

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA
ESCUELA DE POSTGRADO**



**EFFECTO DE UN ADITIVO HIDRÓFUGO EN LA
PERMEABILIDAD DE UN MORTERO DE CEMENTO/ARENA**

TESIS

**PARA OPTAR EL GRADO ACADÉMICO DE:
MAESTRO EN CIENCIAS**

**SECCIÓN: INGENIERÍA
MENCIÓN: INGENIERÍA Y GERENCIA DE LA
CONSTRUCCIÓN**

**PRESENTADO POR:
WISTON HENRY AZAÑEDO MEDINA**

**COMITÉ CIENTÍFICO:
Mg. HÉCTOR PÉREZ LOAYZA (Asesor)
M. Cs. JAIME AMORÓS DELGADO
Mg. HUGO MIRANDA TEJADA
M. Cs. KATHERINE FERNÁNDEZ LEÓN
M. Cs. WILFREDO FERNÁNDEZ MUÑOZ (Accesitario)**

CAJAMARCA, PERÚ

NOVIEMBRE DE 2014

COPYRIGHT © 2014 by
WISTON HENRY AZAÑEDO MEDINA
Todos los derechos reservados



MAESTRÍA EN CIENCIAS
MENCIÓN: INGENIERÍA Y GERENCIA DE LA CONSTRUCCIÓN

TESIS APROBADA:

EFFECTO DE UN ADITIVO HIDRÓFUGO EN LA PERMEABILIDAD
DE UN MORTERO DE CEMENTO/ARENA

Por: Wiston Henry Azañedo Medina

Comité Científico:

Mg. Hugo Miranda Tejada
Presidente del Comité

M. Cs. Jaime Amorós Delgado
Primer Miembro Titular

M. Cs. Katherine Fernández León
Segundo Miembro Titular

Mg. Héctor Pérez Loayza
Asesor

Fecha: Noviembre de 2014

DEDICATORIA

A Dios, por darme la vida.

A mi esposa e hijo; por su cariño e impulso, para seguir adelante
y alcanzar esta meta.

A mis Padres:

Con amor y cariño, por su apoyo incondicional.

AGRADECIMIENTO

Al asesor del presente trabajo, Mg. Ing. Héctor Pérez Loayza, quien con su apoyo permanente, permitió culminar ésta investigación.

Al comité científico por sus valiosos aportes para que este trabajo pueda mejorarse.

A la Dra. Ing. Rosa Llique Mondragón e Ing. Fanny Valdivieso García, por su apoyo con el uso de los laboratorios para todos los ensayos.

A mis profesores de posgrado en general, quienes orientaron el desarrollo de ésta Maestría, a partir de sus valiosos conocimientos y experiencias personales.

Finalmente, es mi anhelo que los resultados de ésta tesis retomen en beneficio de nuestra sociedad, la misma que a través de las universidades hace factible nuestra formación académica.

RESUMEN

Esta investigación tuvo como objetivo estudiar la influencia de la adición de un aditivo hidrófugo, en la permeabilidad del agua en un mortero elaborado de cemento y arena. La tesis se desarrolló en la ciudad de Cajamarca, en la cual se experimentó, observó, evaluó y sistematizó los datos obtenidos en laboratorio referente a la capilaridad, el grado de absorción, y la resistencia mecánica a la compresión uniaxial de los especímenes. Los morteros, fueron elaborados con agregado fino de la cantera del Río Chonta, de zona Baños del Inca, así mismo se utilizó Cemento Pacasmayo MS y el aditivo hidrófugo Sika 1. Para ello se caracterizaron las propiedades de los materiales utilizados, se elaboraron las probetas con cuatro grupos; uno de control al cual no se le agregó el aditivo y tres grupos experimentales con relaciones de 1/20, 1/10 y 1/4 de volúmenes de agua y el aditivo hidrófugo. Encontrándose que la mezcla, con mejor comportamiento, fue aquella elaborada con la relación de 1/10 la cual presentó una capilaridad promedio de $0.00164 \text{ gr}/(\text{cm}^2 \cdot \text{min})$, un grado de absorción de 11.67% y una resistencia a esfuerzos de compresión promedio de $178.12 \text{ kg}/\text{cm}^2$; de lo que se puede inferir que el aditivo hidrófugo obtura los poros capilares de la masa del mortero, lo cual conlleva a disminuir el paso del agua a través de su estructura.

Palabras clave: Mortero, permeabilidad, capilaridad, aditivo

ABSTRACT

This investigation to study the influence of the addition of a hydrophobic additive in water permeability in a mortar made of cement and sand. The thesis is developed in the city of Cajamarca, which is experienced, observed, evaluated and systematized data obtained in laboratory concerning the capillary, the absorption, and strength to uniaxial compression specimens. Mortars were made with fine aggregate from the quarry of Chonta River near to Baths of the Inca), also Cement Pacasmayo MS and Sika 1 hydrophobic additive was used. This property of the materials used were characterized, the specimens were prepared with four groups: one control to which no additive added, and three experimental groups with ratios 1/20, 1/10 and 1/4 volume of water and the hydrophobic additive. Finding that mix, best performing, was that the ratio of 1/10 which provided an average capillary $0.00164 \text{ gr}/(\text{cm}^2 \cdot \text{min})$, an absorption rate of 11.67% and a resistance to compression average $178.12 \text{ kg}/\text{cm}^2$, what can be inferred that the hydrophobic additive seals the capillary pores in the mass of mortar, which leads to reduce the passage of water through its structure.

Keywords: Mortar, permeability, capillary, additive.

CONTENIDO

Ítem	Página
DEDICATORIA	iv
AGRADECIMIENTO.....	v
RESUMEN.....	vi
ABSTRACT	vii
CONTENIDO	viii
CAPÍTULO I	1
I INTRODUCCIÓN	2
CAPÍTULO II.....	4
II PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	5
2.1. Planteamiento del problema.....	5
2.2. Formulación del problema	8
2.3. Justificación de la investigación	9
2.4. Objetivos de investigación	10
Objetivo General	10
Objetivos Específicos	10
2.5. Alcances y limitaciones	11
2.6. Hipótesis de Investigación	12
2.7. Operacionalización de Variables:	12
2.8. Definición Conceptual de variables:	12
2.9. Definición Operacional de variables.....	12
2.10. Variables, dimensiones e indicadores	13
2.11. Unidad de análisis, universo y muestra.....	13
2.12. Metodología de la Investigación	16
2.12.1. Tipo de estudio:	16
2.12.2. Descripción	16
2.12.3. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	17
2.12.4. Técnicas de procesamiento y análisis de los datos	18
CAPÍTULO III.....	20

III	MARCO TEÓRICO.....	21
	3.1. Antecedentes Teóricos de la investigación	21
	3.2. Estado del arte:.....	23
	3.3. Bases Teóricas	25
	3.3.1. Mortero cemento / arena:	25
	3.3.2. Reglamento Nacional de Edificaciones:	32
	3.3.3. Permeabilidad de mortero:	35
	3.3.4. Grado de Absorción:	37
	3.3.5. Impermeabilización en construcción:.....	38
	3.4. ADITIVO HIDRÓFUGO	40
	3.4.1. Definición:.....	40
	3.4.2. Mecanismo de acción y composición química.....	41
	3.4.3. Aplicaciones	43
	3.4.4. Influencia en el mortero fresco y endurecido	45
	3.5. MARCO CONCEPTUAL	47
	Mortero:.....	47
	Edificación con humedad	47
	Ascensión Capilar	48
	Eflorescencias	49
	Micelas hidrófobas:	50
	Ácidos carboxílicos:.....	50
	3.6. CONTROL DE CALIDAD.	50
	 CAPÍTULO IV.....	 52
IV	MATERIALES Y MÉTODOS.	53
	4.1. PROCEDIMIENTOS TÉCNICAS Y RECOLECCIÓN DE DATOS...53	
	4.2. MATERIALES Y EQUIPOS.....	53
	4.2.1. Recursos materiales:.....	53

4.2.2.	Recursos Humanos	55
4.3.	METODOLOGÍA	55
4.3.1.	Estudio de las Propiedades Físicas de Agregado Fino	55
4.3.2.	Dosificación de Mezclas	56
4.3.3.	Información necesaria para el diseño de la mezcla de mortero.....	56
4.3.4.	Proceso de Dosificación	57
4.4.	Colado y Curado de las probetas de mortero	58
4.4.1.	Determinación de grado de absorción	60
4.4.2.	Determinación de la capilaridad.....	61
4.4.3.	Determinación de la Resistencia a la compresión uniaxial	63
CAPÍTULO V		65
V PRESENTACIÓN Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS		66
5.1.	Relación entre el contenido de humedad y la cantidad de aditivo hidrófugo.	72
5.2.	Relación entre el Grado de Absorción y la cantidad de aditivo impermeabilizante.	73
5.3.	Relación entre la Capilaridad y la cantidad de aditivo impermeabilizante.	74
5.4.	Relación entre el Esfuerzo de resistencia a la compresión uniaxial y la cantidad de aditivo impermeabilizante.....	75
5.5.	Relación entre el Grado de Absorción y la cantidad de aditivo impermeabilizante.	76
5.6.	Relación entre la Capilaridad y la cantidad de aditivo impermeabilizante.	77
5.7.	Relación entre la Resistencia a la compresión y la cantidad de aditivo. 78	
5.8.	Relación entre la Permeabilidad y la cantidad de aditivo.	79
5.9.	Relación entre la Permeabilidad y la resistencia a la compresión uniaxial.....	80
5.10.	Análisis de la Información:	82
CAPÍTULO VI.....		84
VI	CONCLUSIONES:	85
VII	RECOMENDACIONES:.....	86
VIII.	LISTA DE REFERENCIAS	87

IX ANEXOS.....	91
ANEXO 1: DETERMINACIÓN DE LA CANTIDAD DE MATERIAL PARA CADA TANDA DE MEZCLA DE MORTERO CEMENTO ARENA.....	92
ANEXO 2: PANEL FOTOGRÁFICO.....	96
ANEXO 3: DETERMINACIÓN DE LA PERMEABILIDAD DE UN MORTERO CEMENTO/ARENA.....	104
ANEXO 4: RESULTADOS OBTENIDOS.....	109
ANEXO 5: FICHA TÉCNICA.....	138
ANEXO 6: PLANO.....	139

LISTA DE TABLAS

Tablas	Página
Tabla 1: Operacionalización de variables.....	13
Tabla 2: Codificación de grupos experimentales y proporción de aditivo.....	17
Tabla 3: Módulos de elasticidad para diferentes morteros,.....	30
Tabla 4: Granulometría de la arena gruesa.....	33
Tabla 5: Tipos de mortero.....	34
Tabla 6: Causas Comunes que generan variabilidad de resultados en muestras de mortero.....	51
Tabla 7: Relación en volumen de cantidad de aditivo y de agua.....	57
Tabla 8: Proporcionamiento iniciales en volumen.....	58
Tabla 9: Resumen de resultados de ensayos de peso específico aparente, contenido de humedad y grado de absorción para diferentes mezclas de mortero.....	67
Tabla 10: Resumen de resultados de ensayos capilaridad, permeabilidad y resistencia a la compresión uniaxial de diferentes mezclas de mortero.....	68
Tabla 11: Variaciones porcentuales de sus propiedades de las diferentes mezclas de mortero en relación a la mezcla patrón (GD).....	72
Tabla 12: Análisis de resultados de la prueba Smirnov - Kolmogorov de las mezclas de mortero.....	83
Tabla 13: Resumen de dosificaciones iniciales por metro cúbico.....	95
Tabla 14: Cuadro Estadístico Suplementario: Mezcla GA.....	110
Tabla 15: Cuadro Estadístico Suplementario: Mezcla GB.....	117
Tabla 16: Cuadro Estadístico Suplementario: Mezcla GC.....	124

Tabla 17: Cuadro Estadístico Suplementario: Mezcla GD.	131
---	-----

LISTA DE FIGURAS

Figuras:	Página
Figura 1: Las precipitaciones pluviales en Cajamarca, son una de las fuentes de humedad en revestimientos.	7
Figura 2: Efecto de la humedad, en muros.	8
Figura 3 : El coliseo romano (Italia)	24
Figura 4: Iglesia Santa Catalina, Cajamarca (Perú)	24
Figura 5: Efecto de aditivo hidrófugo sobre mortero.	40
Figura 6: Aditivo hidrófugo Sika 1, utilizado en la investigación.	41
Figura 7: Zócalo de protección, de un muro de adobe, construido de mortero cemento / arena.	44
Figura 8: Una de las aplicaciones del aditivo hidrófugo es en el asentado de primeras hileras de ladrillo.	44
Figura 9: Diferencias en el comportamiento de un mortero sin aditivo hidrófugo y un mortero que incorpora este aditivo.	45
Figura 10: Disminución de eflorescencias en bloques de concreto coloreado, a la izquierda sin hidrofugar, a la derecha incorporando un aditivo hidrófugo de Sika	46
Figura 11: Micela Hidrófuga.	50
Figura 12: Humedad en edificación pública.	48
Figura 13: Presencia de humedad por ascensión capilar de las bases del muro.	49
Figura 14: Presencia de eflorescencia en revestimiento cemento / arena, por causa de la humedad.	49
Figura 15: Orden de compactado de las mezclas.	59
Figura 16: Ensayo de capilaridad.	61
Figura 17: Area mojada o fleco capilar para determinar S.	62
Figura 18: Resultados del contenido de humedad de las diferentes mezclas de mortero cemento/arena	72
Figura 19: Resultados del grado de absorción de las diferentes mezclas de mortero Cemento/Arena.	73

Figura 20: Resultados de la capilaridad para las diferentes mezclas de mortero Cemento/Arena.	74
Figura 21: Resultados de la resistencia a la compresión uniaxial de diferentes mezclas de mortero Cemento/Arena.....	75
Figura 22: Relación entre el grado de absorción y la cantidad de aditivo.	76
Figura 23: Relación entre la capilaridad y la cantidad de aditivo impermeabilizante .	77
Figura 24 Relación entre la resistencia a la compresión y la cantidad de aditivo.....	78
Figura 25: Relación Entre la permeabilidad y la cantidad de aditivo	79
Figura 26: Relación Entre La permeabilidad y la resistencia a la compresión.	81
Figura 27: Aditivo Hidrófugo y herramientas utilizadas en la investigación	97
Figura 28: Saturación de especímenes de mortero.....	97
Figura 29: Secado de muestras.	98
Figura 30: Ensayo de capilaridad, se puede apreciar la altura del fleco capilar del grupo experimental GD.....	98
Figura 31: Ensayo de capilaridad de grupo experimental GD.	99
Figura 32: Ensayo de capilaridad, se puede apreciar la altura del fleco capilar del grupo experimental GB, la cual es menor que la del grupo sin aditivo.	99
Figura 33: Se puede apreciar la muestra luego de las tres horas del ensayo de capilaridad.....	100
Figura 34: Se muestra altura del fleco capilar del grupo experimental GC.....	100
Figura 35: Instalación de probetas para ensayo de permeabilidad.....	101
Figura 36: Colocación de muestra para el ensayo de permeabilidad.....	101
Figura 37: Detalle de colocación de probeta en la prensa hidráulica.....	102
Figura 38: Ensayo de resistencia a la compresión.	102
Figura 39: Ensayo de resistencia a la compresión	103
Figura 40: Propuesta de permeámetro	105
Figura 41: Detalle de la muestra dentro del permeámetro	106
Figura 42: Abrazadera de 2 pulgadas.....	107
Figura 43: Colocado de muestra en permeámetro	108

CAPÍTULO I

I INTRODUCCIÓN

El presente trabajo de investigación analiza un mortero cemento / arena, utilizado para el revestimiento de muros y para la pega de unidades de albañilería, evaluándose su grado de absorción de agua y su resistencia a la compresión.

De acuerdo a los objetivos planteados, el diseño estadístico usado fue el muestreo probabilístico: muestreo aleatorio simple (MAS), un nivel de confianza de 95%; obteniéndose que se debía experimentar con 480 probetas cúbicas de mortero; de 5cm x 5cm x 5cm, en las cuales se considera un tipo de cemento utilizado en la industria para combatir la humedad (Antisalitre MS), arena de la cantera del río Chonta – Cajamarca, aditivo hidrófugo líquido Sika® 1, y agua potable de la ciudad de Cajamarca.

Se establecen tres grupos experimentales y uno de control de mortero cemento / arena; los grupos experimentales tienen diferentes cantidades de aditivo hidrófugo (13.8 L, 27.5 L y 68.8 L por metro cúbico de mortero), manteniéndose constante la relación cemento / arena y relación agua / material cementoso.

En una primera etapa, se determina las características físicas de la arena (peso unitario suelto seco, peso específico de masa, contenido de humedad, grado de absorción) y en la segunda etapa, se determina las cantidades de los ingredientes de la mezcla del mortero, se determina las propiedades del mortero y luego, se ensaya a los 28 días determinándose su grado de absorción y su resistencia de compresión uniaxial para asegurar su correcto comportamiento mecánico.

Con los resultados obtenidos, se determina la influencia del aditivo hidrófugo Sika® 1 en un mortero (cemento/arena), en la permeabilidad del mortero.

Para lograr ello, se emplea como método estadístico el de Regresión y Correlación; utilizando la técnica de experimentación y como instrumento la Ficha Experimental, se procesa con herramientas y parámetros estadísticos como el cálculo de promedio, desviación estándar, coeficiente de variación, regresión lineal, coeficiente de Pearson, prueba Smirnov – Kolmogorov, de tal modo que se analice si existe evidencia para demostrar que la adición de un aditivo hidrófugo en cantidades adecuadas, disminuirá significativamente la permeabilidad de un mortero de cemento/arena.

CAPÍTULO II

II PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

2.1. Planteamiento del problema

Encontrar problemas de humedad es frecuente en las edificaciones tales como edificios residenciales, viviendas, comercios, centro de formación, establecimientos de salud, entidades financieras, y otros. Existen dos causas principales por las cuales se encuentran y mantienen estos problemas: en primer lugar, es la presencia de agua o de humedad en las obras un problema frecuente y la segunda es que los encargados de resolver estos problemas no saben ni el por qué ni el cómo, el agua se encuentra allí sin una razón clara. (Gratwick 1976).

La humedad en las edificaciones se puede generar por muchas razones entre las principales se encuentran: infiltraciones laterales, provenientes de suelos húmedos (sótanos); napas freáticas superficiales, fenómenos de condensación; filtraciones de redes de agua y desagüe; fenómenos naturales como lluvias, inundaciones y por la ascensión capilar de las napas freáticas (aguas subterráneas), las patologías que se evidencian en las edificaciones son principalmente: manchas, desprendimientos de pintura y revestimiento, aparición de eflorescencias en paredes, pisos, techos, etc. (Jiménez 2005).

Este problema siempre ha existido y son innumerables las viviendas que conviven con ello. Resulta realmente incómodo, vivir o trabajar con la humedad, por una serie de razones como: sensaciones de frío, la aparición de moho, ácaros, manchas en las tapicerías y puede causar problemas en las vías respiratorias de los ocupantes de la casa; de allí que no es complicado concluir que la humedad en las viviendas es un tema frecuente que genera trastornos para la vida cotidiana y su

control es una tarea difícil porque aparece gradualmente y va extendiéndose. Para poder solucionarlo es necesario saber cuál es el origen o causa de la misma. (Dib 2005)

Las construcciones en la ciudad de Cajamarca, son principalmente de albañilería de abobe: 23.4%, albañilería de tapial 17.2%, albañilería de ladrillo de arcilla confinada: 56.4%, aporticada 0.3%, bloque de concreto: 0.4% y otros: 2.3% evidenciándose que de albañilería confinada es la de mayor uso, donde los muros portantes son unidos mediante morteros de cemento/arena para obtener un elemento monolítico. (Mendoza et al. 2005)

La ciudad de Cajamarca presenta épocas de precipitaciones pluviales entre los meses de setiembre - abril y con mayor intensidad desde los meses de diciembre a marzo (SENAMHI 2008); debido a su topografía se encuentra en declive, constituyendo la zonas de Santa Apolonia y la Avenida Perú la parte más alta y; la zona urbana de la urbanización el Ingenio, los Rosales, Horacio Zevallos, Villa Universitaria, mercados y estadio Municipal las zonas bajas. Las partes bajas de la ciudad se ven, a menudo, inundadas debido al colapso de drenajes por la obstrucción con residuos sólidos, por ello en muchas ocasiones devienen problemas de humedad en las edificaciones incluso con el desplome de aquellas con materiales de baja durabilidad y poca resistencia al agua (adobe y tapial); si es que no se ha protegido adecuadamente. Así mismo, a lo largo de todo el valle Cajamarquino la napa freática se encuentra a poca profundidad, (a menos de 2 metros) y menos aún en zonas bajas del valle (Arroyo 2008), lo cual genera problemas de filtraciones en las diferentes edificaciones de la ciudad de Cajamarca que tengan su emplazamiento en esta zona

(Arroyo 2008). Todo esto hace que el problema de la humedad en las edificaciones de Cajamarca, sea un problema muy frecuente y recurrente.



Figura 1: Las precipitaciones pluviales en Cajamarca, son una de las fuentes de humedad en revestimientos.

