso sumergido del espécimen	gr.	5006.00	5133.00	5002.00	5099.00	5090.00
Peso seco en estufa del espécimen (110° c)	gr.	8310.60	8515.60	8324.60	8449.60	8432.00
DENSIDAD	gr/cm^3	2.11	2.13	2.08	2.12	2.11
PROMEDIO DE DENSIDAD	gr/cm^3			2.11		
% DE ABSORCION	%	7.54	7.12	8.08	7.46	7.80
PROMEDIO DE ABSORCION	%			7.60		

Fuente: Elaboración propia.

Según la NTP 399.602 (2002), establece que el porcentaje máximo de absorción que puede tener un bloque de concreto es de 12% y según los

resultados obtenidos de los bloques de concreto elaborados con adición de emulsión de parafina, las 4 adiciones cumplen con lo establecido en la norma.

A su vez la NTP 399.602 (2002), establece que las unidades de albañilería en condiciones secas deben tener una densidad mayor o igual a 2000 kg/m^3 o 2.0 gr/cm^3 y según los resultados obtenidos de los ensayos realizados a las muestras de bloques de concreto elaborados con adición de emulsión de parafina, las 4 adiciones cumplen con lo establecido en la norma.

d) Ensayo de resistencia a la compresión.

El ensayo de resistencia a la compresión para los bloques de concretos con emulsión de parafina se realizó siguiendo el mismo procedimiento que se utilizó para el ensayo de bloques de concreto convencionales.

Se ensayaron 4 muestras de bloques de concreto de las 4 adiciones respectivas, haciendo un total de 16 unidades de muestra.

Los resultados obtenidos de los ensayos realizados se muestran en la Tabla 47.

Tabla 47. Ensayo de resistencia a la compresión de bloques de concreto con adición de emulsión de parafina a los 28 días.

Nº DE SERIE	Nº DE MUESTRA	RESIST. DE ESPECIF. f'c= (kg/cm²)	FECHA DE ENSAYO		ÁREA DE TESTIGO (cm²)	CARGA SOMETIDA	RESISTENCIA ALCANZADA	
			MOLDEO (día)	ROTURA (día)		Lec. CORREG. (kg.)	RESIST. (kg/cm²)	RESIST. PROMEDIO (kg/cm²)
ADICIÓN 2 (1.0%)	1	70	27/02/2019	26/03/2019	172.36	11950	69.33	75.14
	2	70	27/02/2019	26/03/2019	171.77	14950	87.03	
	3	70	27/02/2019	26/03/2019	169.20	13070	77.25	
	4	70	27/02/2019	26/03/2019	170.41	11410	66.96	
ADICIÓN 3 (1.5%)	1	70	27/02/2019	26/03/2019	173.62	11340	65.32	63.05
	2	70	27/02/2019	26/03/2019	173.01	10990	63.52	
	3	70	27/02/2019	26/03/2019	170.03	10400	61.17	
	4	70	27/02/2019	26/03/2019	169.15	10520	62.19	
ADICIÓN 4 (2.0%)	1	70	27/02/2019	25/03/2019	173.85	11300	65.00	62.46
	2	70	27/02/2019	25/03/2019	171.95	10400	60.48	
	3	70	27/02/2019	25/03/2019	169.90	10310	60.68	
	4	70	27/02/2019	25/03/2019	170.85	10880	63.68	
ADICIÓN 5 (2.5%)	1	70	27/02/2019	26/03/2019	172.40	8940	51.86	55.55
	2	70	27/02/2019	26/03/2019	166.67	8920	53.52	
	3	70	27/02/2019	26/03/2019	173.03	10370	59.93	
	4	70	27/02/2019	26/03/2019	167.87	9550	56.89	

Fuente: Elaboración propia.

e) Ensayo de absorción capilar.

El ensayo de absorción capilar para los bloques de concretos con emulsión de parafina, se realizó siguiendo el mismo procedimiento que se utilizó para el ensayo de bloques de concreto convencionales.

Se ensayaron 5 muestras de bloques de concreto de las 4 adiciones respectivas, haciendo un total de 20 unidades de muestra.

Los resultados obtenidos de los ensayos realizados se muestran en las Tablas 48, 49, 50 y 51.

Tabla 48. Ensayo de absorción capilar de bloques de concreto con 1% de adición de emulsión de parafina.

	TIEMPO (seg.)	Peso (Kg.) = Qt					T^1/2 (s)	Qt-Qo (kg.)					PROMEDIO
		ENSAYO						ENSAYO					
		1	2	3	4	5		1	2	3	4	5	
P0	0	8.6966	8.5746	8.5436	8.6141	8.2893	0.00	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	**0.0000**
P1	600	8.7112	8.5865	8.5565	8.6270	8.3064	24.49	0.0146	0.0119	0.0129	0.0129	0.0171	**0.0139**
P2	1200	8.7159	8.5914	8.5620	8.6314	8.3091	34.64	0.0193	0.0168	0.0184	0.0173	0.0198	**0.0183**
P3	1800	8.7185	8.5934	8.5646	8.6345	8.3119	42.43	0.0219	0.0188	0.0210	0.0204	0.0226	**0.0209**
P4	3000	8.7219	8.5964	8.5693	8.6389	8.3143	54.77	0.0253	0.0218	0.0257	0.0248	0.0250	**0.0245**
P5	4200	8.7240	8.5993	8.5736	8.6428	8.3165	64.81	0.0274	0.0247	0.0300	0.0287	0.0272	**0.0276**
P6	5400	8.7262	8.6021	8.5768	8.6464	8.3185	73.48	0.0296	0.0275	0.0332	0.0323	0.0292	**0.0304**
P7	6600	8.7282	8.6037	8.5799	8.6490	8.3199	81.24	0.0316	0.0291	0.0363	0.0349	0.0306	**0.0325**
P8	7800	8.7298	8.6058	8.5826	8.6521	8.3210	88.32	0.0332	0.0312	0.0390	0.0380	0.0317	**0.0346**
P9	9000	8.7314	8.6081	8.5854	8.6543	8.3223	94.87	0.0348	0.0335	0.0418	0.0402	0.0330	**0.0367**
P10	10200	8.7329	8.6100	8.5887	8.6568	8.3239	101.00	0.0363	0.0354	0.0451	0.0427	0.0346	**0.0388**
P11	11400	8.7334	8.6107	8.5943	8.6629	8.3265	106.77	0.0368	0.0361	0.0507	0.0488	0.0372	**0.0419**
P12	12600	8.7344	8.6123	8.5955	8.6641	8.3268	112.25	0.0378	0.0377	0.0519	0.0500	0.0375	**0.0430**

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 49. Ensayo de absorción capilar de bloques de concreto con 1.5 % de adición de emulsión de parafina.

	TIEMPO (seg.)	PESO (Kg.) = Qt					T^1/2 (s)	Qt-Qo (kg.)					PROMEDIO
		ENSAYO						ENSAYO					
		1	2	3	4	5		1	2	3	4	5	
P0	0	8.8472	8.9401	8.6723	8.6796	8.5453	0.00	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	**0.0000**
P1	600	8.8573	8.9591	8.6849	8.6946	8.5602	24.49	0.0101	0.0190	0.0126	0.0150	0.0149	**0.0143**
P2	1200	8.8601	8.9641	8.6878	8.7006	8.5635	34.64	0.0129	0.0240	0.0155	0.0210	0.0182	**0.0183**
P3	1800	8.8626	8.9671	8.6908	8.7039	8.5665	42.43	0.0154	0.0270	0.0185	0.0243	0.0212	**0.0213**
P4	3000	8.8650	8.9719	8.6933	8.7076	8.5698	54.77	0.0178	0.0318	0.0210	0.0280	0.0245	**0.0246**
P5	4200	8.8662	8.9761	8.6952	8.7102	8.5725	64.81	0.0190	0.0360	0.0229	0.0306	0.0272	**0.0271**
P6	5400	8.8674	8.9789	8.6972	8.7132	8.5748	73.48	0.0202	0.0388	0.0249	0.0336	0.0295	**0.0294**
P7	6600	8.8689	8.9816	8.6983	8.7156	8.5762	81.24	0.0217	0.0415	0.0260	0.0360	0.0309	**0.0312**
P8	7800	8.8699	8.9840	8.6995	8.7168	8.5783	88.32	0.0227	0.0439	0.0272	0.0372	0.0330	**0.0328**
P9	9000	8.8712	8.9860	8.7008	8.7185	8.5795	94.87	0.0240	0.0459	0.0285	0.0389	0.0342	**0.0343**
P10	10200	8.8726	8.9888	8.7018	8.7201	8.5814	101.00	0.0254	0.0487	0.0295	0.0405	0.0361	**0.0360**
P11	11400	8.8737	8.9903	8.7026	8.7214	8.5827	106.77	0.0265	0.0502	0.0303	0.0418	0.0374	**0.0372**
P12	12600	8.8742	8.9921	8.7035	8.7226	8.5832	112.25	0.0270	0.0520	0.0312	0.0430	0.0379	**0.0382**

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 50. Ensayo de absorción capilar de bloques de concreto con 2 % de adición de emulsión de parafina.