La humedad puede pasar a través, del revestimiento o capa de unión hecha de mortero cemento/arena, la cual puede ser causada por muchos factores entre los que podemos destacar: métodos constructivos, relación agua/cemento, capilaridad, grado de hidratación, grado de retracción, duración del curado húmedo; lo cuál va a influir en la resistencias a la compresión, durabilidad y la estética de las edificaciones. (Sika 2009).



Figura 2: Efecto de la humedad, en muros.

Existen diferentes soluciones para evitar la permeabilidad en cimentaciones de las edificaciones, paredes de albañilería, revestimientos, etc.; algunas de ellas plantean el uso de aditivos hidrófugos, añadido en el mortero cemento/arena; sin embargo, los fabricantes de estos productos, brindan un abanico de posibilidades, de las dosificaciones de aditivo a utilizar, no existiendo actualmente, un estudio en nuestro medio que indique cuál debería ser la cantidad óptima de aditivo hidrófugo y cuáles serían los valores de permeabilidad alcanzados con dichas proporciones.

2.2. Formulación del problema

¿Cuál es el efecto de un aditivo hidrófugo en la permeabilidad de un mortero de cemento/arena en la ciudad de Cajamarca?

2.3. Justificación de la investigación

Debido a patologías que directa o indirectamente se deben a la humedad, lo cual representan aproximadamente el 30%, de allí la importancia en la ejecución de tratamientos específicos para prevenir la humedad en la etapa de ejecución de una construcción o edificación. Se debe considerar además que los procesos patológicos debidos a la humedad, una vez ejecutada la construcción, no tiene por qué ser debido sólo a una incorrecta ejecución de la construcción, sino a los esfuerzos y al ambiente a los que está sometida y a otras causas no previstas. (Jiménez 2005).

Las estructuras y edificaciones son diseñadas y construidas para satisfacer un conjunto de requisitos arquitectónicos, funcionales, estructurales, de comportamiento, de estabilidad y de seguridad, durante cierto tiempo, sin que se generen costos inesperados por mantenimiento y reparación; éste tiempo constituye la vida prevista o la vida proyectada en servicio. Normalmente, para las edificaciones convencionales éste periodo puede ser 50 años. Sin embargo, para las obras de infraestructura, algunas recomendaciones estipulan hasta 100 años o más. (Sánchez, 2006).

Por ello, la importancia de ejecutar obras técnicamente funcionales, para el tiempo de vida útil de diseño, que se pretende lograr en éste caso, controlando uno de los tipos de humedades en una edificación.

Debido al amplio rango de cantidades y dosificaciones recomendadas por los fabricantes de aditivos, se hace necesario establecer los valores óptimos de las

dosificaciones de aditivos, en este caso un aditivo hidrófugo de la compañía Sika® S.A., que permitan manejar el problema de filtraciones en morteros de cemento/arena, lo cual se determinó experimentalmente en la presente tesis, siguiendo la metodología científica, lo que ha motivado profundizar en este campo para aportar cierto conocimiento, para ser utilizado por ingenieros, arquitectos, empresas constructoras y todos los que estén relacionados con el quehacer de la construcción de edificaciones.

Los beneficios que se esperan obtener, con la realización de la presente investigación, son conocer las dosificaciones correctas de un aditivo hidrófugo para que al ser usado en las construcciones, se puedan controlar las filtraciones muy frecuentes en la ciudad de Cajamarca.

2.4. Objetivos de investigación

Objetivo General

Determinar el efecto del aditivo hidrófugo en la permeabilidad de un mortero de cemento/arena en la ciudad de Cajamarca.

Objetivos Específicos

1. Determinar el efecto de la adición de una cantidad de aditivo hidrófugo en el grado de absorción de un mortero de cemento / arena.
2. Determinar el efecto de la adición de una cantidad de aditivo hidrófugo en la capilaridad de un mortero de cemento / arena.
3. Determinar el efecto de la adición de una cantidad de aditivo hidrófugo en la resistencia a la compresión de un mortero de cemento arena.

2.5. Alcances y limitaciones

Esta investigación pretende establecer con claridad la influencia de la adición de un aditivo hidrófugo en la permeabilidad de un mortero a base de cemento y arena.

La tesis se desarrolla con cemento portland Pacasmayo tipo MS, dado sus características resistentes a la humedad (ASOCEM 2012), con arena del río Chonta de la zona de Baños del Inca, con una dosificación en volumen de 1:4, mezcla en la que se utilizará agua potable de la ciudad de Cajamarca.

Debido a la inexistencia de equipos e instrumentos en el laboratorio de Ensayos de Materiales de la Universidad Nacional de Cajamarca para determinar y medir la permeabilidad del mortero directamente, este parámetro se mide indirectamente mediante el grado de absorción y la capilaridad, del mortero (cemento/arena) cuyos valores son medidos indirectamente con la permeabilidad.

Debido al aspecto económico, y de tiempo, el tamaño de la muestra se reduce al mínimo necesario, sin perder el nivel de confiabilidad para la población, de tal manera que se obtengan resultados confiables.

De este modo, se propone crear un marco conceptual suficientemente amplio que permita racionalizar los criterios de evaluación de estas edificaciones en concordancia con su importancia, a fin de maximizar los resultados en lo relativo a prevención, mitigación y gestión de las infiltraciones en muros de albañilería debido a la alta permeabilidad que puedan tener éstos.

2.6.Hipótesis de Investigación

La adición de un aditivo hidrófugo en cantidades adecuadas, disminuirá significativamente la permeabilidad de un mortero de cemento/arena.

2.7. Operacionalización de Variables:

Variable Independiente:

- Aditivo Hidrófugo.

Variable Dependiente:

- Permeabilidad de mortero.

2.8. Definición Conceptual de variables:

V.D.: Aditivo hidrófugo: Es un aditivo impermeabilizante a base acuosa de materiales inorgánicos de forma coloidal, que obstruye los poros y capilares del concreto o mortero mediante el gel incorporado.

V.I.: Permeabilidad en mortero: Es la cantidad de migración de agua a través de un mortero cuando el fluido se encuentra a presión, sin alterar su estructura interna.

2.9. Definición Operacional de variables

V.D.: Aditivo hidrófugo: Se determina mediante la cantidad dentro del mortero y está en función de la cantidad de agua de la mezcla. La unidad es centímetros cúbicos (cm³).

V.I.: Permeabilidad de mortero: La permeabilidad se midió a través del grado de absorción, cuya unidad es el porcentaje (%) del peso de agua absorbida por el mortero en 24 horas y el peso seco de la probeta de mortero.

La permeabilidad también fue determinado, indirectamente, mediante la capilaridad de un mortero, siendo sus unidades gramos por minuto sobre centímetro cuadrado ($\text{gr} * \text{min} / \text{cm}^2$).

2.10. Variables, dimensiones e indicadores

Tabla 1: Operacionalización de Variables

Variables	Dimensiones	Indicadores	Fuente del dato
Variable independiente			
Aditivo Hidrófugo	Cantidad de aditivo	Centímetro cúbicos de aditivo (cm^3)	Ficha de Laboratorio
Variables dependientes			
Permeabilidad de mortero.	Grado de absorción de agua.	Porcentaje de agua absorbida (%)	Ficha de Laboratorio
	Capilaridad de mortero	Cantidad de agua en el fleco capilar ($\text{gr}/(\text{cm}^2 * \text{min})$).	Ficha de Laboratorio

2.11. Unidad de análisis, universo y muestra

Unidad de Análisis:

Cada uno de los especímenes de mortero cemento / arena de 1:4.

Universo o Población:

Naturaleza: Todos los morteros Cemento/Arena con una relación de cemento: arena de 1:4.

Ubicación: Los ensayos se realizaron en el Laboratorio de Ensayo de Materiales “Mg. Ing. Carlos Esparza Díaz” de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Cajamarca.

Localidad : Cajamarca

Distrito : Cajamarca
Provincia : Cajamarca
Región : Cajamarca

Coordenadas U.T.M : Con la ayuda de un navegador GPS se pudo determinar la ubicación del laboratorio cuyas coordenadas son

Norte : 9207011
Este : 0776607
Altitud : 2 713 m.s.n.m.
Huso : 17
Zona : M

Muestra: El tamaño de la muestra se determina mediante muestreo aleatorio simple, para la Estimación de la Media Poblacional (μ) con Universo infinito puesto que la variable de interés principal (Grado de absorción) es del tipo cuantitativo continuo. A continuación se presenta la fórmula adecuada para este tipo de estudio:

$$n \geq \frac{Z_{\alpha/2}^2 \sigma_0^2}{E^2}$$

Donde:

n= Tamaño mínimo de la muestra

$Z_{\alpha/2}$ = Coeficiente de (1- α)% de confiabilidad

σ_0 = Desviación estándar poblacional de antecedentes.

E = Error máximo tolerable en la estimación de la media μ .

Para lo cual se considera:

Nivel de confianza considerado es de un 95%, por los errores que se puedan incurrir en la toma de datos, y por la precisión de los equipos e instrumentos de laboratorio, entonces el nivel de significancia es del 5%.

El valor estandarizado de Z, para un nivel de confianza de 95 es de 1,96, obtenido de tablas estadísticas.

$$Z_{\alpha/2} = 1.96$$

La desviación estándar poblacional de antecedentes: $\sigma_0 = \pm 0.86\%$, obtenido de una prueba piloto de un conjunto de 30 especímenes de mortero de cemento/arena de 5cm x 5cm x 5cm.

La máxima diferencia tolerable entre el estimador en la muestra y el parámetro poblacional, E, se ha considerado con una magnitud pequeña, con el fin de obtener una mayor cantidad de muestra confiable y los resultados tengan mejor representatividad, siendo:

$$E = 0.08 \%$$

Calculando el tamaño de muestra obtenemos:

$$\rightarrow \quad \mathbf{n = 475.46}$$

Con lo obtenido, se puede redondear a un tamaño de muestra de 480 probetas de morteros de cemento/arena de 5cm x 5cm x 5cm, distribuidos en 120 unidades como el grupo de mortero control o mortero base, es decir especímenes elaborados sin ningún tratamiento; 360 con cantidades diferentes de aditivo Sika® 1, de la siguiente manera:

- 120 especímenes con una cantidad cumpliendo la relación en volumen Sika® 1: Agua de 1:20;

- 120 especímenes con una cantidad cumpliendo la relación en volumen Sika®1: Agua de 1:10; y ,
- 120 especímenes con una cantidad cumpliendo la relación en volumen Sika® 1: Agua de 1:4.

Cada tipo de mortero se hizo con una relación Cemento : Arena de 1:4,

La cantidad de agua de mezclado será 260 litros por metro cúbico de mortero, la cual se ajustó según el diseño que se realice. El agua fue potable de la red pública de la ciudad de Cajamarca.

2.12. Metodología de la Investigación

2.12.1. Tipo de estudio: Teniendo en cuenta la finalidad, es una investigación aplicada y de acuerdo al nivel de investigación los parámetros que nos interesa analizar, la tesis corresponde a una investigación explicativa, por estar integrada por un conjunto de actividades metodológico y técnico que se realizan con el fin de recabar información y datos para correlacionarlos.

2.12.2. Descripción:

Investigación Experimental. Se tendrán cuatro grupos, de los cuales un grupo será elaborado como mortero de control (sin la incorporación de aditivo) y los otros tres grupos serán los experimentales, en los cuales se tendrán diferentes cantidades del aditivo Sika® 1. (Elegidos de acuerdo a la cartilla técnica del aditivo)

Esquema del diseño y las cantidades es como se muestra en el Tabla 2.

Tabla 2: Codificación de Grupos Experimentales y proporción de aditivo

Grupo	Código	Relación de Aditivo Hidrófugo Sika® 1 / agua
RG1 (e)	GA	1/20
RG2 (e)	GB	1/10
RG3 (e)	GC	1/5
G4 (c)	GD	0

Siendo:

RG1: Grupo Experimental 1, con una relación Aditivo Sika® 1 /Agua de 1/20.

RG2: Grupo Experimental 2, con una relación Aditivo Sika® 1 /Agua de 1/10.

RG3: Grupo Experimental 3, con una relación Aditivo Sika® 1 /Agua de 1/5.

G4: Grupo Control elaborada sin Aditivo Sika® 1.

2.12.3. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Técnicas de acopio de datos:

Será mediante la **Experimentación** en el Laboratorio de Ensayo de Materiales, y observar el comportamiento de las dosificaciones del aditivo hidrófugo Sika® 1, de cada uno de los grupos, tanto de control como experimental.

Instrumentos de acopio:

Se utilizarán para el desarrollo de la investigación los siguientes instrumentos:

- Ficha de Experimentación: Donde se detalla el tipo y código de la mezcla, capilaridad, grado absorción, edad de fraguado, fecha de ensayo, dimensiones, tipo de fractura, y observaciones especiales que puedan surgir.

- Cámara Fotográfica. Para tomar fotografías que permitan reportar los ensayos y poder analizar visualmente el efecto del aditivo en el mortero.

2.12.4. Técnicas de procesamiento y análisis de los datos

Técnicas de presentación: Se realizó el procesamiento de datos mediante un análisis estadístico, con el método de regresión y correlación entre las variables estudiadas, para ello se utilizó programas computacionales como el SPSS versión 16.0, EXCEL 2010, el complemento de Excel MegaStat.

En el procesamiento de datos se aplicó las siguientes técnicas: Cálculo de estimadores estadísticos, Regresión. Coeficiente de Pearson. Intervalos de Confianza.

- Estimadores Estadísticos (Cálculo de promedio, desviación estándar. Coeficiente de variación)
- Prueba Smirnov – Kolmogorov: Para determinar si los datos tienen un comportamiento normal, dado que es un supuesto que debe mostrarse para aplicar el método estadístico de la regresión.
- Regresión. Coeficiente de Pearson. Para medir el grado de asociación que existe entre las variables dado que son de naturaleza cuantitativa.
- Intervalos de Confianza. Para estimar el intervalo del promedio y la diferencias de promedios.
- Prueba de Hipótesis: Para probar si hay una influencia significativa de las variables independientes en la variable dependiente.

Se procedió a la Interpretación y determinación de los resultados en tablas comparativas de los datos obtenidos en laboratorio.

Determinación de las conclusiones. La información recolectada está dispuesta en tablas de doble entrada, gráficos, diagramas explican el comportamiento de las variables investigadas.

CAPÍTULO III

III MARCO TEÓRICO

3.1. Antecedentes Teóricos de la investigación

Monjo (1997), en su libro “Patología de cerramientos y acabados arquitectónicos”, presenta las principales causas de lesiones en las edificaciones siendo las humedades muy frecuentes con un 13%, y las eflorescencias con 5%.

Sánchez (2001), presenta en su libro Tecnología del concreto y del mortero. Colombia, diferentes aspectos de control de calidad de morteros y concretos, siendo los principales, el control de la dosificación del agua de mezclado y los procesos constructivos del mortero con el fin de obtener un mortero resistente y durable en el tiempo de vida útil.

Hermida (2005), describe los diferentes factores que interviene en la permeabilidad de un mortero y concretos, siendo estos la relación agua/cemento, grado de hidratación del cemento, método constructivo, tipo y tiempo de curado, granulometría de los áridos, y permeabilidad de los materiales. Además, se afirma que la lucha contra la permeabilidad se debe iniciar en la fase de proyecto y construcción, con una buena elección de los materiales. Con buenas prácticas constructivas y con algo que generalmente se obvia que es el mantenimiento adecuado. Finalmente indica que, existen muchas soluciones, con precios bajos, medios y altos; algunas fáciles de implementar, otras un poco más elaboradas. Pero con muy bajo riesgo de falla; unas pocas de gran durabilidad comprobada, otras que requieren mantenimiento anual y que en ausencia de especificaciones apropiadas, es labor del constructor escoger el material o el sistema de mejor desempeño a un costo razonable, exigiendo, en lo

posible, una buena cantidad de obras de referencia de igual o mayor importancia a la que se está construyendo, de manera que la confianza depositada en una marca reconocida se traduzca en un trabajo exitoso que genere tranquilidad para el proyecto.

Joaquín (2008), indica que para obtener mezclas impermeables es muy importante la granulometría de los áridos, de tal manera que se reduzcan los poros, cumpliendo así satisfactoriamente la función de relleno, posibilitando la obtención de morteros durables y resistentes.

Dib, (2009), en su tesis de grado “Humedad en las Construcciones” realiza un estudio de las causas, posibles soluciones al problema de la humedad en las construcciones, así como propone recomendaciones para su implementación en cuatro casos específicos en la ciudad de Puebla – México, entre las causas que encuentra están de que la humedad aparece por no tener los cimientos adecuados al tipo de suelo lo que genera otras causas como la mala impermeabilización en diversas zonas de la vivienda, sellos inadecuados de puertas y ventanas, y malas instalaciones hidráulicas. Y que debido a que no se tratan debidamente, las humedades van a más y pueden transformarse en un problema muy serio que ocasiona daños en la construcción, en consecuencia un deterioro en la seguridad de la vivienda.

Valdez et al, (2009), en la investigación, “Influencia de la carbonatación en morteros de cemento Pórtland y Ceniza volante”, muestran el efecto de la ceniza volante en las propiedades del mortero, determina el porcentaje de absorción de morteros, resistencia a la compresión, y aire atrapado de diferentes dosificaciones de ceniza volante.

3.2. Estado del arte:

Es evidente que la albañilería y el uso de morteros como elementos de construcción han pasado por un largo proceso de evolución, en cuanto a sus características de acuerdo a las necesidades de las civilizaciones.

Los morteros están presentes desde tiempos inmemoriales en diversos tipos de construcciones a través de la historia de la humanidad, las cuales forman parte del patrimonio histórico de la misma. Su uso consiste en el elemento de unión de la superposición de bloques de piedra o unidades de ladrillos, dispuestas las unas sobre las otras, como parte del material ligante. Esta técnica ha constituido un procedimiento de construcción exitoso durante miles de años. Su éxito ha estado basado en la facilidad de su construcción, anteriormente descrita y en la gran disponibilidad de los materiales constituyentes necesarios, así como en la durabilidad de éste tipo de construcciones, cuyas manifestaciones se pueden apreciar aun hoy día. Basta citar grandes monumentos tales como, el Coliseo Romano (figura 3), numerosos puentes en arco, un gran número de ellos construidos durante la expansión del Imperio Romano y presentes en la actualidad en diversos países europeos. Igualmente cabe mencionar al importante número de Catedrales e Iglesias existentes en la ciudad de Cajamarca (figura 4).

Incluso, en la época actual, en nuestras ciudades, es posible observar la presencia de éste material no únicamente en construcciones históricas, sino en estructuras basadas en muros de carga y cortante como lo son los edificios de baja altura construidos abundantemente hasta mediados del siglo XX y de los cuales, a manera de ejemplo, Cajamarca cuenta con un importante volumen construido (figura 4).



Figura 3 : El coliseo Romano (Italia)

Disponible en:

http://www.nationalgeographic.com.es/articulo/historia/grandes_reportajes/8275/coliseo_roma.html



Figura 4: Iglesia Santa Catalina, Cajamarca (Perú)

Disponible en: <http://elcomercio.pe/turismo/1504804/noticia-cajamarca-recorrido-historia>

3.3. Bases Teóricas

3.3.1. Mortero cemento / arena:

Se denomina mortero, a la mezcla de aglomerante o aglomerantes y agregado fino, ambos correctamente amasados, con la adición de cierta cantidad de agua y aditivos.

Las diferencias entre los morteros, están en función de la variación de resistencias de cada de ellos a la compresión, contracción y por su adherencia e impermeabilidad.

(Dina 2008)

De acuerdo con su origen, los morteros pueden ser premezclados en planta, premezclados secos, o elaborados en obra.

De acuerdo con su dosificación ha sido costumbre hablar de morteros de relación 1:n (1:3 ó 1:4, etc.), queriendo indicar partes de cemento:arena; sin embargo, bajo esta denominación se ha incurrido casi siempre en un error implícito por lo siguiente:

No es claro si se trata de partes en masa o en volumen.

- Varios morteros con la misma relación 1:n (por ejemplo 1:4), y con igual manejabilidad, pueden arrojar diferentes resistencias a compresión a los 28 días, en razón de la granulometría de la arena utilizada.

Morteros para Mampostería

En un muro de mampostería el mortero representa entre un 10 y un 20% del volumen total del material; no obstante su efecto en el comportamiento de la pared es mucho mayor de lo que indica tal porcentaje.

Evolución en la fabricación de morteros

Cronológicamente pueden diferenciarse varias etapas en la fabricación de mampostería con distintas clases de mortero, así:

- Primeras construcciones de mampostería elaboradas con piedras y mortero de barro.
- Utilización de morteros de arcilla.
- Descubrimiento de la cal apagada hecha a partir de la cal viva para la elaboración de morteros.
- Morteros de cal y arena usados en mampostería poco antes de la aparición del cemento Portland a mediados del siglo XIX; son morteros convencionales de baja trabajabilidad, pero de excelente resistencia a compresión y de fraguado rápido.
- Morteros modernos de mampostería elaborados con cal, arena y cemento Portland, beneficiándose de las propiedades de cada uno de esos componentes.

Funciones de mortero: Su presencia en la albañilería obedece a la necesidad de satisfacer tres funciones:

- Rellenar las juntas impidiendo el paso del agua y aire.
- Regularizar en asentado entre las unidades y bloques de albañilería y repartir uniformemente las cargas.
- Colaborar a conducir las sollicitaciones horizontales de carga hasta la cimentación.

También, el de actuar como agente de vinculación o adherencia que integre a las unidades de albañilería, permitiendo que trabajen de forma monolítica, ayudando a un adecuado comportamiento estructural de los muros y en general de las albañilerías de las cuales forma parte.

Finalmente, el mortero debe proporcionar resultados estéticos satisfactorios en albañilerías que requieran dejar las unidades expuestas.

De ser mampostería reforzada envuelve, protege y actúa en unión de la armadura embebida.

El cumplimiento íntegro de las funciones antes descritas depende fundamentalmente del comportamiento adecuado que presenten sus distintas propiedades, como adherencia, resistencia y estética, las cuales deben ser uniformes y durables (Barrera 2003).

Clasificación de los morteros de mampostería

De acuerdo con la norma ASTM C 270, los morteros se clasifican, bien por sus propiedades, o por sus proporciones. Toda especificación debe hacerse por una sola categoría de las indicadas, pero no por ambas (son excluyentes).

La especificación por propiedades (resistencia a la compresión, retención de agua y contenido de aire), adquiere sentido para efectos de diseño con base en pruebas de laboratorio, mas no para morteros mezclados en obra. Se asume que las proporciones establecidas en laboratorio son las que se emplearán al mezclar en obra, esperándose del producto un comportamiento satisfactorio.

Propiedades del mortero en estado fresco:

Trabajabilidad: Es la propiedad más importante del mortero, en virtud de la influencia que ella ejerce sobre otras propiedades. Es generalmente una característica definida por el albañil. Un mortero suficientemente trabajable debe extenderse con facilidad sobre las unidades de albañilería. Adherirse a superficies verticales, introducirse

fácilmente en las juntas, soportar la presión aplicada por el albañil para producir el alineamiento de las unidades y permitir la colocación de éstas sin que ocurran modificaciones posteriores debido a su peso propio o al de varias hiladas.

Debido a que la trabajabilidad es fácilmente reconocible pero no existe un ensayo para cuantificarla por sí sola. Por ello, en muchos casos se usa la consistencia como medida de la trabajabilidad.

La consistencia es el grado de fluidez del mortero fresco que depende fundamentalmente de la fase fluida y del contenido y características de los componentes sólidos.

Dentro de los principales factores que pueden afectar la consistencia y, por lo tanto, la trabajabilidad del mortero, destacan los siguientes (Barrera 2003):

- Características de la arena (granulometría y forma de las partículas).
- Contenido de cemento utilizado.
- Cantidad de aire en la mezcla
- Cantidad de agua adicionada a la mezcla.
- Uso de aditivos.
- Intensidad y tiempo de mezclado.

Retentividad: Es el poder de retención de agua. Es la capacidad del mortero de retener el agua de amasado ante sollicitaciones externas de absorción o succión por parte de las unidades de albañilería. Esto permite que el mortero mantenga su plasticidad para que las unidades puedan ser cuidadosamente alineadas y niveladas sin romper el enlace. (Barrera 2003)

Contenido de aire: Es una propiedad de gran importancia que permite explicar, en muchos casos, el comportamiento que tenga éste tanto en su estado fresco como endurecido.

El aire incluido en un mortero, pueden generarse por efectos mecánicos o por medios de la aplicación de aditivos incorporadores de aire. A medida que aumenta el contenido en aire, mejora la trabajabilidad y la resistencia a los ciclos hielo-deshielo. De forma contraria, disminuye la resistencia mecánica, la adherencia y la impermeabilidad.

Propiedades en estado endurecido:

Resistencia a la compresión: Se usa como el principal criterio para seleccionar el tipo de mortero a utilizar en una estructura de albañilería, ya que es fácil de medir y puede relacionarse con otras propiedades como la adherencia, la permeabilidad y la durabilidad.

Depende en gran parte del tipo y cantidad del material cementante y de la relación agua/cemento o agua/conglomerante utilizado al prepararlo: aumentará con un incremento del contenido de cemento y disminuirá con un aumento de la inclusión de aire, del contenido de cal, o del contenido de agua. (Barrera 2003)

La resistencia a la compresión se realizó según los procedimientos descritos en la NTP 334.051:2013 - ASTM C 109.

Módulo de Elasticidad: E_m

En UIC (1995) podemos encontrar valores orientativos para el módulo de elasticidad de los morteros, ver Tabla 3.

Tabla 3: Módulos de elasticidad para diferentes morteros,

Tipo de mortero	E_m (N/mm ²)
De cal aérea	400– 1000
De cal hidráulica	1000 – 2000
De cemento y cal	2000 – 6000
De cemento	6000 – 10000

Fuente: UIC (1995).

Variaciones de Volumen: El mortero experimenta variaciones de volumen, dilataciones o contracciones, durante toda su vida útil por causas físico-químicas. El tipo y magnitud de estas variaciones está afectadas en forma importante por las condiciones ambientales de humedad y temperatura existentes, y también por los componentes presentes en la atmósfera.

Se pueden distinguir tres tipos de variaciones de volumen: la que deriva de las condiciones de humedad denominada retracción hidráulica, la que tiene por causa la temperatura, retracción térmica y la originada por la composición atmosférica denominada retracción por carbonatación.

Permeabilidad al agua: Es aquella propiedad del mortero que permite el paso del agua o de otro fluido, a través de su estructura interna. El agua puede incorporarse en la masa del mortero, y en general en las albañilerías, por medio de dos mecanismos o procesos diferentes: presión hidrostática y capilaridad. Cuyos mecanismos se verán más a detalle posteriormente.

Adherencia: Es la propiedad más importante del mortero que se utilizará como junta. Es también el más inconstante e impredecible. El mortero tiene que desarrollar suficiente adherencia con las unidades para resistir los esfuerzos de tracción

producidos por: las cargas de la estructura, del terreno, sísmicas y del viento; los cambios de volumen de las unidades y los cambios de temperatura. En cuanto a los esfuerzos que debe resistir un muro, los más significativos, dada las características sísmicas, corresponden a los esfuerzos horizontales, los cuales provocan fallas donde generalmente la resistencia a la cizalla es menor, es decir en la interface mortero – unidad. También la impermeabilidad de la albañilería, depende de esta propiedad.

La adherencia proviene del anclaje de cristales de cemento hidratado en los poros de las unidades, es decir, es de naturaleza exclusivamente mecánica, más que química o molecular. Esta propiedad depende principalmente de los siguientes factores:

- Interacción hídrica entre el mortero y la unidad.
- Trabajabilidad del mortero.
- Retentividad del mortero.
- Componentes del mortero (tipo y cantidad de los materiales aglomerantes y contenido de aire)
- Características de las unidades; succión, contenido y estructura de los poros capilares, textura de la superficie de la cara del asiento y contenido de humedad.
- Calidad del proceso constructivo (tiempo de interrupción, acabado y presión aplicada a la capa de mortero).
- Condiciones de curado (temperatura, humedad relativa y viento). (Barrera 2003)

La adherencia tiene dos aspectos, la tensión de adherencia, es decir, cuanta fuerza se requiere para separar las unidades y la extensión de la adherencia o punto de adherencia, la que se define como área adherida.

Durabilidad: Se refiere a la capacidad de tiene éste de mantener substancialmente sus características originales que permiten su uso, como son su apariencia original, su resistencia y solidez, principalmente frente a la acción del intemperismo.

Los principales factores que influyen en la durabilidad son:

- Eflorescencias.
- Efecto de la congelación.
- Permeabilidad.

3.3.2. Normatividad:

En el caso del Perú, el Reglamento Nacional de Edificaciones (2006) normaliza las características técnicas del mortero para fines estructurales en la norma E-070. Aquí se define al mortero como una mezcla que está constituido por aglomerantes y agregado fino a los cuales se añadirá la máxima cantidad de agua que proporcione una mezcla trabajable, adhesiva y sin segregación del agregado. Para la elaboración destinado a obras de albañilería, se tendrá en cuenta lo indicado en las normas NTP 399.607 y 399.610.

La norma aclara que el mortero ocupa entre el 10 y 20 % del volumen total de material de una pared de mampostería, sin embargo su efecto en el comportamiento de esta es mucho mayor que lo que indica este porcentaje. Estéticamente, puede añadir un colorido adicional o un acabado muy particular a las paredes. Funcionalmente, el mortero liga las unidades de mampostería y sirve de sello para impedir la penetración de aire, agua principalmente.

Así mismo, los componentes del mortero son:

a) Los materiales aglomerantes del mortero pueden ser:

- Cemento Portland tipo I y II, NTP 334.009
 - Cemento Adicionado IP, NTP 334.830
 - Una mezcla de cemento Portland o cemento adicionado y cal hidratada normalizada de acuerdo a la NTP 339.002.
- b) El agregado fino debe ser arena gruesa natural, libre de materia orgánica y sales, con las características indicadas en la Tabla 4. Se aceptarán otras granulometrías siempre que los ensayos de pilas y muretes proporcionen resistencias según lo especificado en los planos.

Tabla 4: Granulometría de la arena gruesa

MALLA ASTM	% QUE PASA
N° 4 (4,75 mm)	100
N° 8 (2,36 mm)	95 a 100
N° 16 (1,18 mm)	70 a 100
N° 30 (0,60 mm)	40 a 75
N° 50 (0,30 mm)	10 a 35
N° 100 (0,15 mm)	2 a 15
N° 200 (0,075 mm) de 2	Menos

Fuente: Reglamento Nacional de Edificaciones del Perú. Ministerio de vivienda, saneamiento y Construcción.

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

- El módulo de finura o fineza debe estar comprendido entre 1.6 y 3.5.
- El porcentaje máximo de partículas quebradizas debe ser: 1% en peso.
- No deberá emplearse arena de mar, ni de desierto.

c) El agua debe ser potable y libre de sustancias deletéreas, ácidos, álcalis y materia orgánica.

En 3.2.3 del Capítulo III de la Norma E-070 del Reglamento Nacional de Edificaciones, la norma clasifica con fines estructurales en:

- Tipo P, empleado en la construcción de los muros portantes; y
- Tipo NP, utilizado en los muros no portantes (ver Tabla 5).

Proporciones. Los componentes del mortero tienen las proporciones volumétricas (en estado suelto) indicadas en la siguiente tabla.

Tabla 5: Tipos de mortero

Tipo	Componentes			Usos
	Cemento	Cal	Arena	
P1	1	0 a 1/4	3 a 3 ½	Muros Portantes
P2	1	0 a 1/2	4 a 5	Muros Portantes
NP	1	-	Hasta 6	Muros No Portantes

Fuente: Reglamento Nacional de Edificaciones del Perú. Ministerio de vivienda, saneamiento y Construcción.

Se pueden emplear otras composiciones de morteros, morteros con cementos de albañilería, o morteros industriales (embolsado o pre-mezclado), siempre y cuando los ensayos de pilas y muretes proporcionen resistencias iguales o mayores a las especificadas en los planos y se asegure la durabilidad de la albañilería.

- De no contar con cal hidratada normalizada, se puede utilizar mortero sin cal respetando las proporciones cemento-arena indicadas en el Tabla 5 (Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento 2009)

3.3.3. Permeabilidad de mortero:

Es la cantidad de migración de agua a través del mortero, cuando el agua se encuentra a presión, o a la capacidad del mortero de resistir la penetración de agua u otras sustancias (líquido, gas, iones, etc.). Generalmente las mismas propiedades que convierten al concreto o al mortero menos permeable también lo vuelven más hermético. La permeabilidad total del mortero al agua es una función de la permeabilidad de la pasta, de la permeabilidad y granulometría del agregado, y de la proporción relativa de la pasta con respecto al agregado. La disminución de permeabilidad mejora la resistencia del mortero a la compresión, al ataque de sulfatos y otros productos químicos y a la penetración del ión cloruro. La permeabilidad también afecta la capacidad de destrucción por congelamiento en condiciones de saturación. Aquí la permeabilidad de la pasta es de particular importancia porque la pasta recubre a todos los constituyentes del mortero. La permeabilidad de la pasta depende de la relación Agua – Cemento, de la hidratación del cemento o duración del curado húmedo. Un mortero de baja permeabilidad requiere de una relación Agua – Cemento baja y un periodo de curado húmedo adecuado. La inclusión de aire ayuda a la hermeticidad, aunque tiene un efecto mínimo sobre la permeabilidad aumenta con el secado. La permeabilidad de una pasta endurecida madura mantiene continuamente rangos de humedad de 0.1×10^{-12} cm/seg para relaciones Agua – Cemento que variaban de 0.3 a 0.7. (Lopez 2004)

El agua, el elemento más usado por el hombre y sin el cual no hay vida, es también la causa de una gran problemática, que a veces creemos insoluble, en la construcción.

No hay persona en el planeta que no haya tenido que enfrentar el paso del agua y su aparición en el lugar más incómodo y menos esperado.

La lucha contra el ingreso de agua, o su pérdida en una estructura de retención (tanque, piscina, etc.) empieza ya temprano en la obra, durante la misma construcción de las estructuras, continúa una vez que la estructura está en pie y no se detiene durante la vida en servicio de las mismas. (Hermida 2009)

Hoy el contacto mortero/agua se considera como una frontera donde un material termina y el otro comienza, dicho límite en realidad no es tan claro puesto que el agua penetra la matriz porosa del concreto hasta cierto punto y podría incluso atravesarlo si la porosidad es importante, la presión del agua suficiente o por qué no?, la dimensión de la pared reducida la cual genera la penetración del agua al interior del mortero.

Los mecanismos de penetración de agua dentro de la red porosa del material pueden seguir principios físicos muy distintos como la permeabilidad, la difusión, la absorción capilar, la convección o la electromigración. Sin embargo, los fenómenos más frecuentes de penetración de agua al interior del concreto en la construcción son en su orden: la capilaridad y la penetración de agua bajo presión o permeabilidad.

El agua puede incorporarse en la masa del mortero y en las albañilerías por dos formas: presión hidrostática y capilaridad. El primero, el agua tiende a travesar la masa del mortero, escurriendo a través de las discontinuidades que éste posee en su interior en forma de fisuras o poros intercomunicados. En la capilaridad, el desplazamiento del agua se produce debido a la existencia de microfisuras de tamaño capilar, que permite la ascensión del agua por efecto de su tensión superficial. (Barrera 2003)

3.3.4. Grado de Absorción:

También denominada índice de absorción, capacidad de absorción; es la medida, expresada en forma de porcentaje, de la cantidad de agua absorbida por un material en un determinado tiempo, sumergido totalmente en agua. El agua que el material absorbe se denomina agua de absorción: y es el agua que contiene un cuerpo o material sólido.

Muchas características de los materiales dependen o se definen a partir de su porosidad. La absorción de agua es la cantidad de agua que un material puede absorber. Por lo tanto, podemos definir como concepto general, a mayor porosidad, mayor absorción de agua.

La penetración de agua al interior de un mortero basado en la absorción capilar se considera como el mecanismo más frecuente de transporte de agua en morteros. El agua al entrar en contacto con la superficie de un mortero convencional sufrirá así un efecto de atracción parecido al generado por una esponja. La velocidad de penetración por absorción capilar en un mortero seco puede ser del orden de un millón de veces más rápida que el del mismo volumen de agua que atraviesa el mismo concreto bajo un gradiente de presión, es decir por permeabilidad. La absorción capilar del mortero es mucho más rápida que la penetración bajo presión pero su velocidad va aminorando a medida que el concreto se satura, una vez la red porosa del material está saturada el movimiento del agua por absorción capilar se detiene. La penetración del agua al interior de un material poroso como el concreto, solo puede darse para medios secos o parcialmente saturados. (G. Hermida 2008)

El grado de absorción se determinó siguiendo el procedimiento descrito en la norma NTP 339.187:2003 - ASTM C-642.

3.3.5. Impermeabilización en construcción:

Consiste en la colocación de materiales que impidan el paso de la humedad a las diferentes partes de una construcción. La impermeabilización superficial debe realizarse de tal forma que evite la penetración del agua en el hormigón o mampostería, pero que no impida su salida.

El material del muro de contención debe ser apto y estar preparado para resistir presiones además, de tener tratamiento impermeabilizante incluido.

La permeabilidad de los morteros depende de varios factores relacionados entre sí y que pueden resumirse en los siguientes:

- Compacidad, que, es función de la forma y granulometría de los áridos, de la dosificación de cemento, de los medios de puesta en obra empleados y del curado.
- Estructura de la pasta de cemento hidratada en la cual se encuentran micro-cristales de silicatos y aluminato de calcio que presentan una red de conductos capilares formados al evaporarse parte del agua durante el proceso de hidratación.

El volumen capilar formado suele ser del 28 por 100 del volumen total de la pasta hidratada aunque depende de la relación agua/cemento y de las condiciones de curado. Este volumen es tanto menor, cuanto más baja es la relación agua/cemento, dentro de un límite, y cuanto más eficaz haya sido el curado del mortero, a ser posible realizado en ambiente saturado de vapor de agua.

De todo lo anterior se concluye que si el mortero está bien estudiado, puesto en obra, compactado y curado, se podrá asegurar que es impermeable. No obstante, se pueden emplear diferentes aditivos que mejoren la impermeabilidad del mortero, bien entendido que si los poros y conductos son de diámetros grandes, será imposible con estos productos conseguir un mortero impermeable.

Si el mortero se ha fisurado, por cualquier razón de origen químico, térmico, hidráulico o mecánico, la estanqueidad del mismo quedará afectada.

Se pueden considerar dos tipos de aditivos para este fin: los reductores de penetración de agua y los hidrófugos. Los primeros, aumentan la resistencia al paso del agua a presión sobre un mortero endurecido; los segundos, disminuyen la absorción capilar o el paso de agua a través de un mortero saturado. Ambos suelen solapar sus efectos.

Los aireantes, tienen un papel notable sobre la impermeabilidad al interrumpir con burbujas de aire la red capilar de los morteros. Los plastificantes también son beneficiosos porque disminuyen de la red capilar. Sin embargo, aquí se hace referencia a productos que se emplean con la función principal de impermeabilizar, al colmatar los capilares de la pasta de cemento hidratada.

El primer material empleado para este fin fue el polvo de sílice; este polvo reacciona, aunque muy lentamente, a la temperatura ambiente con la cal liberada en la hidratación del cemento para formar silicato de calcio insoluble. La actividad puzolánica de este material es muy escasa y los resultados de la impermeabilización muy variables. (Fernández 2008)

3.4. ADITIVO HIDRÓFUGO

3.4.1. Definición:

Es un aditivo que se adiciona a un mortero o concreto, es un impermeabilizante a base de materiales inorgánicos de forma coloidal, que obstruye los poros y capilares del mortero mediante el gel incorporado. Un aditivo hidrófugo tiene como mecanismo de acción la de repeler al agua (efecto hidrófobo), con lo cual disminuye la permeabilidad del mortero de cemento/arena. (G. Sánchez 2010)



Figura 5: Efecto de aditivo hidrófugo sobre mortero.

Fuente: Guillermo Sánchez. Aditivos BASF – España 2010.

Este tipo de aditivo, es aquel que tiene como función principal, disminuir la absorción capilar del mortero endurecido y el flujo de agua a través del mismo; con lo cual confieren al mortero, la impermeabilidad necesaria para repeler el agua ya sea de lluvia, humedad por napa freática, etc. Su función es impedir la entrada de agua por los capilares que se producen en el mortero una vez que se ha finalizado el fraguado.

La compañía internacional de aditivos Sika, posee una enorme experiencia en este tipo de productos. Desde su fundación en 1910 Sika desarrolló un exitoso sistema de impermeabilización consistente en aditivos hidrófugos y acelerantes de fraguado con

los que, ya entonces, obtuvo un éxito sensacional en la impermeabilización del túnel ferroviario San Gotardo - Suiza, obra emblemática de aquella época, ya que esto hizo posible la electrificación del túnel de forma segura. Cien años después, el primer producto lanzado al mercado por Sika: Sika 1, sigue siendo uno de los productos más vendidos por una empresa que se ha convertido en un gigante internacional, con presencia en 74 países, más de 12.000 empleados y productos que marcan la innovación tecnológica en todas las obras del mundo.



Figura 6: Aditivo hidrófugo Sika 1, utilizado en la investigación.

Fuente: <http://www.icsa.com.pe/catalogo.php?t=e&e=127>

El aspecto y presentación del aditivo es líquido, de color amarillo tenue, su densidad es de 0.95 ± 0.03 kg/L, su pH es 9.5 ± 0.5 ; es comercializado en envases PET de 4 litros, baldes de 20 Litros y cilindros de 200 litros.

3.4.2. Mecanismo de acción y composición química

En el mortero, además del agua necesaria para la hidratación del cemento, se requiere un exceso de agua para proporcionar la trabajabilidad adecuada en el estado fresco. Este exceso de agua da lugar a una red capilar porosa, siendo estos capilares o poros

interconectados, las vías por donde emigra el agua en exceso hacia el exterior y por donde, posteriormente, podría penetrar agua en el seno del mortero endurecido.