	TIEMPO (seg.)	PESO (Kg.) = Qt					T^1/2 (s)	Qt-Qo (kg.)					PROMEDIO
		ENSAYO						ENSAYO					
		1	2	3	4	5		1	2	3	4	5	
P0	0	8.3739	8.7089	8.3157	8.3006	8.6423	0.00	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	**0.0000**
P1	600	8.3928	8.7204	8.3333	8.3137	8.6555	24.49	0.0189	0.0115	0.0176	0.0131	0.0132	**0.0149**
P2	1200	8.3974	8.7212	8.3354	8.3166	8.6596	34.64	0.0235	0.0123	0.0197	0.0160	0.0173	**0.0178**
P3	1800	8.3995	8.7228	8.3378	8.3187	8.6622	42.43	0.0256	0.0139	0.0221	0.0181	0.0199	**0.0199**
P4	3000	8.4018	8.7228	8.3400	8.3217	8.6647	54.77	0.0279	0.0139	0.0243	0.0211	0.0224	**0.0219**
P5	4200	8.4034	8.7238	8.3420	8.3218	8.6664	64.81	0.0295	0.0149	0.0263	0.0212	0.0241	**0.0232**
P6	5400	8.4051	8.7234	8.3425	8.3228	8.6684	73.48	0.0312	0.0145	0.0268	0.0222	0.0261	**0.0242**
P7	6600	8.4051	8.7238	8.3451	8.3231	8.6693	81.24	0.0312	0.0149	0.0294	0.0225	0.0270	**0.0250**
P8	7800	8.4060	8.7236	8.3443	8.3241	8.6700	88.32	0.0321	0.0147	0.0286	0.0235	0.0277	**0.0253**
P9	9000	8.4065	8.7243	8.3457	8.3250	8.6709	94.87	0.0326	0.0154	0.0300	0.0244	0.0286	**0.0262**
P10	10200	8.4070	8.7248	8.3466	8.3256	8.6722	101.00	0.0331	0.0159	0.0309	0.0250	0.0299	**0.0270**
P11	11400	8.4078	8.7238	8.3466	8.3261	8.6729	106.77	0.0339	0.0149	0.0309	0.0255	0.0306	**0.0272**
P12	12600	8.4083	8.7246	8.3477	8.3263	8.6732	112.25	0.0344	0.0157	0.0320	0.0257	0.0309	**0.0277**

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 51. Ensayo de absorción capilar de bloques de concreto con 2.5 % de adición de emulsión de parafina.

	TIEMPO (seg.)	PESO (Kg.) = Qt					T^1/2 (s)	Qt-Qo (kg.)					PROMEDIO
		ENSAYO						ENSAYO					
		1	2	3	4	5		1	2	3	4	5	
	0	8.3106	8.5755	8.7331	8.4755	8.4680	0.00	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	**0.0000**
P1	600	8.3182	8.5815	8.7384	8.4816	8.4783	24.49	0.0076	0.0060	0.0053	0.0061	0.0103	**0.0071**
P2	1200	8.3201	8.5839	8.7400	8.4833	8.4792	34.64	0.0095	0.0084	0.0069	0.0078	0.0112	**0.0088**
P3	1800	8.3225	8.5846	8.7412	8.4845	8.4793	42.43	0.0119	0.0091	0.0081	0.0090	0.0113	**0.0099**
P4	3000	8.3253	8.5855	8.7426	8.4860	8.4806	54.77	0.0147	0.0100	0.0095	0.0105	0.0126	**0.0115**
P5	4200	8.3276	8.5865	8.7437	8.4871	8.4819	64.81	0.0170	0.0110	0.0106	0.0116	0.0139	**0.0128**
P6	5400	8.3297	8.5874	8.7447	8.4878	8.4825	73.48	0.0191	0.0119	0.0116	0.0123	0.0145	**0.0139**
P7	6600	8.3318	8.5884	8.7457	8.4889	8.4831	81.24	0.0212	0.0129	0.0126	0.0134	0.0151	**0.0150**
P8	7800	8.3341	8.5888	8.7465	8.4890	8.4834	88.32	0.0235	0.0133	0.0134	0.0135	0.0154	**0.0158**
P9	9000	8.3348	8.5891	8.7483	8.4895	8.4840	94.87	0.0242	0.0136	0.0152	0.0140	0.0160	**0.0166**
P10	10200	8.3350	8.5902	8.7484	8.4906	8.4841	101.00	0.0244	0.0147	0.0153	0.0151	0.0161	**0.0171**
P11	11400	8.3351	8.5902	8.7484	8.4906	8.4841	106.77	0.0245	0.0147	0.0153	0.0151	0.0161	**0.0171**
P12	12600	8.3351	8.5902	8.7486	8.4905	8.4842	112.25	0.0245	0.0147	0.0155	0.0150	0.0162	**0.0172**

Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 47, se muestra la comparación de los resultados del ensayo de absorción capilar realizado a los bloques de concreto con adición de emulsión de parafina en las diferentes adiciones.

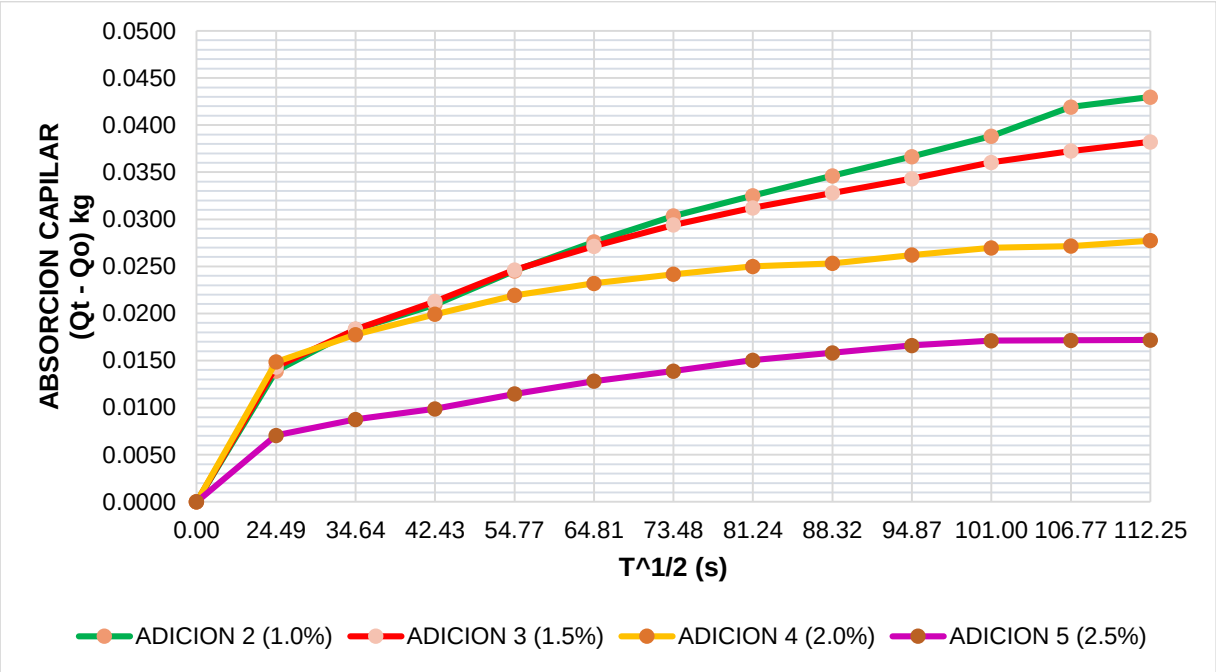


Fig. 47. Ensayo de absorción capilar de bloques de concreto con adición de emulsión de parafina.

f) Ensayo de permeabilidad.

El ensayo de permeabilidad para los bloques de concretos con emulsión de parafina se realizó siguiendo el mismo procedimiento que se utilizó para el ensayo de bloques de concreto convencionales.

Se ensayaron 5 muestras de bloques de concreto de las 4 adiciones respectivas, haciendo un total de 20 unidades de muestra.

Los resultados obtenidos de los ensayos realizados se muestran en las Tablas 52, 53, 54 y 55.

Tabla 52. Ensayo de permeabilidad de bloques de concreto con 1.0% de adición de emulsión de parafina.

TIEMPO (seg.)	VOLUMEN PENETRADO DE AGUA (ml.)					PROMEDIO
	ENSAYO					
	1	2	3	4	5	
0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
60	0.70	0.60	0.80	0.80	0.62	0.70
120	0.95	0.90	1.20	1.10	0.82	0.99
180	1.15	1.10	1.48	1.30	1.02	1.21
240	1.32	1.30	1.65	1.48	1.22	1.39
300	1.47	1.48	1.82	1.60	1.37	1.55
360	1.62	1.58	1.97	1.72	1.52	1.68
420	1.77	1.68	2.09	1.82	1.64	1.80
480	1.87	1.78	2.19	1.92	1.74	1.90
540	1.97	1.88	2.29	2.02	1.84	2.00
600	2.07	1.98	2.39	2.12	1.92	2.10

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 53. Ensayo de permeabilidad de bloques de concreto con 1.5% de adición de emulsión de parafina.