Para evitar o minimizar la absorción capilar del mortero endurecido, el primer paso consistirá en disminuir el volumen de esta red capilar empleando un superplastificante, minimizando de esta manera la cantidad de agua necesaria para obtener una determinada trabajabilidad. Sin embargo, la simple reducción del volumen de capilares no hace que el mortero o concreto esté hidrofugado, es decir, que muestre carácter repelente al agua. (Valverde 2005)

El mecanismo de acción de los aditivos hidrófugos consiste en que reaccionan con la cal producida en las reacciones de hidratación del cemento para formar micelas hidrófobas que obstruyen los capilares del mortero endurecido y repelen el agua. Además, todos ellos tienen un carácter tensoactivo, con una parte hidrófoba y otra hidrófila, que hace variar la tensión superficial de las gotas de agua, lo que tiene como consecuencia que éstas tengan menor poder humectante.

La dosificación utilizada, en general, puede estar entre el 0.5% en peso del cemento, y el 2%, dependiendo de la formulación del aditivo. Pueden añadirse durante el amasado del mortero o al final del mismo, en cuyo caso deberá efectuarse un amasado suplementario.

Los aditivos hidrófugos están regulados por la norma UNE-EN 934-2 - siendo el ensayo de absorción capilar (según norma EN 450-5) el más significativo para demostrar sus propiedades hidrofugantes. Dicho valor de absorción capilar debe ser, después de 7 días de conservación, como máximo el 50% en masa del valor de absorción de un testigo de referencia (mortero sin aditivo) y para las probetas a 28

días, después de 90 días de conservación en cámara húmeda, un 60% máximo del valor de absorción del mortero testigo. Así mismo, debe cumplir con la norma IRAM 1572, con un porcentaje de absorción de agua menor 50% en 24 horas.

En cuanto a su composición química, los aditivos hidrófugos más utilizados en la actualidad son ácidos carboxílicos que poseen una base hidrocarbonada, como oleatos, estearatos y otros tipos de ácidos grasos. También son muy utilizados diferentes derivados de siliconas, de látex o de productos fluorados, así como algunos productos inorgánicos.

3.4.3. Aplicaciones

Los aditivos hidrófugos se emplean para mejorar las prestaciones del mortero o concreto en diferentes aplicaciones:

- Muros de sótanos.
- Cerramientos de edificios, sobre todo en climas húmedos.
- Pavimentos, ladrillos, azulejos, tejas, paneles de revestimiento, y otros donde además de para reducir la eflorescencia, interesa minimizar la circulación de agua entre las piezas adyacentes.
- Cimentaciones.
- Subterráneos, cimientos, sobre cimientos y bases en contacto con el terreno.
- Mortero de asentado en las primeras hiladas de ladrillo (evitando la ascensión de la humedad por capilaridad).
- Tarrajeos exteriores, especialmente en fachadas expuestas a lluvia y riego.
- Tarrajeos interiores, especialmente en baños y cocinas.
- Zócalos de protección en muros de adobe y tapial.

- Fabricación de estructuras de concreto destinadas a contener líquidos: piscinas, depósitos, Tanques y estanques de agua, canales, reservorios y otros.
- Obras hidráulicas en general.

En general, siempre que la pieza de mortero o concreto tenga que servir de separación entre un medio húmedo y otro seco.



Figura 7: Zócalo de protección, de un muro de adobe, construido de mortero cemento / arena.



Figura 8: Una de las aplicaciones del aditivo hidrófugo es en el asentado de primeras hileras de ladrillo.

3.4.4. Influencia en el mortero fresco y endurecido

Los aditivos hidrófugos, se formulan para actuar sobre las propiedades del mortero o concreto endurecido, sin afectar significativamente las de la mezcla fresca. Cuando se incorporan aditivos hidrofugantes, el mortero endurecido muestra una repelencia a la entrada de agua a través de la red capilar. De esta manera, en caso de ser mojado, se observa que las gotas de agua permanecen en su superficie sin ser absorbidas.

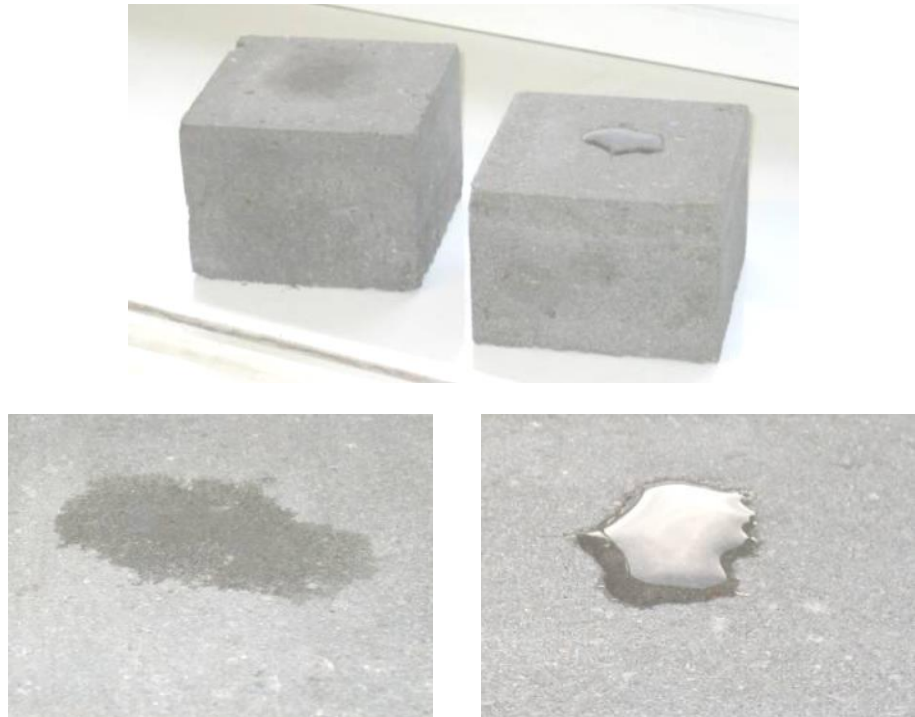


Figura 9: Diferencias en el comportamiento de un mortero sin aditivo hidrófugo y un mortero que incorpora este aditivo.

Fuente: (Valverde 2005)

Como beneficio añadido al poder hidrofugante, se tiene que, al hacer disminuir la absorción del mortero, y por tanto, el flujo de agua a través del mismo, con las sales que ésta pudiera llevar disueltas, se disminuye la entrada de productos que pudieran alterar la calidad del mortero o concreto o las armaduras y que pueden producir procesos de carbonatación, y corrosión, por lo que los morteros o concretos que

incluyen estos aditivos poseen mayor durabilidad. Así mismo, frena la salida del agua de amasado, disminuyendo con ello la aparición de eflorescencias, para lo que son muy utilizados al ser, prácticamente, la mejor solución a estos problemas.

Este efecto, es aún más necesario cuando se trata de morteros o concretos coloreados, en los que la variación de color depende de numerosos factores (cantidad y tipo de cemento, relación agua/cemento, temperatura) y en los que el aspecto final es aún más importante.



Figura 10: Disminución de eflorescencias en bloques de concreto coloreado, a la izquierda sin hidrofugar, a la derecha incorporando un aditivo hidrófugo de Sika

Fuente. (Valverde 2005)

Siempre, ha de tenerse en cuenta que un hidrófugo, en ningún momento impide totalmente la entrada de agua puesto que la estructura interna del mortero o concreto es porosa y cambiante a medida que se van produciendo las reacciones de hidratación del cemento. También debe considerarse que el poder hidrofugante de estos productos puede disminuir a lo largo del tiempo, sobre todo si el mortero o concreto ha permanecido un largo periodo en ambiente muy seco o caluroso, aunque podría recuperarse en el momento que se restablecieran las condiciones más idóneas de humedad y temperatura.

Dado que este tipo de productos tienen un efecto tensioactivo, pueden ocluir algo de aire. De acuerdo a la normatividad, el volumen del aire total que ocluyan no debe sobrepasar en un 2% al del mortero o concreto testigo. En caso de superar este porcentaje, el fabricante está obligado a notificarlo. Este efecto es más apreciable a medida que se hace más fluida la consistencia del mortero o concreto, no afectando, prácticamente, a los mortero o concreto secos. Esta propiedad va a producir, sobre los hormigones frescos, una mejora en la cohesión así como disminución de la segregación. Sólo en el caso de que tuviese lugar una sobredosificación las resistencias a compresión y el tiempo de fraguado podrían verse afectados negativamente.

En cualquier caso, y de acuerdo a los requisitos establecidos en la norma UNE-EN 934-2, las resistencias a 28 días del mortero o concreto hidrofugado, deben ser de, al menos, el 85% a las del mortero testigo. (Valverde 2005)

3.5. MARCO CONCEPTUAL

Mortero: Es la mezcla de material aglomerante (Cemento Portland, yeso y/u otros cementantes), un material de relleno (agregado fino o arena), agua y eventualmente aditivos, con propiedades químicas, físicas y mecánicas similares a las del concreto y son ampliamente utilizados para pegar piezas de mampostería en la construcción de muros, o para recubrirlos, en cuyo caso se le conoce como recubrimiento, repello o revestimiento.

Edificación con humedad: Es una edificación que presenta filtraciones de agua en paredes, pisos y techos de las viviendas, edificios, almacenes, etc, caracterizándose, por el hinchamiento o por el desprendimiento de material original con que están

construidas las paredes, como consecuencia, de napas superficiales, muros en jardines, humedad por lluvias, filtraciones por tuberías de agua o desagüe mal instaladas o deterioradas.



Figura 11: Humedad en edificación pública.

Ascensión Capilar: Capilaridad es el nombre que se da a la capacidad que posee un líquido para desplazarse hacia arriba venciendo la fuerza de la gravedad. Su nombre deriva del hecho de que este fenómeno fue observado por primera vez en tubos capilares, es decir cuyos diámetros interiores son pequeños. Los espacios estrechos en los cuales la capilaridad sucede se denominan capilares.

Los capilares pueden ocurrir en el interior de los materiales (Son notables los materiales porosos) o en juntas de unión entre materiales iguales o distintos. La acción capilar que se considera con más frecuencia es la del agua, ya que es el líquido más común en los edificios (Addleson 2001).



Figura 12: Presencia de humedad por ascensión capilar de las bases del muro.
Fuente: Propia

Eflorescencias: Son manchas superficiales exteriores o abombamientos interiores de los revestimientos o muros, debidos a sales solubles que, arrastradas por el agua de amasado o de lluvia, precipitan al evaporarse ésta. El origen puede ser de los agregados del mortero, del cemento o de aditivos químicos. También de las unidades de albañilería (ladrillos), y de los suelos (Osuna 1998).



Figura 13: Presencia de eflorescencia en revestimiento cemento / arena, por causa de la humedad.

Micelas hidrófobas: Son un conglomerado de moléculas que constituye una de las fases de los coloides. Es el mecanismo por el que el jabón solubiliza las moléculas insolubles en agua, como las grasas.

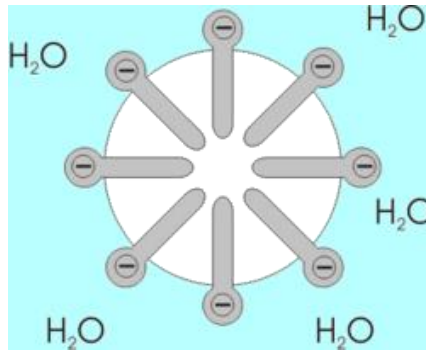


Figura 14: Micela hidrófuga

Disponible en: <http://www.idun-nature.com/blog/archives/884>

Ácidos carboxílicos: Constituyen un grupo de compuestos que se caracterizan porque poseen un grupo funcional llamado grupo carboxilo o grupo carboxi ($-\text{COOH}$); se produce cuando coinciden sobre el mismo carbono un grupo hidroxilo ($-\text{OH}$) y carbonilo ($\text{C}=\text{O}$). Se puede representar como COOH ó CO_2H .

3.6. CONTROL DE CALIDAD.

El proceso de control de calidad de datos realiza en estricta aplicación de las normas, técnicas y procedimientos específicos.

El mortero, por ser un material heterogéneo, está sujeto a la variabilidad de sus componentes así también, en la producción, transporte, colocación, compactación y curado, existiendo por ello resultados variables. En la Tabla 06 se muestra las principales fuentes de variación de las propiedades de un mortero.

Tabla 6: Causas comunes que generan variabilidad de resultados en muestras de mortero.

DEBIDO A LAS VARIACIONES EN LAS PROPIEDADES DEL MORTERO	DEBIDO A LAS DEFICIENCIAS EN LOS MÉTODOS DE PRUEBA
<ol style="list-style-type: none"> 1. Cambios en la relación a/c <ol style="list-style-type: none"> a. Control deficiente del agua. b. Variación excesiva de humedad. 2. Variación en los requerimientos de agua mezcla. <ol style="list-style-type: none"> a. Gradación del agregado fino, absorción b. Características del cemento y aditivos. c. Tiempo de suministro y temperatura. 3. Variación en las características y proporción de los insumos. <ol style="list-style-type: none"> a. Agregado fino b. Cemento c. Aditivos 4. Variaciones ocasionadas por el transporte colocación y compactación. 5. Variación en la temperatura y curado. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Procedimientos de muestreo inadecuados. 2. Dispersión debido a la forma de preparación, manipuleo y curado de los cilindros de prueba. 3. Mala calidad de los moldes de prueba. 4. Defectos de Curado. <ol style="list-style-type: none"> a. Variación de la temperatura b. Humedad variable. c. Demoras en el transporte. 5. Procedimientos de ensayo deficientes, en: <ol style="list-style-type: none"> a. El grado de absorción, b. Capilaridad, c. el Esfuerzo de Rotura a Compresión, d. Permeabilidad

La evaluación de los materiales de Ingeniería debe analizarse en base a:

- a) La utilización de pruebas normalizadas que permitan cuantificar y calificar la propiedad del material.
- b) Contar con laboratorios para materiales que nos brinden resultados confiables.

CAPÍTULO IV

IV MATERIALES Y MÉTODOS.

4.1. PROCEDIMIENTOS TÉCNICAS Y RECOLECCIÓN DE DATOS

La información recolectada para el desarrollo de la presente investigación, se basa en diferentes experiencias y procedimientos de diseño de morteros; con este fin se han programado y ejecutado ensayos en laboratorio; utilizando normas técnicas vigentes acerca del tema a fin de sistematizar nuestro estudio.

Para la recolección de datos se ha realizado estudios en forma gradual y sistemática, utilizando normas específicas, instrumentación, grado de precisión utilizados para los trabajos en laboratorio y procesamiento de los datos para cada caso de estudio, como calidad de los agregados, dosificación de materiales de mortero y sus propiedades en estado fresco y endurecido.

Cada componente de esta investigación: agregados, cemento, agua, aditivos y métodos usados en los ensayos de laboratorio cumplen con la normatividad de las Normas Técnicas Peruanas (NTP) y de la Sociedad Americana para Pruebas y Materiales (ASTM) las cuales se describen en el marco teórico.

4.2. MATERIALES Y EQUIPOS

4.2.1. Recursos materiales:

- Materiales:

- Cemento Pórtland Antisulfato MS, Pacasmayo.
- Agregados Cantera “Río Chonta”, zona Baños del Inca.
- Aditivo: Impermeabilizante líquido Sika® 1
- Agua potable.
- 01 Fichas de experimentación
- 03 Sacos de polipropileno
- Bolsas de polietileno
- Material de escritorio.

- **Equipos:**

Para la elaboración del mortero y evaluar las características físicas y mecánicas se contó con los equipos e instrumentos del laboratorio de materiales y de mecánica de suelos de la Facultad de Ingeniería, que se muestran a continuación:

- Herramientas manuales (Badilejo, balde, cucharón, flexómetro, pala)
- Juego de tamices Standard (ASTM E-11)
- Probeta graduada de 1000 cm³
- Fiola de 500 cm³
- Cono metálico y pisón para agregado fino.
- Termómetro de 0°C a 100°C, con aproximación de 0.5°C.
- Balanzas electrónicas (6000 y 30000 gr de aproximación 0.1 y 0.01gr respectivamente.)
- Horno Eléctrico 110° C.
- Prensa hidráulica.
- Bandejas metálicas para la mezcla de 50 x 50 cm
- Vernier o pie de rey
- Compactador
- Mezcladora eléctrica de 1.5 pie³.
- Moldes para probetas cúbicas de mortero de 5cm x 5cm x 5cm de 10 cada uno.

Además, de:

- Cámara fotográfica,
- Equipo de escritorio
- Equipo de procesamiento de datos (computadores). Software: Microsoft Office Excel, Microsoft Office Word 2007, SPSS versión 16.0, AutoCAD versión 2013.

4.2.2. Recursos Humanos:

- **Tesista:**

- Azañedo Medina, Wiston Henry.

- **Asesor:**

- Mg. Ing. Héctor Pérez Loayza.

Docente Principal UNC – Especialista en Tecnología de los Materiales.

- **Responsable de Laboratorio de Materiales:**

- Tec. Juan Villanueva Zumarán. UNC.

4.3. METODOLOGÍA

4.3.1. Estudio de las Propiedades Físicas de Agregado Fino.

Luego de la adquisición del agregado fino, de la cantera del río Chonta, en la zona de Baños del Inca; se procedió a realizar el ensayo de las propiedades de la arena: peso específico de masa, peso unitario seco suelto, contenido de humedad.

a. Peso Específico de masa: Para la determinación del peso específico de la arena, se procedió según el procedimiento establecido en la norma NTP 400.022:2002 - ASTM C128.

b. Porcentaje de absorción. NTP 400.022:2002 - ASTM C 128

c. Peso unitario seco suelto: NTP 400.017:1999 - ASTM C 29

d. Contenido de Humedad: NTP 339.185:2002 - ASTM C 70

e. Análisis Granulométrico de los Agregados. NTP 400.012:2001 - ASTM C

136

f. Cantidad de Material que pasa por el tamiz N° 200. NTP 400.018 - ASTM C 117

4.3.2. Dosificación de Mezclas:

Definición. La dosificación de una mezcla de mortero es un conjunto de procedimientos técnicos y prácticos ajustándose a normas vigentes, obteniéndose como resultado una mezcla con características deseadas uniendo: agregado fino, cemento, y agua.

Consideraciones básicas. En la dosificación de las mezclas de mortero, las variables que afectan el comportamiento son: granulometría, cemento, relación agua – material cementante, contenido de vacíos, grado de compactación, tiempo de curado.

Método de Dosificación.

Para la elaboración del mortero, el método utilizado es por Volúmenes Absolutos, con lo que se obtiene, la cantidad de materiales de las probetas de mortero de cemento/arena de 5cm x 5cm x 5cm, distribuidos en 120 unidades como el grupo de mortero control, es decir especímenes elaborados sin ningún tratamiento; y 360 con cantidades diferentes de aditivo Sika® 1.

La cantidad de agua de mezclado será con una relación agua / cemento de $A/C = 0.75$.

4.3.3. Información necesaria para el diseño de la mezcla de mortero.

Información de laboratorio:

- Análisis granulométrico del agregado fino.
- Peso unitario del agregado fino.
- Peso específico de masa, porcentajes de absorción y humedad del agregado fino a utilizarse.
- Peso específico del cemento.

Especificaciones para el diseño de mezcla:

- Consistencia
- Resistencia a la compresión de f'c.
- Relación agua-cemento.
- Contenido de aire.
- Aditivos.

Nomenclatura para los Diseños:

Se tienen 4 grupos, siendo de la siguiente manera:

Tabla 7: Relación en volumen de cantidad de aditivo y de agua

Código	Relación en volumen Sika® 1: Agua
GA	1:20
GB	1:10
GC	1:4
GD	0

Cada tipo de mortero se hará con una relación Cemento : Arena de 1:4.

4.3.4. Proceso de Dosificación:

Por tratarse de la validación de una mezcla utilizada en la industria de la construcción, se utiliza el proporcionamiento que se muestra en la tabla 8.

Tabla 8: Proporcionamiento Iniciales en volumen.

Código	Cemento	Agregado Fino	Relación Agua/Cemento	Aditivo Sika 1® : Agua
GA	1	4	0.75	1:20
GB	1	4	0.75	1:10
GC	1	4	0.75	1:4
GD	1	4	0.75	0

4.4. Colado y Curado de las probetas de mortero

El volumen de fabricación de mortero de cada amasada fue de 3.75 litros, en función de la capacidad de los molde metálicos.

Preparación de moldes: A los moldes se les aplica en sus caras interiores una capa delgada de aceite ligero, eliminando cualquier exceso de aceite.

Pesado: Tomando como base la información obtenida del estudio de materiales y hechos los cálculos de las dosificaciones se pesan el agregado fino, cemento, y se mide la cantidad de agua y aditivo a emplear.

Mezclado: Se elaboraron los especímenes de mortero cemento / arena, en tandas de 30 especímenes diarios, con la respectiva adición de aditivo hidrófugo.

Se realiza el siguiente procedimiento, según la Norma NTP 334.003:2002 - ASTM C 305:

- Se coloca la mezcladora en posición de trabajo.
- Se vierte el total del agua de amasado dentro de la mezcladora.
- Se agrega el cemento al agua y mezclar por 30 segundos.
- Agregar lentamente la totalidad de la arena en un lapso de 30 segundos.
- Se detiene la mezcladora durante 90 segundos. En los primeros 15 segundos de este intervalo, se arrastra rápidamente hacia el fondo el mortero que se ha adherido

a las paredes.

- Finalmente se mezcla durante 60 segundos.

Llenado de los compartimientos: Se coloca una capa de más o menos 25mm (1”) de espesor (aproximadamente la mitad del molde), en cada uno de los compartimientos, y se apisonan con 32 golpes que se aplican sobre la superficie, en 4 etapas de 8 golpes adyacente cada una como se ilustra en la siguiente figura:

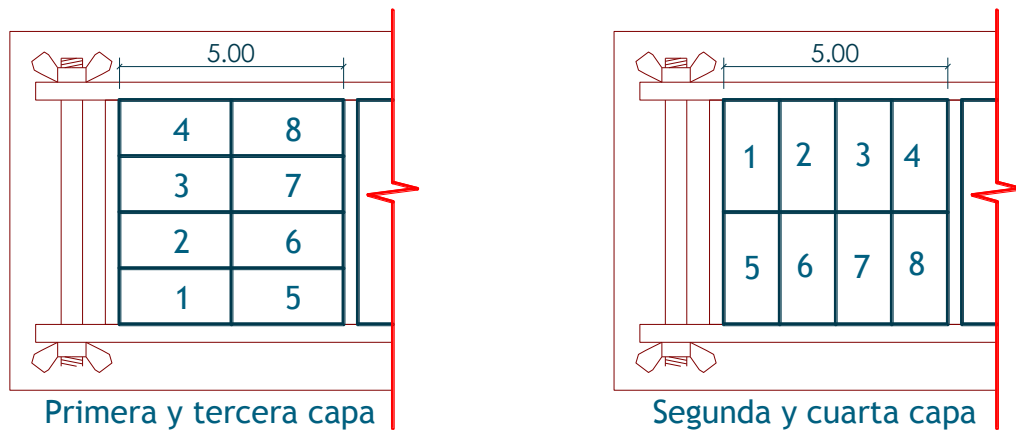


Figura 15: Orden de compactado de las mezclas.
Fuente: Elaboración propia, basado en ASTM C 109.

Los golpes de cada etapa se dan siguiendo una dirección perpendicular a los de la anterior, la presión del compactador (13mm * 16 mm * 150 mm según NTP 334.003:2002 - ASTM C 230); es tal que asegure el llenado de los compartimientos. Se completa las cuatro etapas de compactación, en cada compartimiento, antes de seguir con la siguiente. Una vez terminada la etapa de de la primera capa en todos los compartimientos, se llenan con una segunda capa y se procede como la primera.

Al finalizar la compactación, las caras superiores de los cubos deben quedar un poco más altas que el borde superior de los moldes. La superficie de los cubos debe ser

alisada con la parte plana de la espátula, retirando el mortero sobrante con un movimiento de vaivén. (NTP 334.051:1998 - ASTM C 109) para finalmente, rotularlos a las probetas de mortero elaborados.

Curado. Terminada la operación de marcación, se protege la cara superior y se desencofra a las 24 horas, para luego colocarlas en la poza de curado, hasta completar los 7 días de fraguado, actividad basada en la norma ASTM C 192. Proceso que consiste en mantener húmedo y controlar la temperatura del concreto por varios días después de su colocación, con el fin de permitir la reacción química entre el cemento y el agua (hidratación del cemento).

4.4.1. Determinación de grado de absorción.

Para determinar el grado de absorción se siguió el siguiente procedimiento según ASTM C-642

- Colocar en el horno a una temperatura de $100^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ por 24 horas, hasta peso constante con variación menor al 0.5%.
- Determinar el peso seco de la muestra.
- Colocar dentro del agua por un tiempo mínimo de 24 horas hasta obtener peso saturado con variación menor al 0.5%.
- Determinar el grado de absorción mediante la siguiente expresión:

$$G.A. \% = \frac{P_{saturado} - P_{seco}}{P_{seco}} * 100$$

4.4.2. Determinación de la capilaridad.

Para determinar el grado de absorción se siguió el siguiente procedimiento.

- Medir las dimensiones de las muestras con el vernier y determinar el promedio de cada dimensión.
- Colocar en el horno a una temperatura de $100^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ por 24 horas, hasta peso constante y determinar el peso seco de la muestra.
- Colocar unos tacos de 0.5 a 1cm de altura dentro de la bandeja.
- Colocar las muestras de roca sobre los tacos en la bandeja,
- Marcar 1 cm de altura medidos desde la base del mortero.
- Echar el agua y hacer que esta alcance la marca de 1cm. Es importante verificar la horizontalidad del nivel de agua.
- Dejar las muestras por un tiempo de 03 horas dentro del agua.

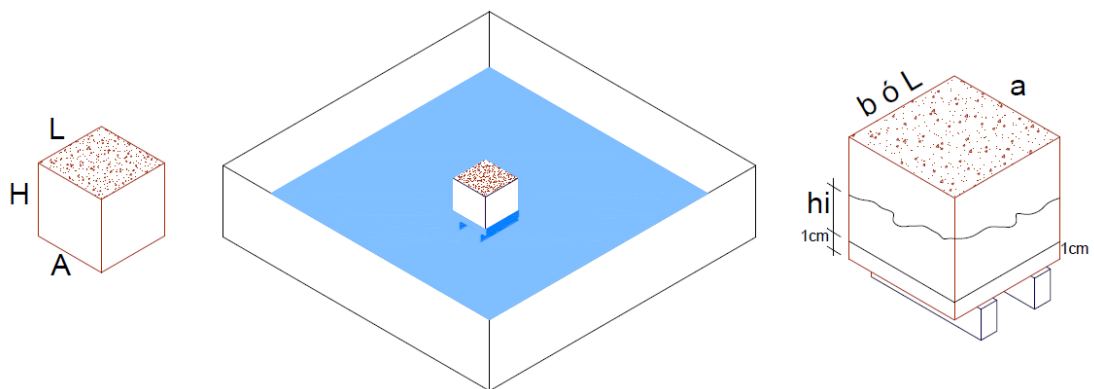


Figura 16: Ensayo de capilaridad
Fuente: Elaboración propia

- Vigilar que se mantenga el nivel de agua de 1cm.
- Sacar de la bandeja las muestras y secar las caras con mucho cuidado.
- Obtener peso de la roca con el agua absorbida.

- Por diferencia de pesos obtener la cantidad de agua absorbida (P)
- Medir el fleco capilar en cm^2 , que es el área humedecida del mortero a partir del 01 centímetro medido. (S)

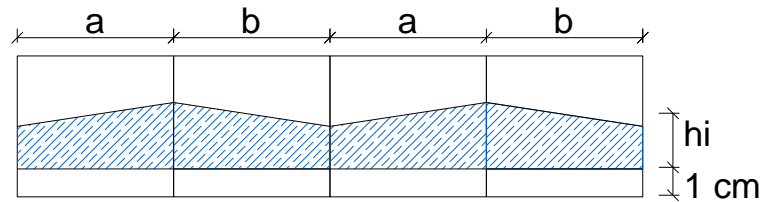


Figura 17: Área mojada o fleco capilar para determinar S.
Fuente: *Elaboración propia*

- Determinar la capilaridad en $\text{gr}/(\text{cm}^2 \cdot \text{min})$, mediante las siguientes expresiones:

$$k = \frac{P}{(S * t)}$$

Donde:

P: Peso del agua absorbida (gr)

S: Área lateral del fleco capilar o área mojada por capilaridad (cm^2)

t: Tiempo de exposición en el agua. (Min)

Siendo:

$$S = 2(a + b) * hi$$

a: Ancho promedio de la muestra.

b: Profundidad o largo de la muestra

hi: Altura promedio que alcanza la humedad en la muestra.

4.4.3. Determinación de la Resistencia a la compresión uniaxial.

Para determinar la resistencia a la compresión se siguió el procedimiento descrito en la norma ASTM C 109 o NTP 334.051.

Las probetas cúbicas para pruebas de aceptación deben tener un tamaño de 2" x 2" x 2" (50 mm x 50 mm x 50 mm).

Las dimensiones de los cubos se deben medir en dos sitios en ángulos rectos entre sí, a media altura de la probeta y deben promediarse para calcular el área de la sección.

Los cubos se deben centrar en la máquina de ensayo de compresión y cargados hasta completar la ruptura.

El personal técnico que efectúe la prueba debe anotar la fecha en que se recibieron las probetas en el laboratorio, la fecha de la prueba, la identificación de la probeta, las dimensiones de las muestras, la edad de los cubos de prueba, la máxima carga aplicada, el tipo de fractura, y todo defecto que presenten los moldes o sus tapas.

La mayoría de las desviaciones con respecto a los procedimientos estándar para elaborar, curar y realizar el ensayo de las probetas de mortero resultan en una menor resistencia medida.

Los informes o reportes sobre las pruebas de resistencia a la compresión son una fuente valiosa de información para conocer la calidad de los morteros evaluados en la presente investigación.

Equipos:

- Prensa hidráulica, marca Forney, capacidad 250 000 lbs, calibración 2011.
- Vernier, marca Baker, precisión 0.02mm, calibración 2010.
- Deformímetro, marca Humbolt, precisión 0.01mm - calibración 2010.

Procedimiento: Se retiró el espécimen de la poza curadora, se la seca y se remueve cualquier grano de arena suelta que tengan las caras que estarán en contacto con las placas de carga de la máquina compresora. Se debe comprobar que las caras del espécimen estén ortogonales. En caso contrario se deberá descartarlas.

- Colocar cuidadosamente el espécimen en la máquina de ensayo a compresión, debajo del centro de la parte superior de la máquina, comprobándose antes de ensayar cada cubo, que la rótula gira libremente en cualquier dirección. No se usaran amortiguadores entre el cubo u los bloques de carga.
- Aplicar lentamente la carga sobre el espécimen a una velocidad de 1.5 a 3.5 kg/cm² / seg, es decir de 37.5 a 87.5 kg/seg.
- Registrar la carga máxima y calcular el esfuerzo a la compresión.
- La resistencia del mortero se calcula dividiendo la máxima carga soportada por la probeta para producir la fractura entre el área promedio de la sección. Se someten a prueba los cubos de la misma edad y se reporta la resistencia promedio como el resultado de la prueba.

Resistencia a la compresión = Carga máxima / Área resistente del espécimen

$$\sigma = F / A$$

CAPÍTULO V

V PRESENTACIÓN Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS.

La investigación por tratarse del tipo experimental, y para contrastar la hipótesis se realizaron pruebas experimentales en laboratorio, con cuatro grupos experimentales.

Los grupos experimentales tuvieron una variación en el contenido del aditivo hidrófugo Sika® 1, y así evaluar su influencia en las propiedades de un mortero cemento/arena.

Con base en la metodología propuesta y en todo el desarrollo presentado en los anteriores capítulos, se ejecutaron los ensayos de la fase experimental, cuyos resultados se presentan y analizan a continuación.

Los resultados obtenidos de las pruebas a los agregados, permitió obtener los valores para la cuantificación de las cantidades de los materiales.

Con éstas cantidades se elaboraron los especímenes de mortero cemento/arena, para ser ensayados a diferentes propiedades: Peso específico aparente, contenido de humedad, grado de absorción, capilaridad, resistencia a la compresión uniaxial y adicionalmente de permeabilidad, las cuales se presentan en los anexos.

En el tabla 9, se presentan los resultados de los cuatro grupos experimentales, la cantidad de aditivo por bolsa de cemento, y el valor promedio del peso específico, contenido de humedad y grado de absorción obtenidas en laboratorio.

Tabla 9: Resumen de resultados de ensayos de peso específico aparente, contenido de humedad y grado de absorción para diferentes mezclas de mortero.

Tipo de Mezcla	Cantidad de aditivo (mL/bls)	Estimador estadístico	Peso Específico (gr/cm ³)	Contenido de humedad (%)	Grado de Absorción (%)
GA	12.70	Promedio	1.79	6.16%	12.89%
		Desviación Estándar	0.036	0.71%	0.71%
		Coficiente de Variación	2.01%	11.58%	5.55%
GB	25.40	Promedio	1.81	6.12%	11.67%
		Desviación Estándar	0.049	0.97%	0.82%
		Coficiente de Variación	2.71%	15.83%	7.01%
GC	63.49	Promedio	1.75	6.68%	13.04%
		Desviación Estándar	0.039	1.01%	1.06%
		Coficiente de Variación	2.21%	15.15%	8.11%
GD	0.00	Promedio	1.77	7.49%	13.32%
		Desviación Estándar	0.044	1.30%	0.72%
		Coficiente de Variación	2.49%	17.32%	5.41%

Fuente: Elaboración propia.

Se puede observar entre los promedios de los pesos específicos son similares para los cuatro grupos evaluados.

Así mismo, en la tabla 9, se muestra que el menor contenido de humedad y menor grado de absorción se obtuvo con el grupo experimental GB. Además, los resultados obtenidos indican que el grupo de control, fue quien obtuvo un mayor grado de absorción y contenido de humedad con 7.49% y 13.32%

Los resultados del valor promedio de la capilaridad, resistencia a la compresión y permeabilidad de acuerdo a los cuatro grupos experimentales, obtenida en laboratorio son presentados en el tabla 10.

Tabla 10: Resumen de resultados de ensayos capilaridad, permeabilidad y resistencia a la compresión uniaxial de diferentes mezclas de mortero.

Tipo de Mezcla	Cantidad de aditivo (mL/bls)	Estimador estadístico	Capilaridad (gr/(cm ² *min))	Resistencia a la compresión uniaxial (kg/cm ²)	Permeabilidad (cm/seg)
GA	12.70	Promedio	0.00380	158.73	1.273E-07
		Desviación Estándar	0.00095	15.84	
		Coefficiente de Variación	25.04%	9.98%	
GB	25.40	Promedio	0.00164	180.67	1.428E-07
		Desviación Estándar	0.00034	33.13	
		Coefficiente de Variación	20.55%	18.34%	
GC	63.49	Promedio	0.00504	178.12	2.170E-07
		Desviación Estándar	0.00150	28.60	
		Coefficiente de Variación	29.85%	16.06%	
GD	0.00	Promedio	0.01243	147.56	2.214E-07
		Desviación Estándar	0.00150	20.69	
		Coefficiente de Variación	12.10%	14.02%	

Fuente: Elaboración propia.

De los resultados obtenidos se puede destacar lo siguiente:

Mezcla GA:

Para su grado de absorción promedio 12.89% cuenta con una dispersión de 0.71%, provienen de una población homogénea dado que el coeficiente de variación es 5.55%, menor que el 30%. Así mismo, el 28% de las probetas tienen un grado de absorción mayor igual a 12.03% y menor 12.5%. (Tabla 14 de los anexos)

Para su capilaridad con un promedio 0.0038 gr/(cm²*min), cuenta con una dispersión de 0.00095 gr/(cm²*min), provienen de una población homogénea dado que el coeficiente de variación de 25% es menor que el 30%. Así mismo,

el 29% de las probetas tienen un capilaridad mayor igual a 0.00317 gr*min/cm² y menor 0.00377 gr/(cm²*min).

Para su resistencia a la compresión con un promedio 158.73 kg/cm², cuenta con una dispersión de 15.84 kg/cm², provienen de una población homogénea dado que el coeficiente de variación de 9.98% es menor que el 30%. Así mismo, el 25% de las probetas tienen una resistencia a la compresión mayor igual a 157.40 kg/cm² y menor 166.80 kg/cm².

Mezcla GB:

Para su grado de absorción promedio 11.67% cuenta con una dispersión de 0.82%, provienen de una población homogénea dado que el coeficiente de variación es 7.01%, menor que el 30%. Así mismo, el 24% de las probetas tienen un grado de absorción mayor igual a 11.66% y menor 12.25%.

Para su capilaridad con un promedio 0.0164 gr/(cm²*min), cuenta con una dispersión de 0.0003 gr/(cm²*min), provienen de una población homogénea dado que el coeficiente de variación de 20.55% es menor que el 30%. Así mismo, el 24% de las probetas tienen un capilaridad mayor igual a 0.00144 gr/(cm²*min) y menor 0.00164 gr/(cm²*min).

Para su resistencia a la compresión con un promedio 180.67 kg/cm², cuenta con una dispersión de 33.13 kg/cm², provienen de una población homogénea dado que el coeficiente de variación de 18.34% es menor que el 30%. Así

mismo el 17% de las probetas tienen una resistencia a la compresión mayor igual a 149.42 kg/cm^2 y menor 165.45 kg/cm^2 . (Tabla 15)

Mezcla C:

Para su grado de absorción promedio 13.04% cuenta con una dispersión de 1.06%, provienen de una población homogénea dado que el coeficiente de variación es 8.11%, menor que el 30%. Así mismo el 32% de las probetas tienen un grado de absorción mayor igual a 13.39% y menor 13.99%.

Para su capilaridad con un promedio $0.0050 \text{ gr}/(\text{cm}^2 \cdot \text{min})$, cuenta con una dispersión de $0.0015 \text{ gr}/(\text{cm}^2 \cdot \text{min})$, provienen de una población homogénea dado que el coeficiente de variación de 29.85% es menor que el 30%. Así mismo el 23% de las probetas tienen un capilaridad mayor igual a $0.00395 \text{ gr}/(\text{cm}^2 \cdot \text{min})$ y menor $0.00483 \text{ gr}/(\text{cm}^2 \cdot \text{min})$.

Para su resistencia a la compresión con un promedio 178.12 kg/cm^2 , cuenta con una dispersión de 28.60 kg/cm^2 , provienen de una población homogénea dado que el coeficiente de variación de 16.06% es menor que el 30%. Así mismo el 28% de las probetas tienen una resistencia a la compresión mayor igual a 165.16 kg/cm^2 y menor 180.56 kg/cm^2 . (Tabla 16)

Mezcla D:

Para su grado de absorción promedio 13.32% cuenta con una dispersión de 0.72%, provienen de una población homogénea dado que el coeficiente de variación es 5.41%, menor que el 30%. Así mismo, el 28% de las probetas tienen un grado de absorción mayor igual a 13.05% y menor 13.45%.

Para su capilaridad con un promedio 0.0124 gr/(cm²*min), cuenta con una dispersión de 0.0015 gr/(cm²*min), provienen de una población homogénea dado que el coeficiente de variación de 12.10% es menor que el 30%. Así mismo, el 33% de las probetas tienen un capilaridad mayor igual a 0.001156 gr/(cm²*min) y menor 0.001371 gr/(cm²*min).

Para su resistencia a la compresión con un promedio 147.56 kg/cm², cuenta con una dispersión de 20.69 kg/cm², provienen de una población homogénea dado que el coeficiente de variación de 14.02% es menor que el 30%. Así mismo, el 21% de las probetas tienen una resistencia a la compresión mayor igual a 154.18 kg/cm² y menor 164.18 kg/cm². (Tabla 17)

Además, con los datos obtenidos, podemos presentar las variaciones que han surgido en los tres grupos, a los cuales se les ha añadido el aditivo impermeabilizante y compararlos con el grupo patrón (tipo de mezcla GD), el cual no se adicionó aditivo, esta información es mostrada en el tabla siguiente:.

Tabla 11: Variaciones porcentuales de sus propiedades de las diferentes mezclas de mortero en relación a la mezcla patrón (GD).

	GA	Variación	GB	Variación	GC	Variación	GD
Peso específico	1.79	0.90%	1.81	1.85%	1.75	-1.23%	1.77
Contenido de humedad	6.16%	-17.76%	6.12%	-18.29%	6.68%	-10.82%	7.49%
Grado de absorción	12.89%	-3.24%	11.67%	-12.44%	13.04%	-2.10%	13.32%
Capilaridad	0.00380	-69.42%	0.00164	-86.83%	0.00504	-59.47%	0.01243
Resistencia a la compresión uniaxial	158.73	7.57%	180.67	22.44%	178.12	20.71%	147.56
Permeabilidad	1.273E-07	-42.50%	1.428E-07	-35.48%	2.170E-07	-1.98%	2.214E-07

Fuente: Elaboración propia.

5.1. Relación entre el contenido de humedad y la cantidad de aditivo hidrófugo.

La figura 18, muestra que los valores promedio del contenido de humedad de los diferentes grupos experimentales.