TIEMPO (seg.)	VOLUMEN PENETRADO DE AGUA (ml.)					PROMEDIO
	ENSAYO					
	1	2	3	4	5	
0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
60	0.60	0.45	0.55	0.60	0.55	0.55
120	0.90	0.75	0.83	0.90	0.80	0.84
180	1.15	0.95	1.03	1.10	1.00	1.05
240	1.33	1.10	1.23	1.25	1.18	1.22
300	1.48	1.25	1.33	1.40	1.33	1.36
360	1.58	1.40	1.43	1.52	1.48	1.48
420	1.68	1.50	1.51	1.64	1.60	1.59
480	1.78	1.60	1.59	1.74	1.70	1.68
540	1.86	1.68	1.67	1.82	1.78	1.76
600	1.91	1.73	1.72	1.90	1.86	1.82

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 54. Ensayo de permeabilidad de bloques de concreto con 2.0% de adición de emulsión de parafina.

TIEMPO (seg.)	VOLUMEN PENETRADO DE AGUA (ml.)					PROMEDIO
	ENSAYO					
	1	2	3	4	5	
0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
60	0.40	0.60	0.50	0.50	0.58	0.52
120	0.60	0.80	0.70	0.65	0.83	0.72
180	0.75	0.95	0.85	0.75	1.03	0.87
240	0.90	1.10	0.95	0.95	1.23	1.03
300	1.05	1.20	1.05	1.03	1.41	1.15
360	1.15	1.30	1.13	1.11	1.53	1.24
420	1.23	1.38	1.21	1.19	1.65	1.33
480	1.31	1.46	1.29	1.27	1.75	1.42
540	1.36	1.51	1.37	1.32	1.83	1.48
600	1.41	1.56	1.42	1.37	1.91	1.53

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 55. Ensayo de permeabilidad de bloques de concreto con 2.5% de adición de emulsión de parafina.

TIEMPO (seg.)	VOLUMEN PENETRADO DE AGUA (ml.)					PROMEDIO
	ENSAYO					
	1	2	3	4	5	
0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
60	0.60	0.60	0.10	0.55	0.25	0.42
120	0.70	0.65	0.15	0.71	0.43	0.53
180	0.78	0.70	0.20	0.86	0.58	0.62
240	0.85	0.75	0.25	0.95	0.68	0.70
300	0.90	0.80	0.29	1.00	0.78	0.75
360	0.95	0.82	0.32	1.05	0.88	0.80
420	1.00	0.84	0.34	1.10	0.96	0.85
480	1.05	0.86	0.36	1.15	1.01	0.89
540	1.09	0.88	0.38	1.19	1.04	0.92
600	1.11	0.89	0.40	1.23	1.07	0.94

Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 48, se muestra la comparación de los resultados del ensayo de permeabilidad realizado a los bloques de concreto con adición de emulsión de parafina en las diferentes adiciones.

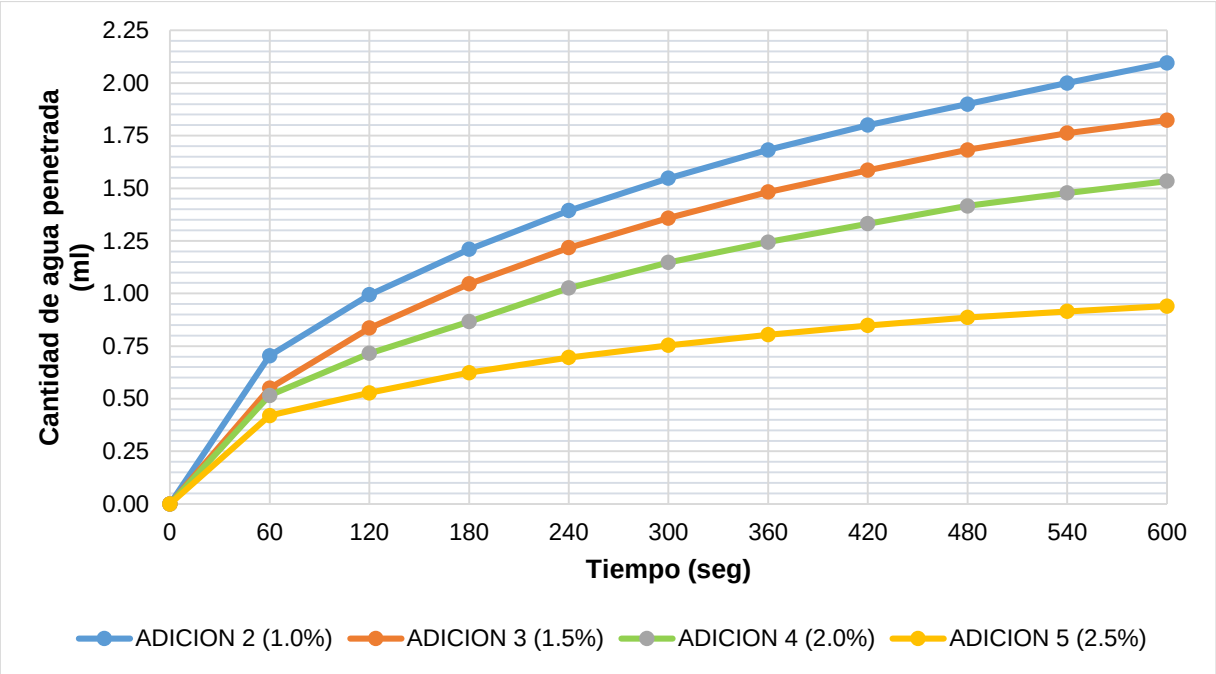


Fig. 48. Ensayo de permeabilidad de bloques de concreto con adición de emulsión de parafina.

g) Estudio del comportamiento del bloque de concreto como muro.

Para evaluar la adherencia de los bloques de concreto elaborados con adición de emulsión de parafina con el mortero, se construyeron 2 muretes con las diferentes adiciones (A3 y A5) a su vez se realizó el revestimiento respectivo. Se pudo observar que no existen problemas de adherencia del bloque de concreto con el mortero (Figura 49 y 50).

Fig. 49. Apilado de murete con bloques de concreto con adición de 1.5% de emulsión de parafina.

Fig. 50. Revestimiento del murete.

4.1.5. Análisis y comparación de los resultados.

- **Comparación de los resultados de variación dimensional.**

  En la Tabla 56, se muestran la comparación de los resultados de los ensayos de variación dimensional de bloques de concreto con y sin adición de emulsión de parafina, frente a los parámetros establecidos por las normas respectivas.

Tabla 56. Comparación de los ensayos de variación dimensional de bloques de concreto con y sin adición de emulsión de parafina.

DESCRIPCIÓN		LARGO (cm.)	ANCHO (cm.)	ALTURA (cm.)	VARIACIÓN			NTP 399.602	ACEPTACIÓN DE LA UNIDAD
					Largo (mm.)	Ancho (mm.)	Altura (mm.)	Variación dim max. (mm.)	
BLOQUETERAS	B1	40.04	12.02	19.56	10.40	0.20	5.60	± 3	No se acepta
	B2	40.00	12.00	19.24	10.00	0.00	2.40		No se acepta
	B3	39.94	11.96	19.40	9.40	-0.40	4.00		No se acepta
BLOQUE DISEÑADO	A2 (1.0%)	39.92	12.00	19.50	9.20	0.00	5.00		No se acepta
	A3 (1.5%)	40.06	11.94	19.50	10.60	-0.60	5.00		No se acepta
	A4 (2.0%)	39.96	12.00	19.40	9.60	0.00	4.00		No se acepta
	A5 (2.5%)	40.00	11.98	19.30	10.02	-0.20	3.00		No se acepta

Fuente: Elaboración propia.

- **Comparación de los resultados de alabeo.**

  En la Tabla 57, se muestran la comparación de los resultados de los ensayos de alabeo de bloques de concreto con y sin adición de emulsión de parafina, frente a los parámetros establecidos por las normas respectivas.

Tabla 57. Comparación de los ensayos de alabeo de bloques de concreto con y sin adición de emulsión de parafina.

DESCRIPCIÓN		ENSAYO DE ALABEO (mm.)	RNE E070	ACEPTACIÓN DE LA UNIDAD
			Alabeo max (mm.)	
BLOQUETERAS	B1	2.97	4.00	Se acepta
	B2	9.95		No se acepta
	B3	9.11		No se acepta
BLOQUE DISEÑADO	A2 (1.0 %)	3.46		Se acepta
	A3 (1.5%)	2.86		Se acepta
	A4 (2.0%)	3.59		Se acepta
	A5 (2.5%)	3.62		Se acepta

Fuente: Elaboración propia.

- **Comparación de los resultados de absorción.**

  En la Tabla 58, se muestran la comparación de los resultados de los ensayos de absorción de bloques de concreto con y sin adición de emulsión de parafina, frente a los parámetros establecidos por las normas respectivas.

Tabla 58. Comparación de los ensayos de absorción de bloques de concreto con y sin adición de emulsión de parafina.

DESCRIPCIÓN		ABSORCIÓN (%)	NTP 399.602	ACEPTACIÓN DE LA UNIDAD
			ABSORCIÓN MAXIMA (%)	
BLOQUE TERAS	B1	6.86	12	Se acepta
	B2	6.38		Se acepta
	B3	9.14		Se acepta
BLOQUE DISEÑADO	A2 (1.0 %)	6.62	12	Se acepta
	A3 (1.5%)	7.19		Se acepta
	A4 (2.0%)	7.36		Se acepta
	A5 (2.5%)	7.6		Se acepta

Fuente: Elaboración propia.