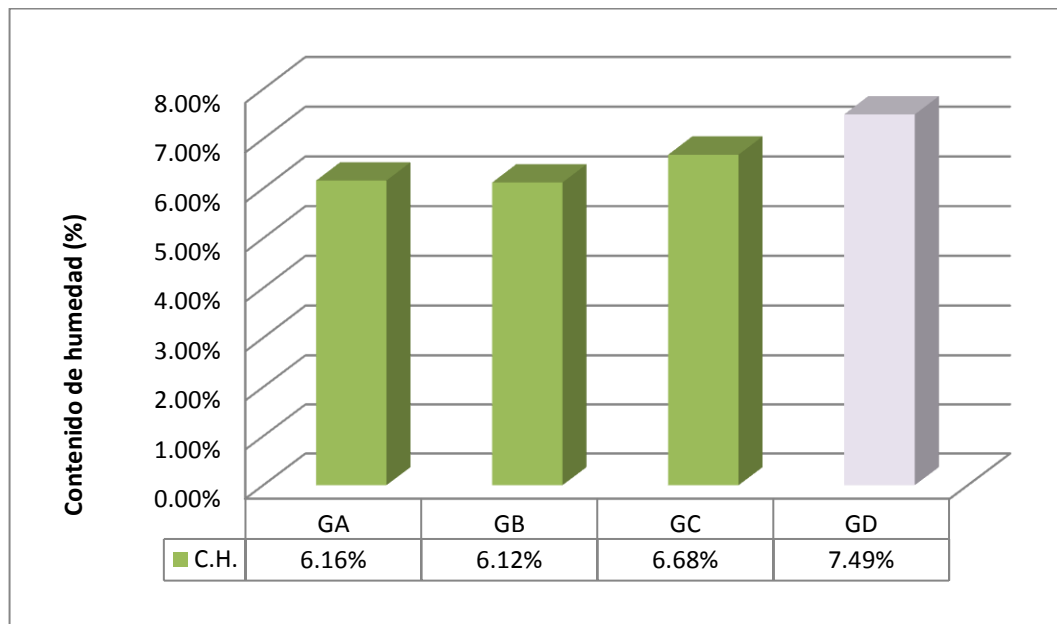


Figura 18: Resultados del Contenido de humedad de las diferentes mezclas de mortero cemento/arena

En ella se aprecia, que los grupos experimentales GA y GB, tienen el menor contenido de humedad, esto se debe a que el agua no puede ingresar fácilmente al interior de la muestra pues el aditivo hidrófugo lo impide.

5.2. Relación entre el Grado de Absorción y la cantidad de aditivo impermeabilizante.

La figura 19 muestra que los valores promedio del grado de absorción de los diferentes grupos experimentales.

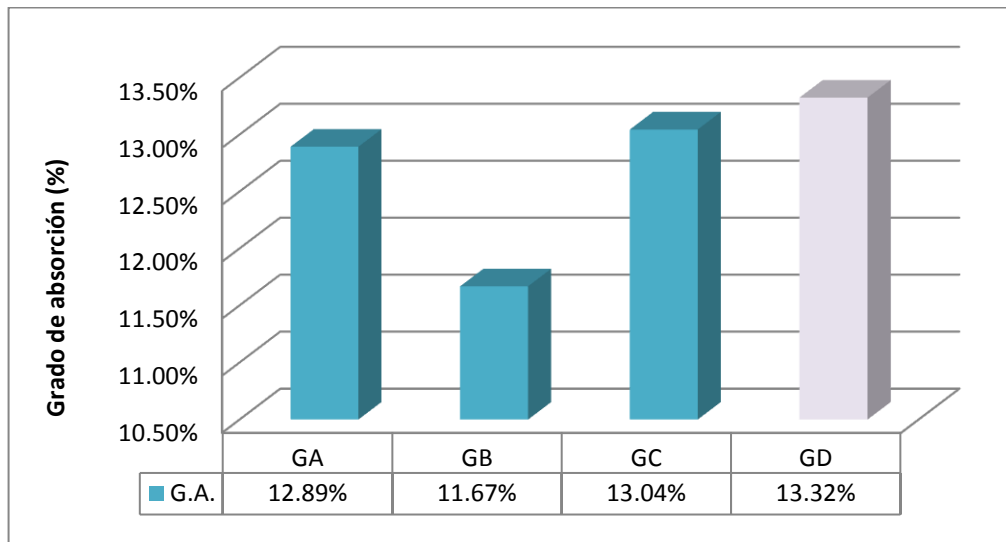


Figura 19: Resultados del Grado de absorción de las diferentes mezclas de mortero cemento/arena.

En la cual se observa claramente, que el grupo experimental GB, tienen el menor grado de absorción (11.67%).

5.3. Relación entre la Capilaridad y la cantidad de aditivo impermeabilizante.

La figura 20 muestra que los valores promedio de la capilaridad de los diferentes grupos experimentales, observando claramente el comportamiento de las muestras.

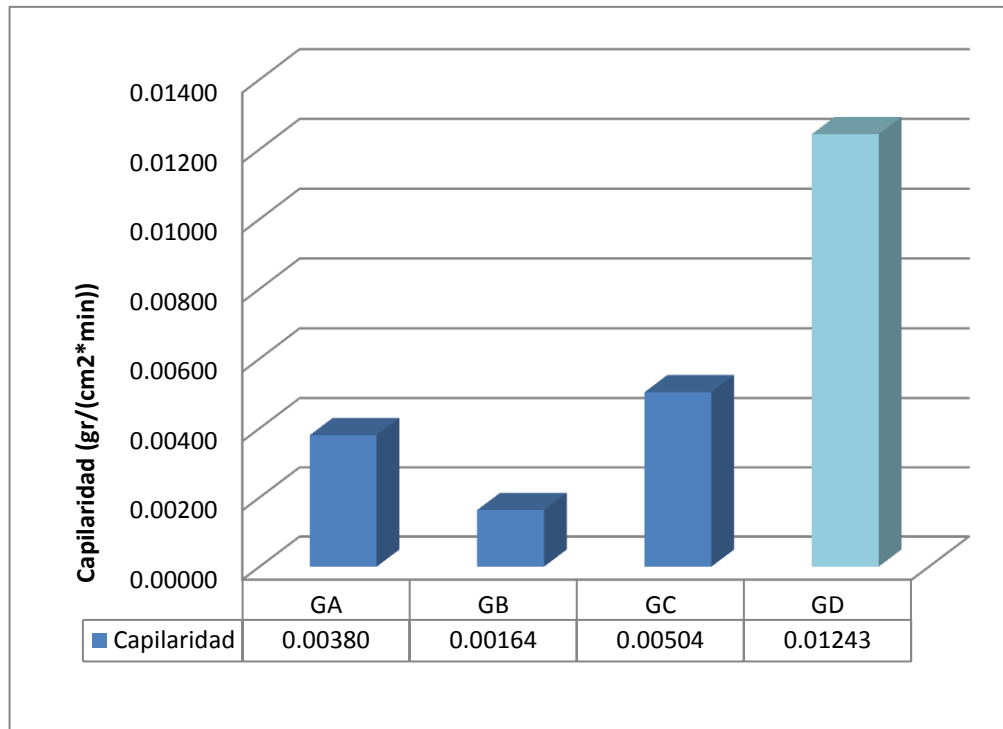


Figura 20: Resultados de la Capilaridad para las diferentes mezclas de mortero cemento/arena.

En la figura se puede visualizar que la reducción de la capilaridad en el grupo GB es de alrededor de 0.0108 gr/(cm²*min), esto significa un 87% de disminución, de ésta propiedad.

5.4. Relación entre el Esfuerzo de resistencia a la compresión uniaxial y la cantidad de aditivo impermeabilizante.

La figura 21, muestra que los valores promedio de la resistencia a la compresión uniaxial para cada uno de los diferentes grupos experimentales.

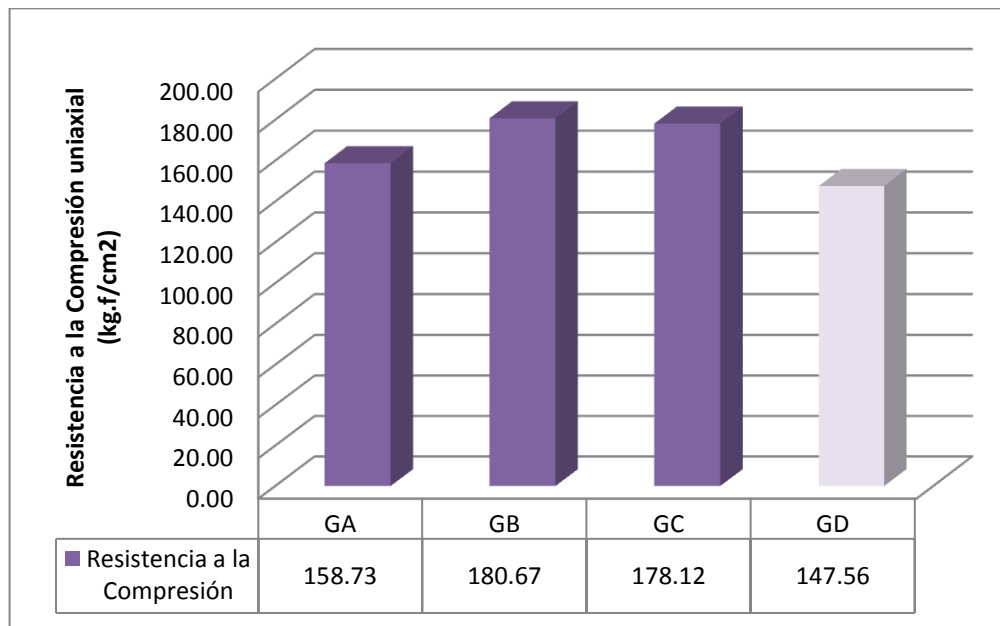


Figura 21: Resultados de la Resistencia a la Compresión uniaxial de diferentes mezclas de mortero cemento/arena

En la figura se aprecia, que el grupo experimental GB y GC, tienen los mayores valores de resistencia a esfuerzos de compresión uniaxial.

Para corroborar si existe evidencia de que existe una diferencia significativa entre los grupos experimentales GB y GC, en la resistencia a la compresión se procedió a realizar una prueba de hipótesis, con 95% de confianza.

$$H_0 : U_B = U_C$$

$$H_1 : U_B \neq U_C$$

$$\text{Significancia: } 0.05/2 = 0.025$$

Como p-value $0.5225 > 0.025$... No rechazar H_0 . Por lo tanto se concluye que la resistencia del grupo experimental GB, es igual a la resistencia del grupo GC.

5.5. Relación entre el Grado de Absorción y la cantidad de aditivo impermeabilizante.

La figura 22, muestra que los valores promedio del grado de absorción de los diferentes grupos experimentales, en los cuales se puede observar que a mayor cantidad de aditivo menor es el grado de absorción, hasta un punto de 11.80%. Así mismo, presenta una tendencia polinómica de segundo grado y según su coeficiente de correlación presenta fuerte tendencia, teniendo su punto de inflexión en 35 ml de aditivo, valor a partir del cual si aumenta la cantidad de aditivo aumenta también el grado de absorción.

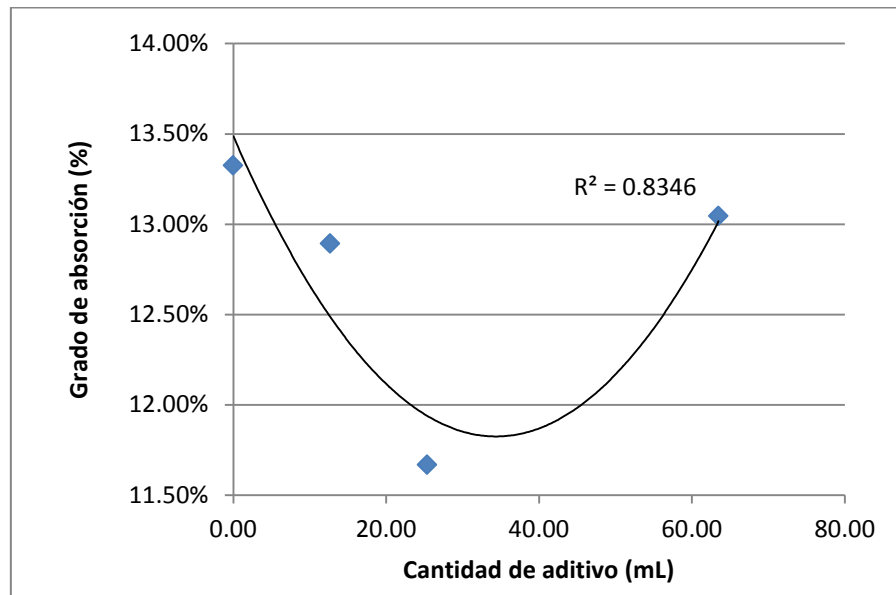


Figura 22: Relación entre el Grado de Absorción y la cantidad de aditivo.

Así mismo, se puede afirmar que se hace necesario más ensayos con dosificaciones intermedias, para darle mayor conocer y describir el comportamiento y tendencia de los resultados del grado de absorción.

5.6. Relación entre la Capilaridad y la cantidad de aditivo impermeabilizante.

En la Figura 23 muestra que los valores promedio de la capilaridad de los diferentes grupos experimentales, en los cuales se puede visualizar que a mayor cantidad de aditivo menor es la capilaridad, hasta un punto teórico de $-0.0005 \text{ gr}/(\text{cm}^2 \cdot \text{min})$. Así mismo, presenta una tendencia polinómica de segundo grado, teniendo su punto de inflexión en una cantidad de 39 mL de aditivo, para la cual la capilaridad es menor; a partir de éste mismo punto al incrementar la cantidad de aditivo, la capilaridad aumenta su magnitud.

Además, la variación de la capilaridad está estadísticamente explicada por la cantidad de aditivo en un 96.5%.

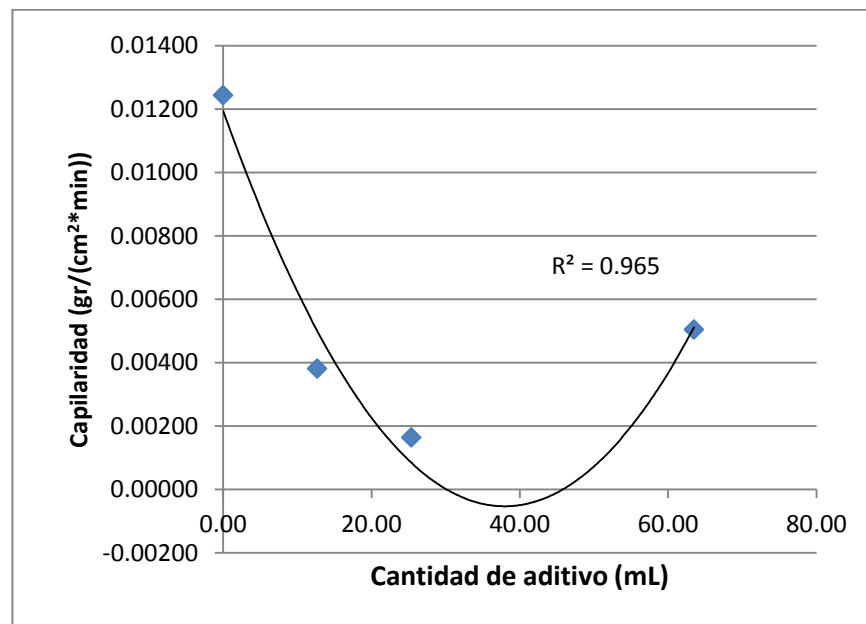


Figura 23: Relación entre la Capilaridad y la cantidad de aditivo impermeabilizante

5.7. Relación entre la Resistencia a la compresión y la cantidad de aditivo.

De los resultados obtenidos, podemos precisar que la mezcla de mortero con aditivo con una cantidad de 25.40 ml por bolsa de cemento, es la de mejor comportamiento (resistencia promedio de 178.73kg/cm²); ya que produce un incremento de la resistencia a la compresión de un 18.97% respecto a la del mortero sin aditivo, para resistencias a los 28 días. Sin embargo, cabe indicar que la variación con los grupos experimentales GA, GB y GC son muy similares.

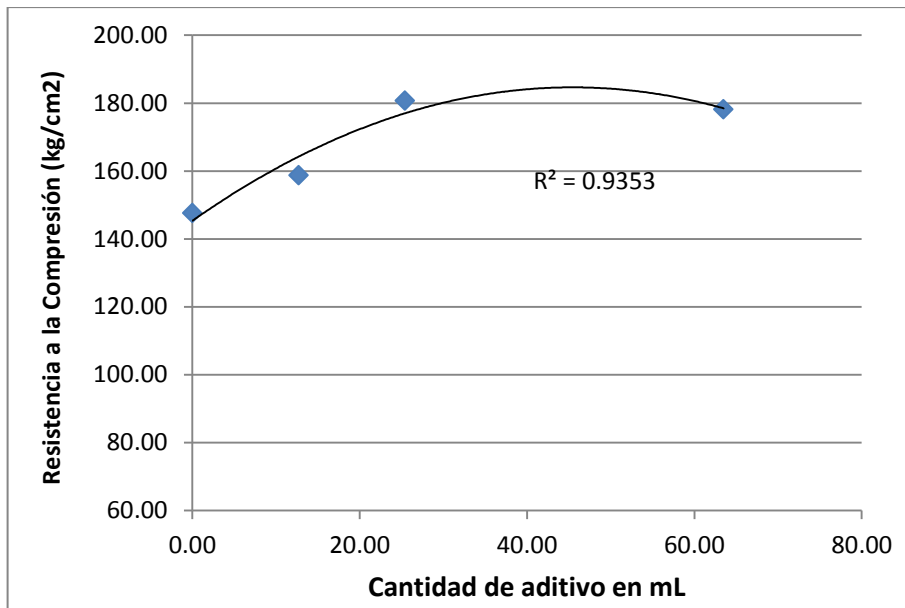


Figura 24 Relación entre la Resistencia a la compresión y la cantidad de aditivo

5.8. Relación entre la Permeabilidad y la cantidad de aditivo.

Derivado del ensayo de permeabilidad, se tiene que la mezcla de mortero sin aditivo es la que presenta una **mayor** tasa de permeabilidad, con un valor promedio de $2.21 * 10^{-7}$ cm/seg y la mezcla que presenta una menor permeabilidad es la de mortero GA, con $1.27 * 10^{-7}$ cm/seg; y representa una variación de -42.50% respecto a la mezcla de mortero sin aditivo.

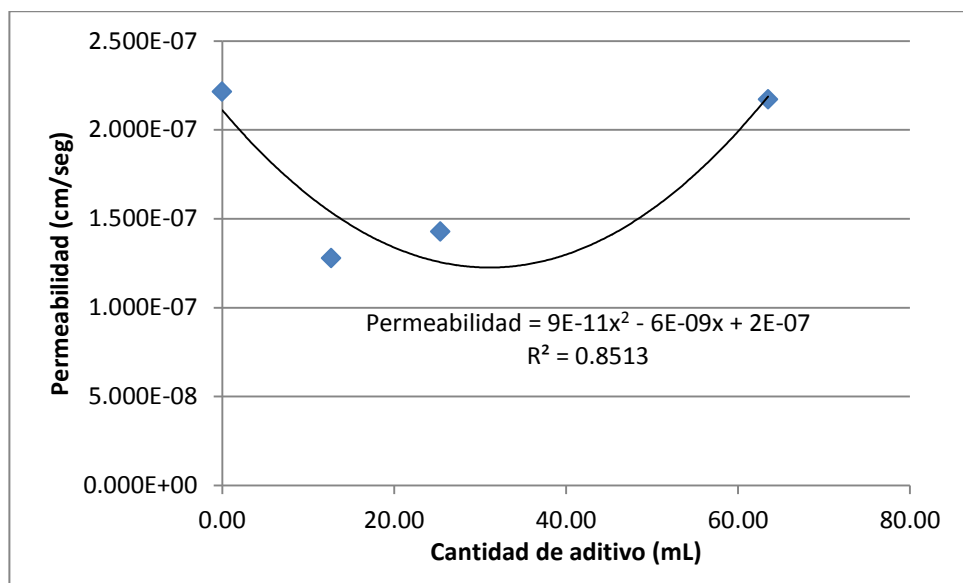


Figura 25: Relación entre la Permeabilidad y la cantidad de aditivo

Dado que $R = -0.9226$, existe una correlación negativa alta entre la permeabilidad y la cantidad de aditivo (-92.26%).

$R^2 = 0.8513$: la variabilidad de la permeabilidad está estadísticamente explicada en un 85% por la cantidad de aditivo.

$B_1 = -6 * 10^{-9}$: la permeabilidad disminuirá en $6 * 10^{-7}$ cm/seg, por cada mililitro que aumente la cantidad de aditivo hasta un mínimo de $1.27 * 10^{-7}$ cm/seg.

Además, la permeabilidad del mortero disminuye con la adición de aditivo hasta 30mL/m³ de mortero, valor a partir del cual, aumenta el valor de la permeabilidad, tal como se muestra en la figura 25.

$B_2 = 9 * 10^{-11}$: la permeabilidad aumentará en $9 * 10^{-11}$ cm/seg, por cada mililitro cuadrado que aumente la cantidad de aditivo.

5.9. Relación entre la Permeabilidad y la resistencia a la compresión uniaxial.

De los resultados obtenidos, puede evidenciarse que el punto **óptimo** para una resistencia a esfuerzos a compresión es de 205 kg/cm², que le corresponde una permeabilidad de $1.75 * 10^{-7}$ cm/seg; éstos valores ofrecen una máxima resistencia a la compresión y una permeabilidad intermedia, tal como se parecía en la figura 26.

Además, podemos precisar que la **mayor** tasa de permeabilidad, con un valor promedio de $2.21 * 10^{-7}$ cm/seg, es el grupo de control GD, quien a su vez presenta la menor resistencia a la compresión de 147.56 kg/cm², lo cual indica que ésta mezcla presenta mayor cantidad de porosidad por ello su resistencia es menor, además que permite el paso del agua.