- **Comparación de los resultados del ensayo de resistencia a la compresión**

  En la Tabla 59, se muestran la comparación de los resultados de los ensayos de resistencia a la compresión de bloques de concreto con y sin adición de emulsión de parafina, frente a los parámetros establecidos por las normas respectivas.

Tabla 59. Comparación de los ensayos de resistencia a la compresión de bloques de concreto con y sin adición de emulsión de parafina.

DESCRIPCIÓN		ENSAYO DE RESISTENCIA (kg/cm2)	NTP 399.602	CLASIFICACIÓN
			f´b min (kg/cm2)	
BLOQUE TERAS	B1	66.01	70.00	NP
	B2	66.12		NP
	B3	44.01		NP
BLOQUE DISEÑADO	A2 (1.0 %)	75.14		P
	A3 (1.5%)	63.05		NP
	A4 (2.0%)	62.46		NP
	A5 (2.5%)	55.55		NP

Fuente: Elaboración propia.

Donde:

P=bloque usado en la construcción de muros portantes.

NP= bloque usado en la construcción de muros no portantes.

- **Comparación de los resultados del ensayo de absorción capilar.**

  Para obtener un mejor resultado de este ensayo, se dejó el bloque de concreto en contacto con el agua por un periodo de 24 horas, tanto de un bloque de concreto sin adición y de un bloque de concreto con adición de emulsión de parafina, el resultado obtenido se muestra en la Figura 51 y 52.

Fig. 51. Comparación de bloque de concreto con adición de 2.0% frente a bloque de concreto sin adición.

Fig. 52. Comparación de bloque de concreto con adición de 2.5% frente a bloque de concreto sin adición.

Fig. 53. Comparación de bloque de concreto con adición de emulsión de parafina de 1.0% y 2.5%.

Fig. 54. Comparación de bloque de concreto con adición de emulsión de parafina de 1.5% y 2.5%.

Fig. 55. Comparación de bloque de concreto con adición de emulsión de parafina de 1.0%, 1.5% y 2.5%.

En la Figura 56, se puede observar la comparación de los resultados del ensayo de absorción capilar de la bloquetera con menor absorción capilar obtenida, frente a los bloques con adición de emulsión de parafina en sus 4 adiciones (1.0%, 1.5%, 2.0% y 2.5%).

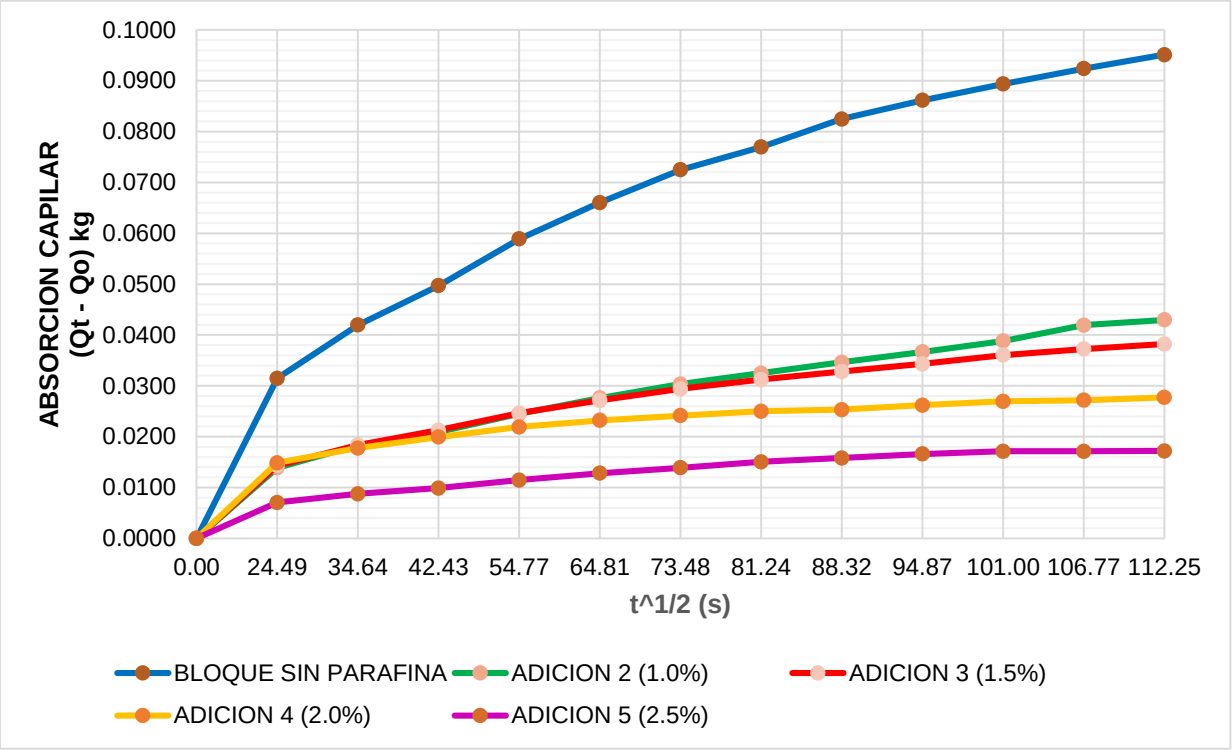


Fig. 56. Ensayo de absorción capilar de bloque convencional con menor absorción capilar frente a bloques con adición de emulsión de parafina.

En la Figura 57, se puede observar la comparación de los resultados del ensayo de absorción capilar de la bloquetera con mayor absorción capilar obtenida, frente a los bloques con adición de emulsión de parafina en sus 4 adiciones (1.0%, 1.5%, 2.0% y 2.5%).

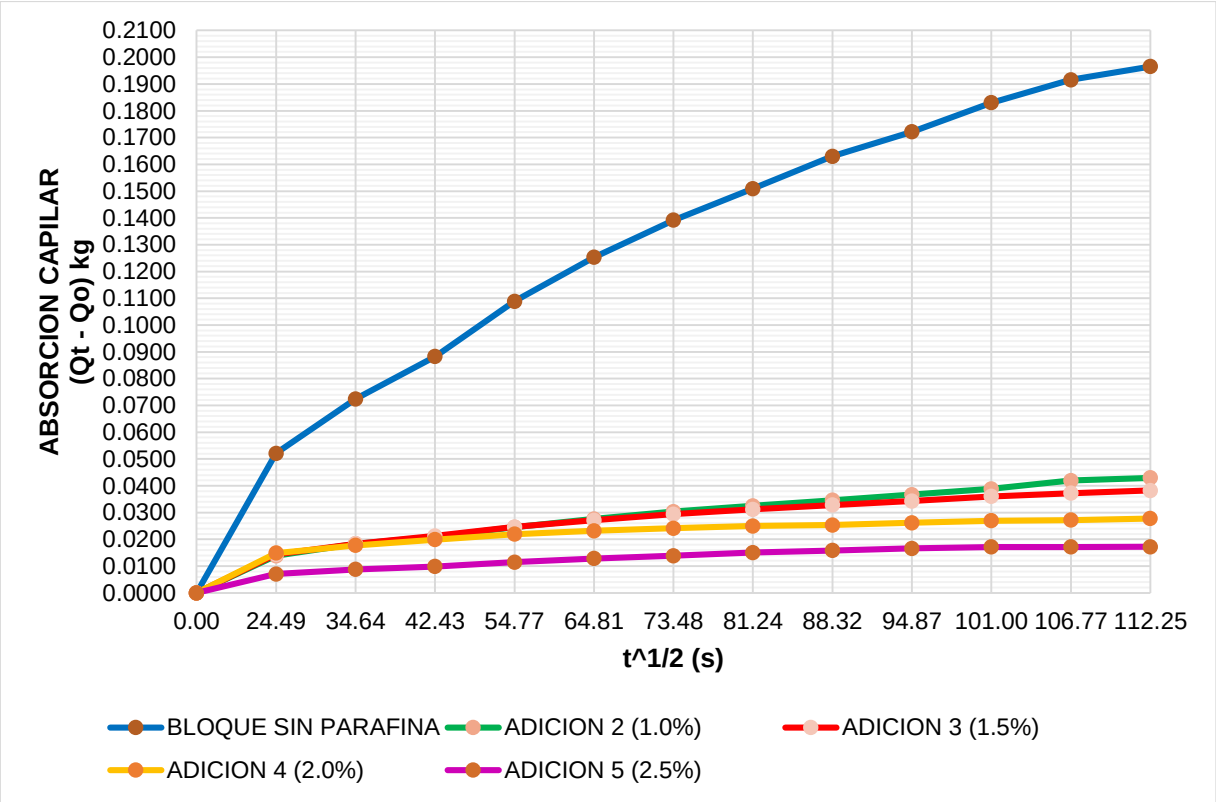


Fig. 57. Ensayo de absorción capilar de bloque convencional con mayor absorción capilar frente a bloques con adición de emulsión de parafina.

En la Tabla 60, se puede observar los porcentajes de reducción de los resultados de las bloqueteras con menor y mayor absorción capilar, frente a los bloques con adición de emulsión de parafina.

Tabla 60. Porcentajes de reducción del ensayo de absorción capilar de bloques de concreto con y sin adición de emulsión de parafina.