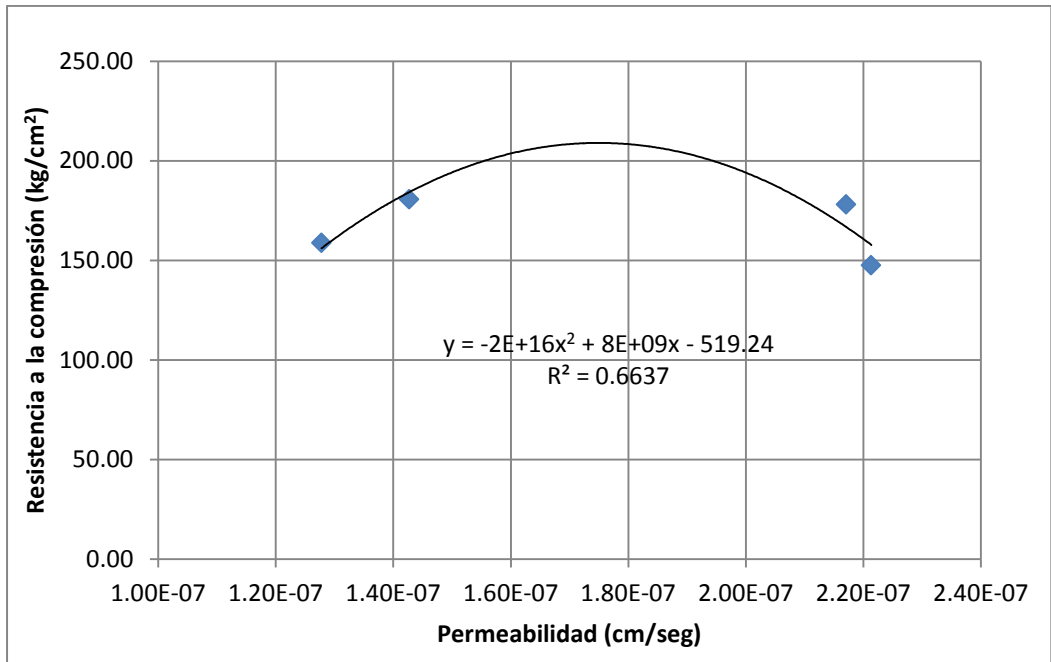


Figura 26: Relación entre la Permeabilidad y la resistencia a la compresión.

Lo que puede haber producido que el aditivo impermeabilizante, ha obturado de mejor manera los poros capilares, generándose una menor cantidad de espacios vacíos, evitando el paso del agua lo cual disminuyen la permeabilidad y por tanto, aumenta su resistencia a compresión.

Se entiende por tanto, que la cantidad de aditivo impermeabilizante para el mortero GB, son suficientes para provocar una menor permeabilidad y que, por otro lado, se obtenga una resistencia a la compresión mayor que a las otras mezclas de morteros. Es importante indicar que el aumento experimentado en la resistencia a compresión mencionado es poco significativo.

5.10. Análisis de la Información:

Este ítem se presenta el análisis de los resultados obtenidos en los ensayos del grado de absorción, capilaridad, el Esfuerzo de Rotura a Compresión, y permeabilidad; resultados que son analizados desde el punto de vista estadístico y técnico con la finalidad de garantizar la validez y la confiabilidad de los resultados obtenidos, toda vez que la toma de datos se ha realizado en forma técnica y precisa, verificando la influencia de los diversos factores respecto a la permeabilidad del mortero evaluado.

Así mismo; Prueba de Bondad de Ajuste de Kolmogorov ajuste a la Distribución Normal, Intervalo del **95%** de confianza para la media; medidas dadas para el grado de absorción, capilaridad, el Esfuerzo de Rotura a Compresión Uniaxial, y permeabilidad.

De ellos se puede indicar que la distribución de frecuencias se puede aproximar a una distribución normal, dado que no rechazamos que los datos son normales para un nivel de significancia del 5%, pues $D_{\max(0.05,120)} = 0.1242$ (Valor crítico), el cual se compara con las diferencias máximas, según los datos obtenidos en la tabla 12.

El diseño del experimento, permitió obtener resultados con residuos normalmente distribuidos, sin valores atípicos ni altas dispersiones, bajo igualdad de varianzas e independencia en la toma de los datos.

Tabla 12: Análisis de resultados de la prueba Smirnov - Kolmogorov de las mezclas de mortero.

Grupo experimental	Prueba S-K		Intervalo con un 95% de confianza	
	Propiedad	Diferencia máxima	Mínimo	Máximo
GA	Grado de absorción (%)	0.1113	12.765	13.0195
	Capilaridad (gr/(cm ² *min))	0.0742	0.00362	0.00398
	Resistencia a la compresión (kg/cm ²)	0.0727	144.31	148.69
GB	Grado de absorción (%)	0.1208	11.52	11.81
	Capilaridad (gr/(cm ² *min))	0.0703	0.00158	0.00169
	Resistencia a la compresión (kg/cm ²)	0.0725	174.74	186.60
GC	Grado de absorción (%)	0.1054	12.85	13.23
	Capilaridad (gr/(cm ² *min))	0.0655	0.00477	0.00531
	Resistencia a la compresión (kg/cm ²)	0.1078	173.00	183.23
GD	Grado de absorción (%)	0.0981	13.2	13.5
	Capilaridad (gr/(cm ² *min))	0.0597	0.01188	0.01299
	Resistencia a la compresión (kg/cm ²)	0.0566	143.85	151.26

Se presenta en los ANEXOS, las Tablas 14, 15, 16 y 17 Estadísticas Suplementarios de cada mezcla, mostrando: el grado de absorción, capilaridad, el Esfuerzo de Rotura a Compresión, permeabilidad. Mostramos Tabla de Frecuencias, Histogramas, para el grado de absorción, capilaridad, el Esfuerzo de Rotura a esfuerzos de compresión.

Finalmente, en los Anexos, se muestran las Gráficas de Control de Calidad, del proceso productivo de los especímenes ensayados para el esfuerzo de rotura a compresión.

CAPÍTULO VI

VI CONCLUSIONES:

- Los resultados obtenidos a los 28 días de edad, de los morteros con aditivo hidrófugo; muestran el efecto en la permeabilidad, reduciéndose hasta en un 42.5% respecto a los morteros convencionales.
- Las probetas de mortero, hechas con una adición del 10% de aditivo hidrófugo, presentan un grado de absorción de 11.67% (12.44% menos que la mezcla de control GD), una capilaridad de 0.00164 en $\text{gr}/(\text{cm}^2 \cdot \text{min})$, siendo entonces la mezcla del grupo experimental GB, la de mejor performance, tal como se muestra en la Tabla 11. Sin embargo, los resultados obtenidos no cumplen con lo especificado por el fabricante, pues refiere que el porcentaje de absorción de agua debe ser menor al 50% con respecto a la mezcla sin aditivo.
- Según los datos obtenidos la permeabilidad óptima es de $1.42 * 10^{-7}$ cm/seg , que corresponde al grupo experimental GB, valor tomado como referencia, debido a que el ensayo no es estandarizado; de esto una característica a resaltar, es que a mayor cantidad de aditivo, menor permeabilidad, hasta una adición de $30 \text{ mL}/\text{m}^3$; pues si se aumenta la cantidad de aditivo hidrófugo en el mortero, la permeabilidad empieza a incrementarse.
- La dosificación de mejor comportamiento obtenido, se acerca a lo recomendado por el fabricante, la cual indica adicionar aditivo hidrófugo con una relación 1/10 de la cantidad del agua de mezcla.
- Según los resultados de resistencia a compresión de los morteros del grupo GB, dan un valor promedio de resistencia a la compresión de $180.67 \text{ kg}/\text{cm}^2$; resultado que es mayor a la resistencia de la unidad de albañilería (según lo recomienda la Norma E 070). Así mismo, cumple con tener al menos el 85% de la resistencia a compresión de morteros sin aditivo.

VII RECOMENDACIONES:

- Realizar otras pruebas con diferentes cantidades de aditivo, para poder obtener una mayor cantidad de puntos y con ello conocer más detalladamente, el comportamiento y tendencias de éstas nuevas mezclas. Así mismo, permitirá verificar que el aditivo disminuye la permeabilidad hasta un punto, más allá del cual la permeabilidad aumenta.
- Realizar análisis químico del agregado y del agua, para conocer la existencia de elementos extraños que podrían alterar los resultados.
- En la preparación de la mezcla, se debe seguir con rigurosidad el procedimiento, dado que una mala elaboración del mortero puede generar fisuras que aumenten la permeabilidad de la mezcla.
- Evitar una alta retracción de secado, ya sea debido al alto contenido de pasta o tiempo de fraguado, lo cual generaría microfisuras.
- El curado del mortero, se debe realizar de manera similar como para un concreto, esto significa, asegurar la hidratación del cemento por un tiempo mínimo de 7 días; de éste modo se reducen las microfisuras y por ende se reduce su permeabilidad.
- Realizar un adecuado diseño, permitiría que los muros que estén sometidos a fuentes de humedad como: jardines o paredes exteriores expuestas a lluvias estacionales, de tal modo que desde el diseño y luego en la construcción se planifique utilizar un aditivo hidrófugo con la dosificación correcta.
- Un mortero con aditivo hidrófugo es posible usarlo en el revestimiento de paredes; así como, elemento de unión de unidades de albañilerías, dado que sus resistencias mecánicas no se ven mermadas o disminuidas.
- Se recomienda a las instituciones académicas competentes, tomar en cuenta esta investigación a fin de capacitar a los ingenieros, consultores y a los constructores en las recomendaciones para un adecuado comportamiento frente a problemas de humedad, en la ciudad de Cajamarca.

VII. LISTA DE REFERENCIAS

- Abanto Castillo, Flavio. *Análisis y Diseño de Edificaciones de Albañilería*. Lima: San Marcos, 2003.
- Abra, Grupo. «Características Cemento Pacasmayo MS.» 4 de enero de 2010. <http://www.grupoabra.pe/3a/Tipo%20MS.pdf> (último acceso: 2012 de marzo de 22).
- Addleson, Lyall. *Materiales para la Construcción*. Barcelona: Reverté, 2001.
- AFAM. *Morteros de Revestimiento*. Madrid: IC, 2006.
- Aguirre Gaspar, Dionisia Rosa. «Evaluación de las características estructurales de la albañilería producida con unidades fabricadas en la región central Junín.» *Pontificia Universidad Católica del Perú*. 09 de 05 de 2011. <http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/123456789/137> (último acceso: 12 de 2012).
- Alva, Jorge, y Yngrid Alarcón. «Ensayos de permeabilidad en materiales.» Lima, 1999.
- Amaya, Mauricio, y Carlos Díaz. «Manual de Guías de Laboratorio enfocadas en el Control de calidad de materiales.» San Salvador, abril de 2011.
- Arroyo, Francisco Cobian, entrevista de Jorge Rojas. *Paco Arroyo opina sobre proyecto Quapac Ñan* (08 de Enero de 2008): 1.
- ASOCEM, cementos. *Diversificación de la Industria de Cementos*. 2012. http://www.asocem.org.pe/bivi/dsi/Diseminacion_industria/Cementos%20Pacasmayo.pdf (último acceso: 04 de Marzo de 2012).
- Barragán, Paulino. «Magnitud de la Economía Informal en el Perú y en el Mundo.» *Revista Gestión del Tercer Milenio*, 2005: 22.
- Barrera, Hugo. *Estudio de los morteros de junta bajo la óptica de la adherencia*. Santiago de Chile: U de Santiago de Chile, 2003.
- Bunge, Mario. *La Investigación Científica*. México: Siglo XXI Editores., 2004.
- Cascom, Joaquín. «Presas de hormigón HCR en España y medios para su control.» Salvador, 2008.

- Castillo, Elena. «Luchas entre bestias salvajes, condenados devorados por las fieras, combates entre gladiadores... Tales fueron los espectáculos que acogió desde su inauguración el Coliseo de Roma, el mayor anfiteatro del mundo romano.» *Universidad de Roma I*. 2007. http://www.nationalgeographic.com.es/articulo/historia/grandes_reportajes/8275/coliseo_roma.html.
- Dib, Argüelles Susana. «Universidad de las Américas Puebla.» 11 de Diciembre de 2005. http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lic/dib_a_s/ (último acceso: 08 de Febrero de 2011).
- Dina, Graciela Barios. «Morteros.» México, Noviembre de 2008.
- Escobar, Kenneth Alejandro Molina. *Evaluación de morteros para albañilería y revestimientos elaborados a base de cementos mezclados con escorias de horno*. Tegucigalpa: Universidad San Carlos de Guatemala, 2006.
- Fernández, Manuel Canovas. *Hormigón y aditivos*. Madrid: Ibergarceta Publicaciones, 2008.
- Ferrocarriles, UIC Unión internacional de. «Código 778-3.» *Recomendaciones para la evaluación de la capacidad portante de puentes abovedados existentes en obra de fábrica y hormigón*. Barcelona, 1995.
- Gratwick, R. T. *La humedad en la construcción : sus causas y remedios*. Barcelona: Editores Técnicos Asociados, 1976.
- Guillermo, Solminihac, y Guillermo Thenoux. *Procesos y Técnicas de Construcción*. Santiago de Chile: Editorial Alfaomega, 2002.
- Hermida, Germán. «Concreto de baja permeabilidad, algo más que disminuir A/C.» *Hormigonar*, 2008.
- Hermida, German. «Construcción de Estructuras impermeables y estancas.» *Sika Colombia*. abril de 2009. <http://www.sika.com.co> (último acceso: 2010 de noviembre de 30).
- INEI, Instituto Nacional de Estadística e Informática. *Censo Nacional 2007: XI de Población y Vi de Vivienda*. Lima: INEI, 2007.
- Jiménez, Luis López. *Humedades en la construcción*. Barcelona: Ediciones SEAC, 2005.
- Lopez, Juan. *Porosidad de Concreto*. Guatemala, 2004.

- Martínez, Rosario, Juan Lopez, y Manuel Buron. «Decisiones derivadas del control de calidad.» *Hormigón* (Instituto Español del cemento y sus aplicaciones), Febrero 2009: 40-47.
- Mendoza, Marcos; Esparza, Carlos; Tafur, Enrique; Narro, Víctor. *Análisis de la Vulnerabilidad Física: Acondicionamiento Territorial Tipo y Uso de Infraestructura*. Cajamarca: INDECI, 2005.
- Ministerio de Vivienda, Construcción y saneamiento. *Reglamento Nacional de Edificaciones*. Lima: MVCS, 2009.
- Monjo, Juan. *Patología de cerramientos y acabados arquitectónicos*. Madrid: Munillalería, 1997.
- Montoro, Bárbara, y Pedro Ferradas. *Reconstrucción y gestión de riesgo: una propuesta técnica y metodológica*. Lima, 2005.
- Osuna, s Jorge J. «Estudio General sobre las Eflorescencias en obra.» *FRUPESA*, 1998: 1-12.
- Pacasmayo, Distribuidor Norte. *distribuidora Norte Pacasmayo*. 2010. <http://www.dino.com.pe/faq.php> (último acceso: 16 de 12 de 2010).
- Pancorbo, Francisco Floristán. *Corrosión, degradación y envejecimiento de los materiales empleados en la edificación*. Barcelona: Marcombo, 2011.
- Portillo Jange, Angel. *Estudio de las propiedades de concretos de mediana y alta resistencia, en su estado fresco y endurecido, utilizando cemento pacasmayo tipo ms*. Lima: UNI, 2000.
- Rivva, Enrique. *Durabilidad y patología del concreto*. 2006.
- Rolly, Reyna. «Cajamarca: un recorrido por la historia.» *El Comercio*, 3 de Diciembre de 2012.
- Salamanca, Rodrigo Correa. «La tecnología de los morteros.» *Redalyc*, 2001: 48.
- Sánchez de Guzmán, Diego. *Durabilidad y Patología del Concreto*. Bogotá: Instituto del Concreto, 2006.
- Sánchez de Guzman, Diego. «Tecnología y Concreto.» Bogotá, Febrero de 2001.
- Sánchez, Guillermo. «Muros enterrados de hormigón.» *THE Chemical BASF*. Marzo de 2010. <http://www.basf-cc.es> (último acceso: 04 de Enero de 2011).

- Sánchez, R. «Prevenir antes que lamentar.» *Panorama Cajamarquino*, 28 de Enero de 2011: Online.
- SENAMHI, Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología. «Reporte Anual.» Cajamarca, 2008.
- Sika, Perú SA. «Sika® 1 Impermeabilizante de Fraguado Normal.» 01 de Marzo de 2010. <http://www.sika.com.pe/Construccion/Modules/GetFile.ASP?Type=4&Code=190&VO=1> (último acceso: 04 de Diciembre de 2010).
- Solminihac, Hernan, y Guillermo Thenoux. *Procesos y Técnicas de Construcción*. Santiago de Chile: Editorial Alfaomega, 2002.
- Urrutia, Enrique Manuel Bernardo Diaz. *Blogger Buzz*. 03 de Noviembre de 2005. <http://www.urrutiaekinsanepitbull.blogspot.com/> (último acceso: 25 de Enero de 2011).
- Valdez Tamez, P. L., A. Durán Herrera, G. Fajardo San Miguel, y C. A. Juárez Alvarado. «Influencia de la carbonatación en morteros de cemento Pórtland y ceniza volante.» *Scielo*, 2009: 1-4.
- Valverde, Cristina Muñoz. «Aditivos hidrófugos de masa.» Madrid, 2005.
- Viviescas Jaimes, Alvaro. «Modelos simples para el análisis de muros de obra de fábrica cargados en su plano.» Barcelona, Julio de 2009.
- Yamasaki, Yutaka. *Construyendo Edificaciones de Albañilería con Tecnologías Apropriadas*. Lima: CISMID, 2004.

ANEXOS.

**ANEXO 1:
DETERMINACIÓN DE
LA CANTIDAD DE
MATERIAL PARA
CADA TANDA DE
MEZCLA DE
MORTERO CEMENTO
ARENA.**

9.1 DATOS:

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

	Agua	Cemento	Arena	
Peso Específico	1	3.10	2.56	gr/cm ³
Peso Unitario		1500	1493.02	kg/m ³
Contenido de Humedad		-	3.6%	
Absorción		-	2.4%	
Relación cemento/arena		= C/A = 1 /	4	
Relación agua/cemento		W/MC=	0.75	
Cantidad de aire atrapado		1	%	

Paso 1. Determinación de Volúmenes:

$$\text{Cemento} = 1 \text{ pie}^3$$

$$\text{Agregado fino} = 4 \text{ pie}^3$$

$$W / MC = 0.75$$

Paso 2. Determinación de pesos:

$$\text{Cemento} = 42.50 \text{ kg}$$

$$\text{Agregado fino} = (4 * 1493.02) / 35.315 = 170.52 \text{ kg}$$

$$\text{Agua} = 0.75 * 42.5 = 31.88 \text{ kg}$$

Paso 5. Determinación de Volúmenes absolutos:

Cemento		0.013710	m ³
Agregado fino = 170.52 / (2.56 * 1000) =		0.066500	m ³
Agua diseño = 0.031875		0.031875	m ³
Sub total:		0.112085	m ³
Aire atrpado	1%	0.001121	m ³
TOTAL =		0.113206	m ³

Paso 3. Cantidad de Materiales por metro cúbico

$$\text{N}^\circ \text{ de bolsas} = 1 / 0.113206 = 8.83 \text{ bls}$$

Cemento = 8.83 bls
Agregado fino = 1.001 m³
Agua diseño = 281.57 L

Siendo la cantidad Materiales secos los siguientes:

Cemento: 375.28 kg
Agregado fino: 1507.00 kg
Agua diseño: 281.57 kg

Paso 4. Cantidad de materiales por corrección por humedad:

Cemento = 375.28 kg
Agregado fino = $1493.02 * (1 + (0.0304 - 0.0261)) = 1513.48$ kg
Agua de aporte = $1513.48 * (0.0304 - 0.0261) = 6.51$ L
Agua Efectiva = Agua de diseño - Agua de aporte: 275.06 L

Paso 5. Cantidad de materiales para 30 probetas cúbicas (se elaboraron en tandas de 4 series de 30 especímenes):

Volumen de 1 especimen = $5\text{cm} * 5\text{cm} * 5\text{cm} = 125\text{cm}^3$
Volumen de 30 especímenes: $30 * 125 \text{ cm}^3 = 3750 \text{ cm}^3 = 0.00375 \text{ m}^3$
Cemento = 1.407 kg
Agregado fino húmedo = 5.651 kg
Agua efectiva = 1.056 L

Paso 6. Cantidad de materiales para 30 probetas cúbicas considerando 10% de desperdicios:

Cemento = 1.548 kg
Agregado fino húmedo = 6.243 kg
Agua efectiva = 1.114 L

Tabla 13: Resumen de dosificaciones Iniciales por metro cúbico.

Código	Cemento		Agregado Fino		Agua	Aditivo Hidrófugo	Aditivo / Cemento
	(kg)	(BlS)	(kg)	(m ³)	(L)	(L)	
GA	375.28	8.83	1513.48	1.02	275.06	13.8	3.7%
GB						27.5	7.3%
GC						68.8	18.3%
GD						0	0.0%

Fuente: Elaboración propia

ANEXO 2:

PANEL FOTOGRAFICO



Figura 27: Aditivo hidrófugo y herramientas utilizadas en la investigación



Figura 28: Saturación de especímenes de mortero



Figura 29: Secado de muestras.