DESCRIPCIÓN	PORCENTAJE DE REDUCCIÓN (%)			
	ADICIÓN 2 (A2)	ADICIÓN 3 (A3)	ADICIÓN 4 (A4)	ADICIÓN 5 (A5)
Bloquetera con menor absorción capilar (B2)	54.78	59.83	70.83	81.91
Bloquetera con mayor absorción capilar (B3)	78.12	80.56	85.88	91.25

Fuente: Elaboración propia.

- **Comparación de los resultados del ensayo de permeabilidad.**

  En la Figura 58, se puede observar la comparación de los resultados del ensayo de permeabilidad de la bloquetera con menor permeabilidad obtenida, frente a

los bloques con adición de emulsión de parafina en sus 4 adiciones (1.0%, 1.5%, 2.0% y 2.5%).

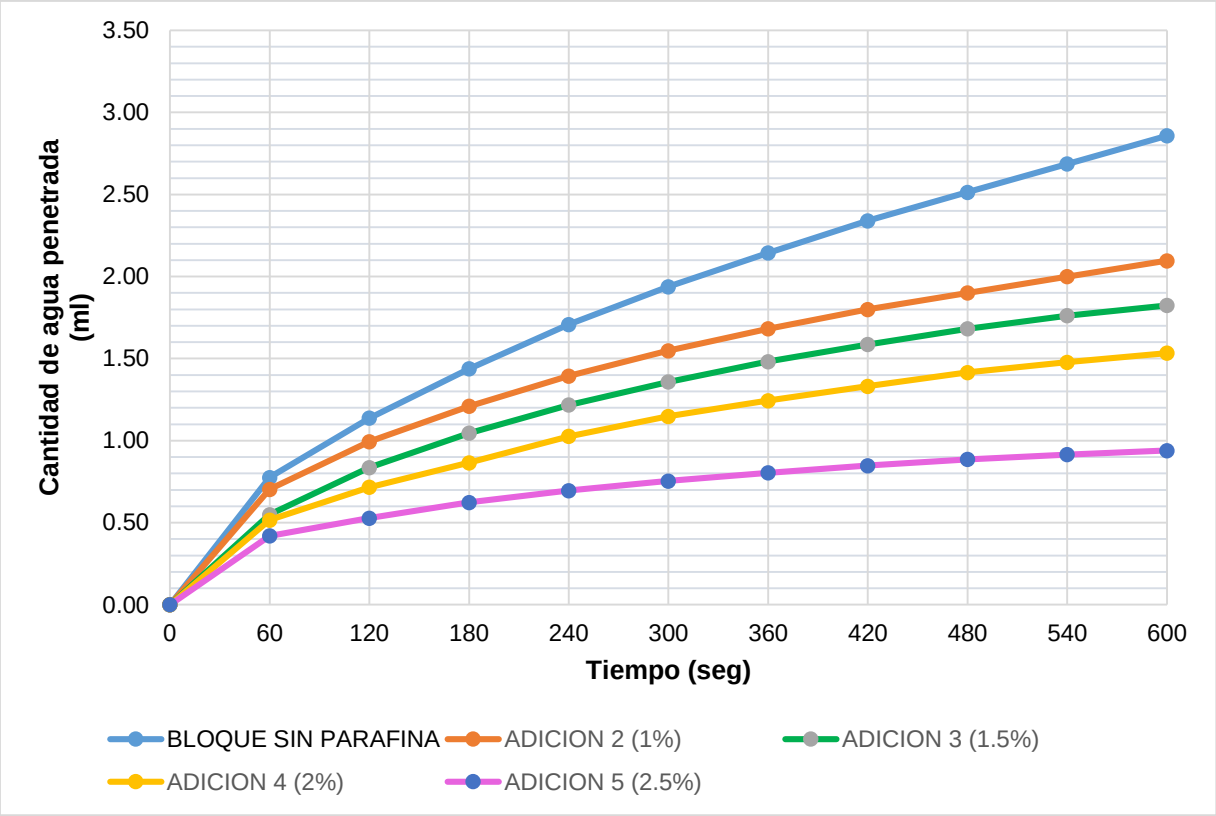


Fig. 58. Ensayo de permeabilidad de bloque convencional con menor permeabilidad frente a bloques con adición de emulsión de parafina.

En la Figura 59, se puede observar la comparación de los resultados del ensayo de permeabilidad de la bloquetera con mayor permeabilidad obtenida, frente a los bloques con adición de emulsión de parafina en sus 4 adiciones (1.0%, 1.5%, 2.0% y 2.5%)

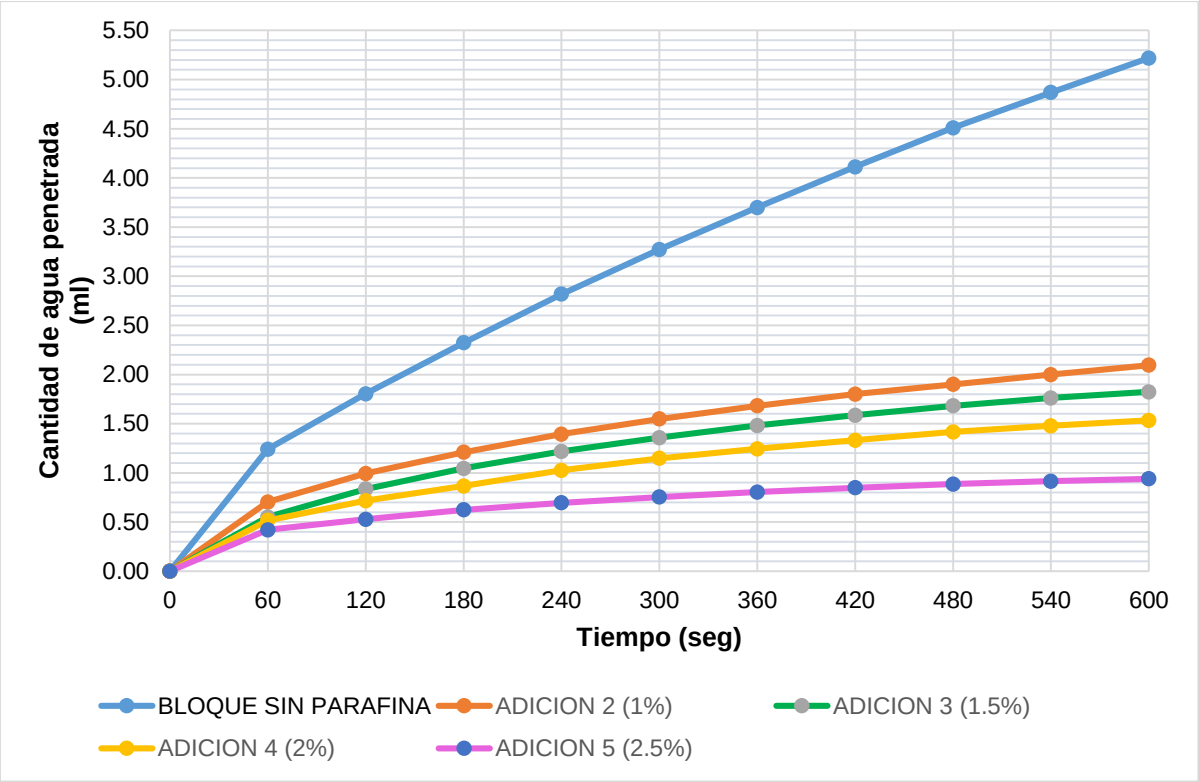


Fig. 59. Ensayo de permeabilidad de bloque convencional con mayor permeabilidad frente a bloques con adición de emulsión de parafina.

En la Tabla 61, se muestran la comparación de los resultados de los ensayos de permeabilidad de bloques de concreto con y sin adición de emulsión de parafina frente a los parámetros establecidos por las especificaciones del instrumento del tubo karsten.

Tabla 61. Comparación de los ensayos de permeabilidad de bloques de concreto con y sin adición de emulsión de parafina.

DESCRIPCIÓN		ENSAYO DE PERMEABILIDAD (ml.)	REF. Penetración max (ml/min)	REF. Penetración max (ml/10 min)	ACEPTACIÓN DE LA UNIDAD
BLOQUE TERAS	B1	2.86	0.50	5.00	se acepta
	B2	2.93			se acepta
	B3	5.22			no se acepta
BLOQUE DISEÑADO	A2 (1.0 %)	2.10			se acepta
	A3 (1.5%)	1.82			se acepta
	A4 (2.0%)	1.53			se acepta
	A5 (2.5%)	0.94			se acepta

Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 62, se puede observar los porcentajes de reducción de los resultados de las bloqueteras con menor y mayor permeabilidad, frente a los bloques con adición de emulsión de parafina.

Tabla 62. Porcentajes de reducción del ensayo de permeabilidad de bloques de concreto con y sin adición de emulsión de parafina.

DESCRIPCIÓN	PORCENTAJE DE REDUCCION (%)			
	ADICIÓN 2 (A2)	ADICIÓN 3 (A3)	ADICIÓN 4 (A4)	ADICIÓN 5 (A5)
Bloquetera con menor permeabilidad (B1)	26.57	36.36	46.50	67.13
Bloquetera con mayor permeabilidad (B3)	59.77	65.13	70.69	81.99

Fuente: Elaboración propia.

- **Comparación del precio de venta.**

En las Tablas 63, 64, 65, 66 y 67 se puede observar los costos de producción por bolsa de cemento de bloques convencionales, así como de bloques de concreto con adición de emulsión de parafina en sus diferentes dosificaciones.

Tabla 63. Costo de producción de bloques convencionales.

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO S/.	SUB TOTAL
Agregado	m^3	0.38	60.00	22.80
Cemento	bls.	1.00	21.50	21.50
Agua	m^3	0.30	1.20	0.36
Mano de obra	---	---	30.00	30.00
TOTAL (S/)				74.66

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 64. Costo de producción de bloques de concreto con adición de 1.0% de emulsión de parafina.

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO S/	SUB TOTAL
Agregado	m^3	0.38	60.00	22.80
Cemento	bls.	1.00	21.50	21.50
Agua	m^3	0.30	1.20	0.36
Mano de obra	---	---	30.00	30.00
Parafina 1.0 %	lt.	0.90	10.16	9.14
TOTAL (S/)				83.80

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 65. Costo de producción de bloques de concreto con adición de 1.5% de emulsión de parafina.

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO S/	SUB TOTAL
Agregado	m^3	0.38	60.00	22.80
Cemento	bls.	1.00	21.50	21.50
Agua	m^3	0.30	1.20	0.36
Mano de obra	---	---	30.00	30.00
Parafina 1.5%	lt.	1.35	10.16	13.72
TOTAL (S/)				88.38

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 66. Costo de producción de bloques de concreto con adición de 2.0% de emulsión de parafina.

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO S/	SUB TOTAL
Agregado	m^3	0.38	60.00	22.80
Cemento	bls.	1.00	21.50	21.50
Agua	m^3	0.30	1.20	0.36
Mano de obra	---	---	30.00	30.00
Parafina 2.0%	lt.	1.80	10.16	18.29
TOTAL (S/)				92.95

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 67. Costo de producción de bloques de concreto con adición de 2.5% de emulsión de parafina.

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO S/	SUB TOTAL
Agregado	m^3	0.38	60.00	22.80
Cemento	bls.	1.00	21.50	21.50
Agua	m^3	0.30	1.20	0.36
Mano de obra	---	---	30.00	30.00
Parafina 2.5%	lt.	2.25	10.16	22.86
TOTAL (S/)				97.52

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 68. Precio de venta de los bloques de concreto.

	DESCRIPCIÓN	PRECIO DE VENTA POR UNIDAD S/
BLOQUETERAS	B1	1.30
	B2	1.30
	B3	1.30
BLOQUE DISEÑADO	A2 (1.0 %)	1.40
	A3 (1.5%)	1.50
	A4 (2.0%)	1.60
	A5 (2.5%)	1.70

Fuente: Elaboración propia.

4.2. Prueba de hipótesis.

Para el cálculo de la prueba de hipótesis, se tomó como referencia en el caso del ensayo de resistencia, los datos obtenidos de la bloquetera con mayor resistencia, así mismo para el ensayo de permeabilidad se tomó los datos obtenidos de la bloquetera con menor permeabilidad, de manera similar para el ensayo de absorción capilar se tomó como referencia los datos obtenidos de la bloquetera con menor absorción capilar.

4.2.1. Prueba estadística para las hipótesis especifica 1.

a) Planteamiento de hipótesis.

H_0: $[\mu_x = \mu_y]$ La adición de emulsión de parafina en la elaboración de bloques de concreto no incrementa la resistencia frente a bloques de concreto convencionales.

H_a: $[\mu_x > \mu_y]$ La adición de emulsión de parafina en la elaboración de bloques de concreto incrementa la resistencia frente a bloques de concreto convencionales.

b) Nivel de significancia.

En este caso se considerará el nivel de significancia α= 5%=0.05

c) Estadístico.

Se aplicó la distribución "t" de Student para diferencia entre dos medias muestrales, el cual se calcula mediante la siguiente formula:

$$t = \frac{\bar{x} - \bar{y}}{\sqrt{\frac{s^2}{n_1} + \frac{s^2}{n_2}}}$$

$$s^2 = \frac{\sum(x_i - \bar{x})^2 + \sum(y_i - \bar{y})^2}{n_1 + n_2 - 2}$$

Donde:

$\bar{x}$: Media de la muestra 1 (con parafina)

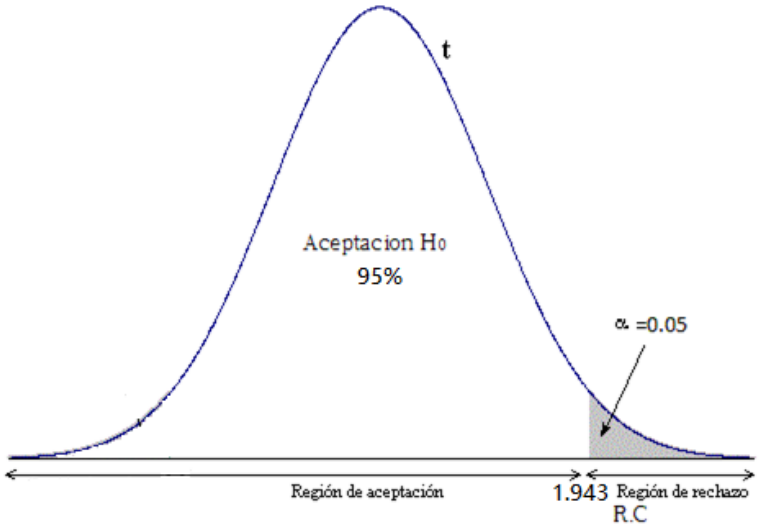
$\bar{y}$: Media de la muestra 2 (sin parafina)

n_1: Muestra 1 (con parafina)

n_2: Muestra 2 (sin parafina)

s^2: Desviación estándar

d) Región critica.



$$t_t\left(\frac{\alpha}{(n_1+n_2-2)gl}\right)=t_t\left(\frac{\alpha}{(4+4-2)gl}\right)=t_t\left(\frac{0.05}{6\ gl}\right)=1.943$$

$$t_t=1.943$$

Para la adición A2 (1.0%) de emulsión de parafina.

$t_c=1.73$

Si t_c ∈ R.C. ⇒ Rechazamos H_0

Como $t_c=1.73 \notin$ R.C. ⇒ Aceptamos H_0

H_0= La adición de emulsión de parafina en la elaboración de bloques de concreto no incrementa la resistencia frente a bloques de concreto convencionales.

Para la adición A3 (1.5 %) de emulsión de parafina.

$t_c=-1.13$

Si t_c ∈ R.C. ⇒ Rechazamos H_0

Como $t_c=-1.13 \notin$ R.C. ⇒ Aceptamos H_0

H_0= La adición de emulsión de parafina en la elaboración de bloques de concreto no incrementa la resistencia frente a bloques de concreto convencionales.

Para la adición A4 (2.0 %) de emulsión de parafina.

$t_c=-1.31$

Si t_c ∈ R.C. ⇒ Rechazamos H_0

Como $t_c = -1.31 \notin$ R.C. ⇒ Aceptamos H_0

H_0= La adición de emulsión de parafina en la elaboración de bloques de concreto no incrementa la resistencia frente a bloques de concreto convencionales.

Para la adición A5 (2.5 %) de emulsión de parafina.

$t_c = -3.37$

Si t_c ∈ R.C. ⇒ Rechazamos H_0

Como $t_c = -3.37 \notin$ R.C. ⇒ Aceptamos H_0

H_0= La adición de emulsión de parafina en la elaboración de bloques de concreto no incrementa la resistencia frente a bloques de concreto convencionales.

4.2.2. Prueba estadística para la hipótesis especifica 2.

a) Planteamiento de hipótesis.

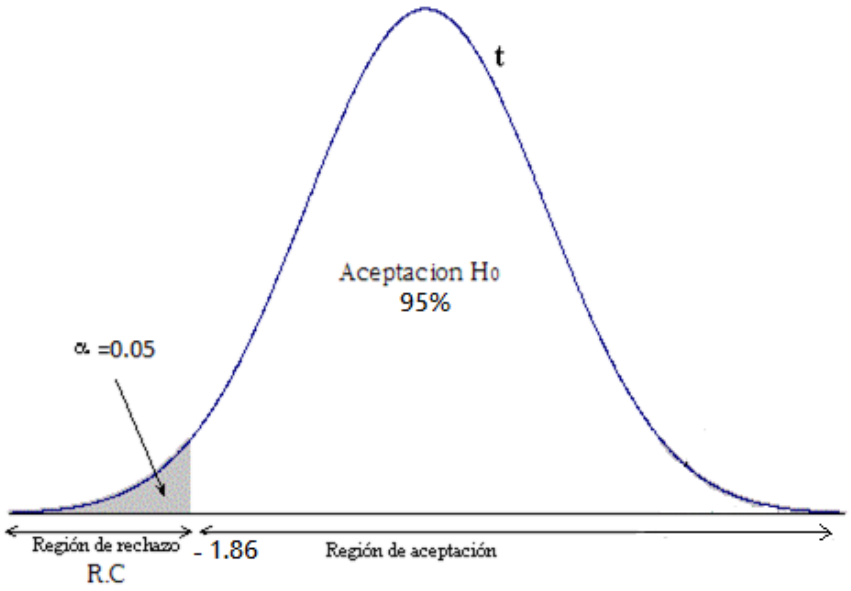
H_0: $[\mu_x = \mu_y]$ La adición de emulsión de parafina en la elaboración de bloques de concreto no reduce la permeabilidad frente a bloques de concreto convencionales.

H_a: $[\mu_x < \mu_y]$ La adición de emulsión de parafina en la elaboración de bloques de concreto reduce la permeabilidad frente a bloques de concreto convencionales.

b) Nivel de significancia.

En este caso se considerará el nivel de significancia α= 5%=0.05.

c) Región critica.



$$t_t\left(\frac{\alpha}{(n_1+n_2-2)gl}\right) = t_t\left(\frac{\alpha}{(5+5-2)gl}\right) = t_t\left(\frac{0.05}{8gl}\right) = 1.86$$

$$t_t = 1.86$$

Para la adición A2 (1.0 %) de emulsión de parafina.

$t_c = -3.19$

Si t_c ∈ R.C. ⇒ Rechazamos H_0

Como $t_c = -3.19$ ∈ R.C. ⇒ Rechazamos H_0 y aceptamos H_a

H_a= La adición de emulsión de parafina en la elaboración de bloques de concreto reduce la permeabilidad frente a bloques de concreto convencionales.

Para la adición A3 (1.5 %) de emulsión de parafina.

$t_c = -4.53$

Si t_c ∈ R.C. ⇒ Rechazamos H_0

Como $t_c = -4.53$ ∈ R.C. ⇒ Rechazamos H_0 y aceptamos H_a

H_a= La adición de emulsión de parafina en la elaboración de bloques de concreto reduce la permeabilidad frente a bloques de concreto convencionales.

Para la adición A4 (2.0 %) de emulsión de parafina.

$t_c = -5.40$

Si t_c ∈ R.C. ⇒ Rechazamos H_0

Como $t_c = -5.40$ ∈ R.C. ⇒ Rechazamos H_0 y aceptamos H_a

H_a= La adición de emulsión de parafina en la elaboración de bloques de concreto reduce la permeabilidad frente a bloques de concreto convencionales.

Para la adición A5 (2.5 %) de emulsión de parafina.

$t_c = -7.17$

Si t_c ∈ R.C. ⇒ Rechazamos H_0

Como $t_c = -7.17$ ∈ R.C. ⇒ Rechazamos H_0 y aceptamos H_a

H_a= La adición de emulsión de parafina en la elaboración de bloques de concreto reduce la permeabilidad frente a bloques de concreto convencionales.

4.2.3. Prueba estadística para la hipótesis especifica 3.

a) Planteamiento de hipótesis.

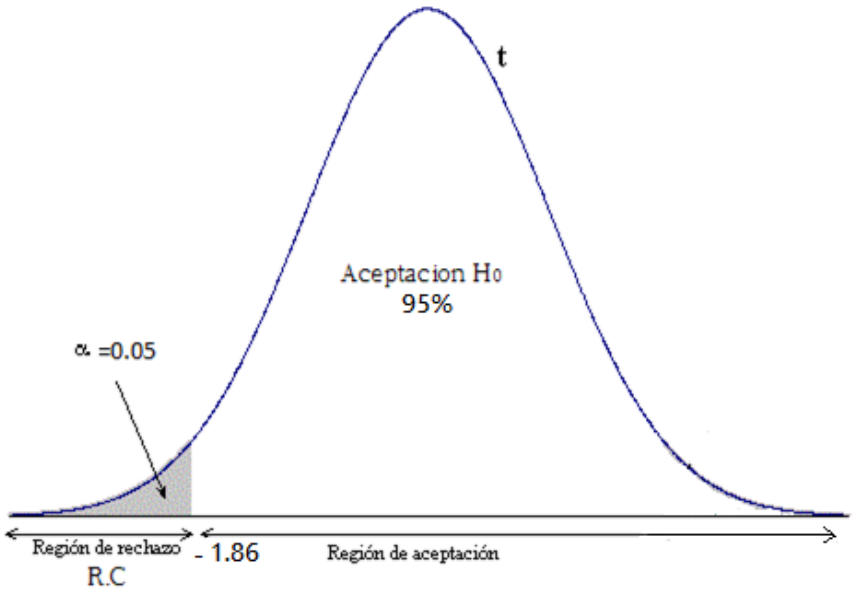
H_0: $[\mu_x = \mu_y]$ La adición de emulsión de parafina en la elaboración de bloques de concreto no reduce la absorción capilar frente a bloques de concreto convencionales.

H_a: $[\mu_x < \mu_y]$ La adición de emulsión de parafina en la elaboración de bloques de concreto reduce la absorción capilar frente a bloques de concreto convencionales.

b) Nivel de significancia.

En este caso se considerará el nivel de significancia α= 5%=0.05.

c) Región critica.



$$t_t\left(\frac{\alpha}{(n_1+n_2-2)gl}\right) = t_t\left(\frac{\alpha}{(5+5-2)gl}\right) = t_t\left(\frac{0.05}{8gl}\right) = 1.86$$

$$t_t = 1.86$$

Para la adición A2 (1.0 %) de emulsión de parafina.

$t_c = -2.58$

Si t_c ∈ R.C. ⇒ Rechazamos H_0

Como $t_c = -2.58$ ∈ R.C. ⇒ Rechazamos H_0 y aceptamos H_a

H_a= La adición de emulsión de parafina en la elaboración de bloques de concreto reduce la absorción capilar frente a bloques de concreto convencionales.

Para la adición A3 (1.5 %) de emulsión de parafina.

$t_c = -4.89$

Si t_c ∈ R.C. ⇒ Rechazamos H_0

Como $t_c = -4.89$ ∈ R.C. ⇒ Rechazamos H_0 y aceptamos H_a

H_a= La adición de emulsión de parafina en la elaboración de bloques de concreto reduce la absorción capilar frente a bloques de concreto convencionales.

Para la adición A4 (2.0 %) de emulsión de parafina.

$t_c = -5.98$

Si t_c ∈ R.C. ⇒ Rechazamos H_0

Como $t_c = -5.98$ ∈ R.C. ⇒ Rechazamos H_0 y aceptamos H_a

H_a= La adición de emulsión de parafina en la elaboración de bloques de concreto reduce la absorción capilar frente a bloques de concreto convencionales.

Para la adición A5 (2.5 %) de emulsión de parafina.

$t_c = -7.14$

Si t_c ∈ R.C. ⇒ Rechazamos H_0

Como $t_c = -7.14$ ∈ R.C. ⇒ Rechazamos H_0 y aceptamos H_a

H_a= La adición de emulsión de parafina en la elaboración de bloques de concreto reduce la absorción capilar frente a bloques de concreto convencionales.

4.3. Discusión de resultados.

La dosificación de 1.0% de adición de emulsión de parafina, dió como resultado una resistencia de 75.14 kg/cm^2 el cual está dentro del parámetro establecido por la norma.

La dosificación de 1.5%, 2.0 % y 2.5% de adición de emulsión de parafina, dió como resultado una resistencia de 63.05 kg/cm^2, 62.46 kg/cm^2 y 55.55 kg/cm^2 respectivamente, el cual está fuera del parámetro establecido por la norma, por tanto solo se consideraría el bloque para uso de muros no portantes.

La dosificación de 1.0%, 1.5%, 2.0% y 2.5% de adición de emulsión de parafina añadida en la fabricación de los bloques de concreto, redujo en un 54.78%, 59.83%, 70.83% y 81.91% respectivamente la absorción capilar del bloque de concreto convencional, con respecto a la bloquetera con menor absorción capilar. Y respecto a la bloquetera con mayor absorción capilar redujo en un 78.12%, 80.56%, 85.88% y

91.25% respectivamente. El cual realizando un análisis la adición de 2.5% (A5) obtiene mejores resultados en lo que corresponde a este ensayo.

La dosificación de 1.0%, 1.5%, 2.0% y 2.5% de adición de emulsión de parafina añadida en la fabricación de los bloques de concreto, redujo en un 26.57%, 36.36%, 46.50% y 67.13% respectivamente la permeabilidad del bloque de concreto convencional, con respecto a la bloquetera con menor permeabilidad. Y respecto a la bloquetera con mayor permeabilidad redujo en un 59.77%, 65.13%, 70.69% y 81.99% respectivamente. El cual realizando un análisis la adición de 2.5% (A5) obtiene mejores resultados en lo que corresponde a este ensayo.

El precio de venta de los bloques con 1.0%, 1.5%, 2.0% y 2.5% de adición de emulsión de parafina es de 1.40, 1.50, 1.60 y 1.70 soles respectivamente para cada adición, por lo tanto, los costos no incrementaron significativamente en comparación al precio de un bloque convencional, el cual tiene un precio de 1.30 soles.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones.

- De los resultados del ensayo de resistencia a la compresión realizado a los bloques de concreto con adición de emulsión de parafina, se concluye que la adición 5, correspondiente al 2.5% redujo la resistencia a un 55.55 kg/cm^2 , lo cual realizando la clasificación seria usado en la construcción de muros no portantes.
- De los resultados de absorción capilar obtenidos en la elaboración de este ensayo tanto a bloques de concretos con y sin adición de emulsión de parafina, se concluye que la adición 5 correspondiente al 2.5%, redujo considerablemente la absorción capilar frente a un bloque de concreto convencional.
- De los resultados de permeabilidad obtenidos en la elaboración de este ensayo tanto a bloques de concretos con y sin adición de emulsión de parafina, se concluye que la adición 5, correspondiente al 2.5%, redujo considerablemente la permeabilidad frente a un bloque de concreto convencional.
- La adición de 2.5% de emulsión de parafina es la dosificación óptima en cuanto a la evaluación de las propiedades de humedad en los bloques de concreto, pero a su vez reduce la resistencia, haciendo que sea usada sólo en la construcción de muros no portantes.
- La dosificación óptima de emulsión de parafina para obtener una resistencia de diseño de 70 kg/cm^2 es de 1.21%, la cual se obtuvo mediante una interpolación de los resultados obtenidos de una resistencia de 75.14 kg/cm^2 y 63.05 kg/cm^2 al 1.0 % y 1.5% de adición de emulsión de parafina respectivamente.
- La fabricación de bloques de concreto con adición de emulsión de parafina no incrementa considerablemente los costos de producción, por lo cual los costos por unidad son accesibles al público.

- De las pruebas de hipótesis realizadas, se concluye que la adición de emulsión de parafina en la elaboración de bloques de concreto no incrementa la resistencia a la compresión, pero si reduce la absorción capilar y permeabilidad de los bloques de concreto, por lo tanto, se mejoró las propiedades físicas de los bloques de concreto.

Recomendaciones.

- Se recomienda evaluar los ensayos de resistencia a la compresión en pilas y muretes en bloques de concreto convencionales y bloques de concreto con adición de emulsión de parafina en los porcentajes de 1.0%,1.5%,2.0%,2.5% y en otros porcentajes.
- Se recomienda realizar investigaciones de las propiedades físicas y mecánicas de otras unidades de albañilería utilizando adición de emulsión de parafina.
- Se recomienda usar bloques de concreto con adición de 2.5 % de emulsión de parafina si se quiere reducir o mejorar los problemas de humedad y en la construcción de muros no portantes, sin embargo, si se desea usar en la construcción de muros portantes se recomienda usar la adición de 1.0%.
- De acuerdo al estudio realizado de las tres empresas productoras de bloques de concreto, se ha visto que los bloques producidos, no cumplen con la calidad mínima que estable la normativa peruana, siendo un riesgo para la población, motivo por el cual se recomienda que la Municipalidad provincial de Abancay realice verificaciones a todas las empresas dedicadas a la producción de unidades de albañilería en la ciudad de Abancay, teniendo de esta manera un mayor control de la cantidad de empresas dedicadas a esta actividad.
- Se recomienda realizar el curado de las unidades de albañilería por un tiempo mínimo de 7 días, para lograr la resistencia requerida.
- Se recomienda realizar el estudio de todos los agregados utilizados por las empresas productoras de bloques de concreto, considerando el mejor módulo de fineza del

agregado, y a partir de ellos producir bloques con menor porosidad para lograr que sean menos permeables y tengan una menor absorción capilar.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.

Aguirre Pardo, R. (2004). *Optimización de la limpieza de parafina en pozos del NorOeste Peruano utilizando unidad a cable.* Trabajo de Grado, Universidad Nacional de Ingeniería, Lima.

ASTM C 1585-04. (s.f.). *Método de ensayo normalizado para medir el ritmo de absorción de agua de los hormigones de cemento hidràulico.*

Candelo, A. F., & Carvajal, B. M. (2010). *Estudio Comparativo de los Métodos de Control de Parafinas para Aplicación en el Campo Colorado.* Bucaramanga: Universidad Indiustrial de Santander.

Cañola, H. D., & Echevarría, C. (2017). Bloques de Concreto con aditivos bituminosos para sobrecimientos. *Research Article, 35*(2), 491-512.

Carrasco, S. A. (2013). *Aditivo Hiperplastificante en absorción de humedad por capilaridad del hormigón.* Universidad Andrés Bello. Santiago de Chile: UAB.

Echavarria, C., & Cañola, H. D. (2017). Bloques de Concreto con Emulsión de Parafina. *Lámpsakacos*(17), 14-19.

Environmental Protection Agency-EPA. (2015). Una breve guia para el moho, la humedad y su hogar. Washington, EE.UU.

Fernández, J. P. (2008). *Humedad proveniente del suelo en Edificaciones.* Universidad de Chile , Santiago de Chile. Santiago de Chile: UC.

Gallegos, H., & Casabonne, C. (2005). *Albañileria Estructural* (Tercera ed.). Lima, Perù: PUCP Fondo Editorial.

Hernández, R., Fernandez, C., & Baptista, M. (2014). *Metodología de la investigación* (Sexta ed.). Mexico: MS Graw Hill.

Jiménez, L. (2005). *Humedades en la construcción.* Barcelona, España: Ceac técnico.

Landa, J. I. (2016). *Emulsiones de Parafina.* Obtenido de SEMINARIOSCORMA: http://www.seminarioscorma.cl/wp-content/uploads/2016/11/04.-Presentaci%C3%B3n-Juan-Ignacio-Landa.pdf

Martínez Bencardino, C. (2012). *Estadística y muestreo* (Trece ed.). Bogotá, Colombia: Ecoe Ediciones.

Morales, L. E. (2013). Evaluación y Mejoramiento de la calidad de los Bloques de Concreto de tres Bloqueteras de Puerto Maldonado-Madre de Dios. *(Tesis de pregrado).* Universidad Nacional de Ingeniería, Lima- Perú.

Negrete, E. A. (2015). *Validaciòn de Mètodos de ensayo:Parafinas, Puntos de Vertido, Voscosidad Redwood del Crudo y Derivados.* Quito: Universidad Central del Ecuador.

Norma Técnica Peruana 339.185. (2013). Agregados. Método de ensayo normalizado para contenido de humedad total evaporable de agregados por secado.

Norma Técnica Peruana 399.602. (2002). Unidades de albañilería, bloques de concreto para uso estructural, Requisitos.

Norma Técnica Peruana 399.604. (2002). Métodos de muestreo y ensayos de unidades de albañileria de concreto.

Norma Técnica Peruana 399.604. (2002). Unidades de albañilería. Métodos de muestreo y ensayo de unidades de albañilería de concreto.

Norma Técnica Peruana 400.011. (2008). Agregados. Definición y clasificación de agregados para uso en morteros y hormigones (concretos).

Norma Técnica Peruana 400.012. (2001). Agregados. Análisis granulométrico del agregado fino, grueso y global.

Norma Técnica Peruana 400.017. (1999). Agregados. Método de ensayo para determinar el peso unitario del agregado.

Norma Técnica Peruana 400.019. (2002). Agregados. Método de ensayo normalizado para determinación de la resistencia a la degradación en agregados gruesos de tamaños menores por abrasión e impacto en la máquina de los Angeles.

Norma Técnica Peruana 400.022. (2013). Agregados. Método de ensayo normalizado para la densidad, la densidad relativa (peso específico) y absorción del agregado fino.

Norma Técnica Peruana 400.037. (2014). Agregados. Especificaciones normalizadas para agregados en concreto.

Ochoa, A. (2016). Evaluaciòn de Parafina Comercial como Material de cambio de fase para Almacenamiento de Energia. Bogotà, Colombia.

Programa de Naciones Unidad Para el Desarrollo-PNUD. (2009). *Manual para la reparación y reforzamiento de viviendas de albañilería confinada dañadas por sismos.* Lima.

Quispe, R., & Velasquez, C. (2013). Fabricación de Bloquetas de concreto en mesa vibro compactadora en la ciudad de Abancay 2013. *(Tesis de pregrado).* Universidad Tecnológica de los Andes, Abancay.

Rincón, J. M., & Romero, M. (Enero/Febrero de 2001). Prevención y eliminación de eflorescencias en la restauración de ladrillos de construcción. *Materiales de Construcción, 51*(261), 73-78.

San Bartolome, A. (2001). *Construcciones de Albañileria- Comportamiento Sismico y Diseño Estructural* (Tercera ed.). Lima, Perù: PUCP Fondo Editorial.

Taus, V. L. (2003). Determinación de la Absorción capilar en hormigones elaborados con Agregados naturales y reciclados. *Ciencia y Tecnología del Hormigón*(10), 7-16.

Tejero, V. H. (2011). *Caracterización de Parafinas a través de Métodos no Convencionales.* México: Universidad nacional Autónoma de México.

TQC. (s.f.). Manual Tubo Karsten para ensayos de Penetración L1700.

UNE-EN 772-11. (2011). *Determinación de la absorción de agua por capilaridad de piezas de fábrica de albañilería, en hormigón, piedra natural y artificial, y de la tasa de absorción de agua inicial de las piezas de arcilla cocida para fábrica de albañilería.*

US EPA. (2016). Guia para el Control de la Humedad en el Diseño, Construcción y Mantenimiento de Edificaciones. *United States Environmental Protection Agency*, 8.

Zanni, E. (2008). *Patología de la construcción y restauro de obras de arquitectura* (Primera ed.). Córdova, Argentina: Brujas.