Figura 30: Ensayo de capilaridad, se puede apreciar la altura del fleco capilar del grupo experimental GD.



Figura 31: Ensayo de capilaridad de grupo experimental GD.



Figura 32: Ensayo de capilaridad, se puede apreciar la altura del fleco capilar del grupo experimental GB, la cual es menor que la del grupo sin aditivo.



Figura 33: Se puede apreciar la muestra luego de las tres horas del ensayo de capilaridad.



Figura 34: Se muestra altura del fleco capilar del grupo experimental GC.



Figura 35: Instalación de probetas para ensayo de permeabilidad.



Figura 36: Colocación de muestra para el ensayo de permeabilidad.

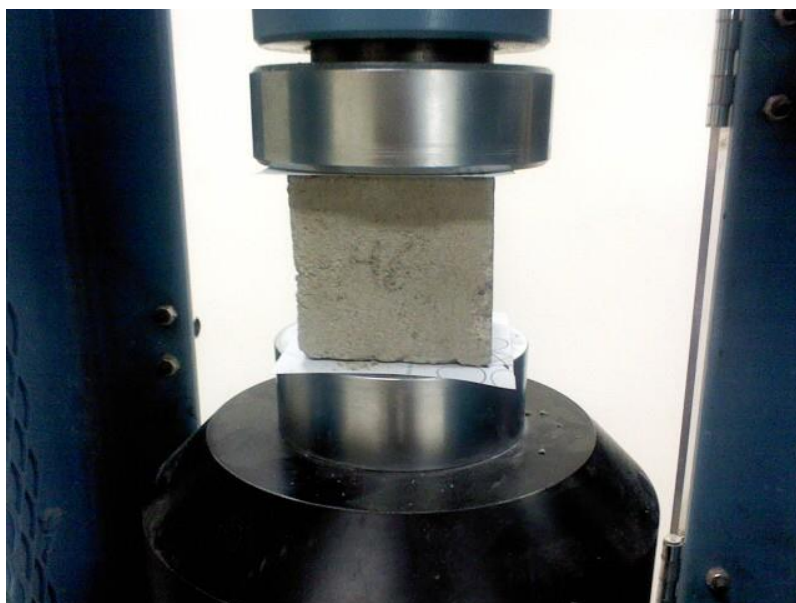


Figura 37: Detalle de colocación de probeta en la prensa hidráulica



Figura 38: Ensayo de resistencia a la compresión.



Figura 39: Ensayo de resistencia a la compresión

ANEXO 3:

9.3 DETERMINACIÓN DE LA PERMEABILIDAD DE UN MORTERO CEMENTO/ARENA.

La determinación de la permeabilidad, se la realizó mediante un procedimiento no estandarizado, con la finalidad de tener un directo que mida la relación existente, entre la cantidad de aditivo hidrófugo y su capacidad de permitir el paso del agua, permeabilidad.

Para este fin, se elaboraron tres probetas por cada tipo de mezcla, las cuales tuvieron las siguientes dimensiones: 2” de diámetro y 1” de alto. La mezcla preparada fue la misma con la cual se elaboró los especímenes cúbicos.

La permeabilidad o conductividad del mortero, se lo determinó siguiendo como referencia lo especificado en la norma ASTM D 5084-90, para ello se aplica la expresión de la Ley de Darcy:

$$Q = k * A * i$$

Donde:

Q: Gasto de agua percolada (cm³/seg)

k : Coeficiente de permeabilidad (cm³/cm²/seg = cm/seg)

A: Área a través de la cual ha pasado el agua. (cm²)

I: gradiente hidráulico

Además:

$$Q = V / t$$

$$I = L / H$$

Siendo:

V: Volumen percolado (cm³)

t: Tiempo de ensayo. (seg)

L: Longitud de la muestra (cm)

h: diferencia de carga hidráulica (expresada en columna de agua)

Entonces la permeabilidad o coeficiente de permeabilidad hidráulica (Alva, 1999):

$$k = V * L / (A * t * h)$$

La propuesta del permeámetro consiste en un cilindro de 1.10m de longitud y 2 pulgadas de diámetro, El permeámetro presenta, bajo estas condiciones, una presión interna de 1 m.c.a. Para ello, se utiliza recortes de tubería de PVC (SAL), ver figura 40; en ella se coloca la muestra a ensayar, la cual es recubierta previamente, por las paredes laterales con una lámina de látex, para ayudar a su hermeticidad.

Por la parte exterior, se coloca una abrazadera metálica, la cual se ajusta para fijar el espécimen dentro del permeámetro, con ello queda listo para el ensayo.

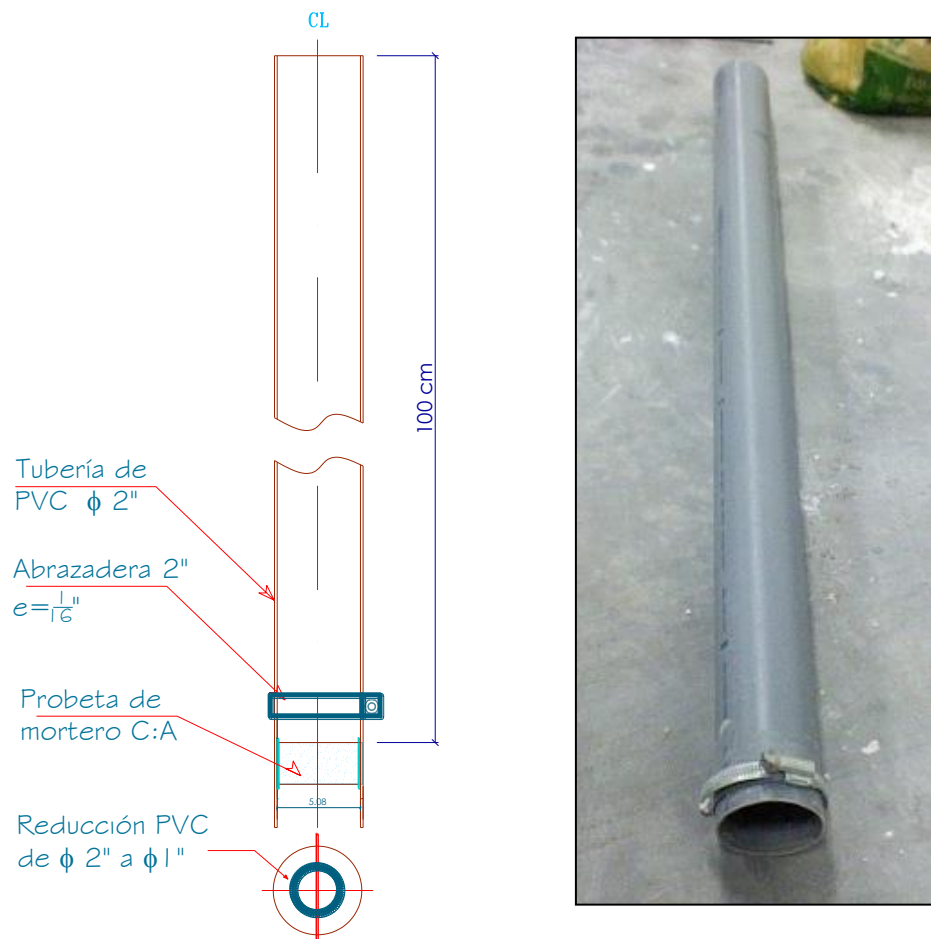


Figura 40: Propuesta de permeámetro

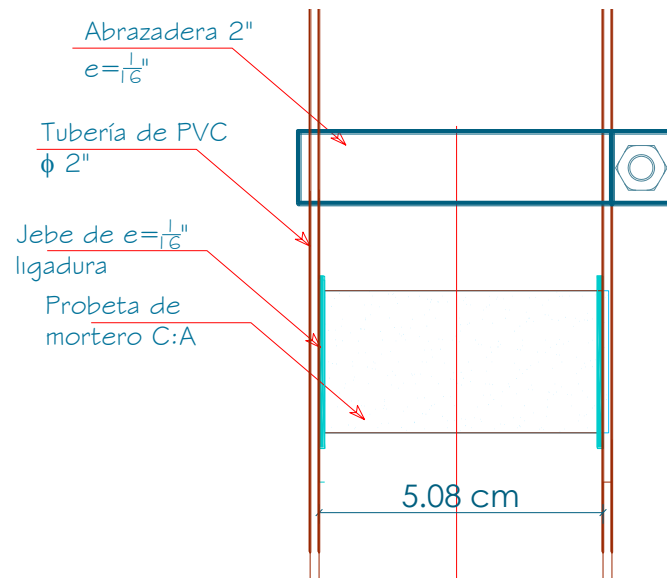


Figura 41: Detalle de la muestra dentro del permeámetro

Equipos e instrumentos

- Termómetro ambiental.
- Vernier.
- Flexómetro.
- 02 abrazaderas metálicas de 2" de diámetro.
- 01 ligadura de jebe 1mm de espesor.
- Probeta graduada.
- Destornillador



Figura 42: Abrazadera de 2 pulgadas

Procedimiento:

- Medir las muestras con el vernier y determinar el promedio de su diámetro y altura.
- Saturar la muestra hasta peso constante.
- Colocar en el permeámetro la muestra, con la ligadura en su alrededor para evitar la fuga de agua por las paredes laterales.
- Ajustar con la abrazadera, apretando su respectivo tornillo.
- Colocar en posición vertical y echar agua, dejando un margen libre de agua de 2 cm del borde superior.
- Colocarlo en un recipiente.
- Dejar pasar el agua por un lapso de 5 días.
- Pasado los 5 días, verter el agua en una probeta graduada.
- Medir la cantidad de agua en la probeta, que ha percolado por la muestra de mortero.



Figura 43: Colocado de muestra en permeámetro

ANEXO 4:

RESULTADOS

OBTENIDOS

9.4.1 Resultados Grupo Experimental GA.

Los resultados individuales se presentan en el soporte digital.

Número de Intervalos de Clase (M): $5 \leq M \leq 20$

$$M = 1 + 3.32 * \log_{10} N$$

$$M = 1 + 3.32 * \log_{10} 120 = 7.90 ; \text{ Se opta por: } M = 8$$

Tabla 14: Cuadro Estadístico Suplementario: Mezcla GA.

Mezcla GA		12.7 ML		
	Grado de absorción (%)	Capilaridad (gr/cm ² *min))	Esfuerzo de Compresión (kg/cm ²)	
Número de Datos	120	120	120	
Promedio	0.1289	0.0038	158.73	
Desviación Estándar	0.00715	0.0010	15.84	
Coef. de Variación	6%	25.00	9.98	
Mínimo	0.1155	0.0014	110.40	
Máximo	0.1546	0.0062	186.28	
Rango (R)	0.0390	0.0048	75.88	
Ancho de Intervalo	0.0048	0.0006	9.40	

Tabla de Frecuencias: Grado de absorción (%) - Mezcla GA

Intervalo de Clase	Límite Inferior	Límite Superior	Marca Clase	Frecuencia Absoluta	Frecuencia Relativa	Acumulada	
						Frecuencia Absoluta	Frecuencia Relativa
1	0.11554	0.12034	0.11794	11	0.09	11	0.1
2	0.12034	0.12514	0.12274	34	0.28	45	0.38
3	0.12514	0.12994	0.12754	22	0.18	67	0.56
4	0.12994	0.13474	0.13234	25	0.21	92	0.77
5	0.13474	0.13954	0.13714	20	0.17	112	0.93
6	0.13954	0.14434	0.14194	6	0.05	118	0.98
7	0.14434	0.14914	0.14674	1	0.01	119	0.99
8	0.14914	0.15394	0.15154	1	0.01	120	1.00

N: 120

Tabla de Frecuencias: Capilaridad (gr/cm²*min)) - Mezcla GA

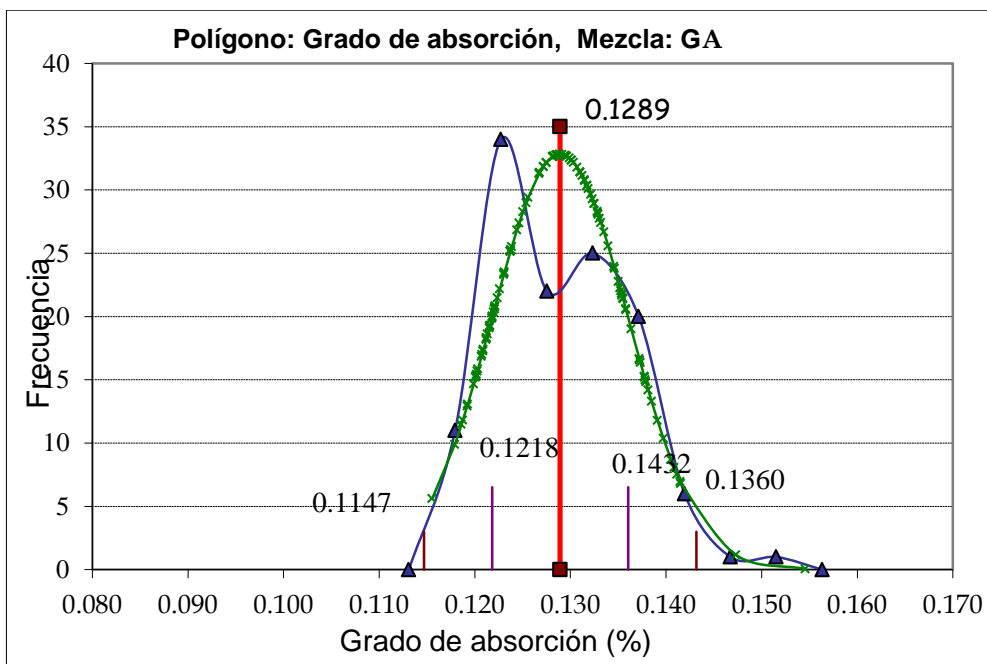
Intervalo de Clase	Límite Inferior	Límite Superior	Marca Clase	Frecuencia Absoluta	Frecuencia Relativa	Acumulada	
						Frecuencia Absoluta	Frecuencia Relativa
1	0.00137	0.00197	0.00167	1	0.01	1	0.01
2	0.00197	0.00257	0.00227	11	0.09	12	0.10
3	0.00257	0.00317	0.00287	16	0.13	28	0.23
4	0.00317	0.00377	0.00347	35	0.29	63	0.53
5	0.00377	0.00437	0.00407	24	0.20	87	0.73
6	0.00437	0.00497	0.00467	18	0.15	105	0.88
7	0.00497	0.00557	0.00527	9	0.08	114	0.95
8	0.00557	0.00617	0.00587	6	0.05	120	1.00

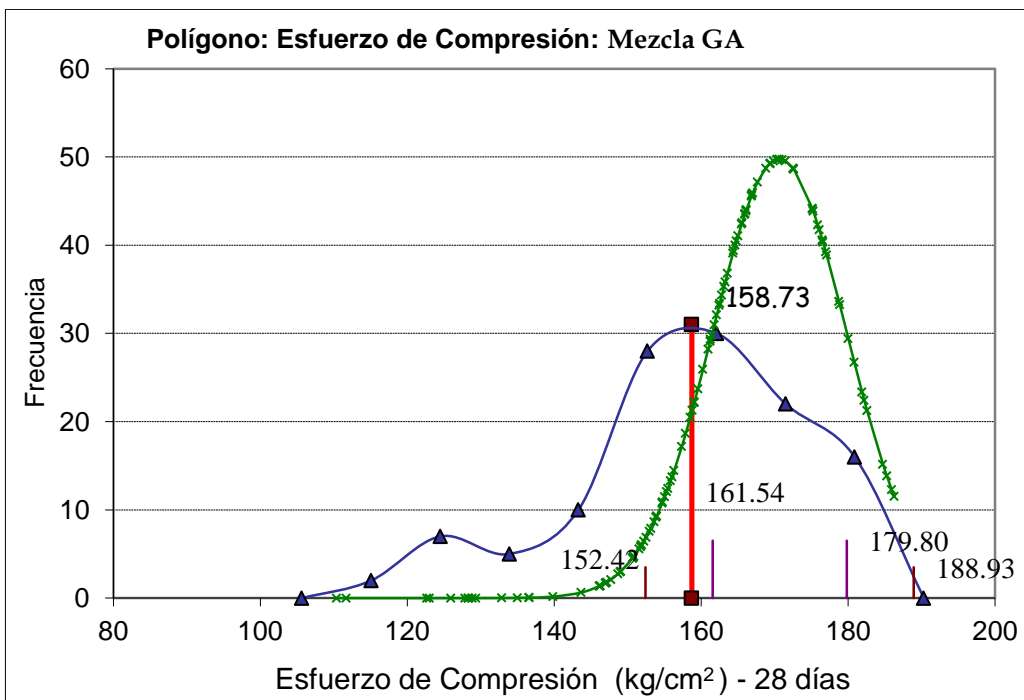
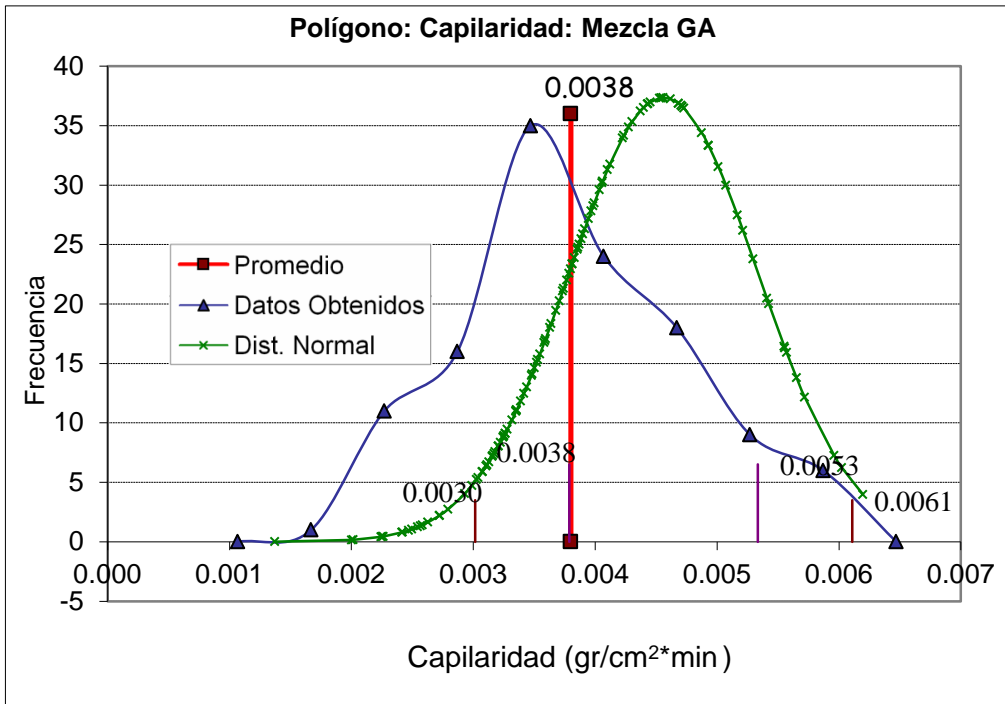
N: 120

Tabla de Frecuencias: Esfuerzo de Compresión (kg/cm²) - Mezcla GA

Intervalo de Clase	Límite Inferior kg/cm ²	Límite Superior kg/cm ²	Marca Clase	Frecuencia Absoluta	Frecuencia Relativa	Acumulada	
						Frecuencia Absoluta	Frecuencia Relativa
1	110.40	119.80	115.10	2	0.02	2	0.02
2	119.80	129.20	124.50	7	0.06	9	0.08
3	129.20	138.60	133.90	5	0.04	14	0.12
4	138.60	148.00	143.30	10	0.08	24	0.20
5	148.00	157.40	152.70	28	0.23	52	0.43
6	157.40	166.80	162.10	30	0.25	82	0.68
7	166.80	176.20	171.50	22	0.18	104	0.87
8	176.20	185.60	180.90	16	0.13	120	1.00

N: 120





Prueba Smirnov- Kolmogorov: Grado de absorción Grupo GA.

Número de Datos : N	120	
Parámetros Normal Media:	0.129	
Desviación. Standar.	0.007	
Máxima Diferencia entre extremos	Absoluto	0.111
	Positivo	0.048
	Negativo	-0.111

SICUMPLE

El Valor Crítico para $N = 120$ valores y un nivel de significancia del 5% es $D_{\max}(0.05,120) = 0.1242$. Como la diferencia máxima observada fue de 0.1113, No hay razón para dudar que los puntajes se puedan aproximar mediante una Distribución Normal.

INTERVALOS DE CONFIANZA

Grado de absorción (%) - Mezcla GA	N	Media	Desv. Stand.	Nivel de confianza
	120	0.1289	0.0071	0.950

Grado de absorción (%) - Mezcla GA	Z	Error de estimación	Diferencia Media	Intervalo de Confianza de 95%	
				Inferior	Superior
	1.9600	0.0012703	0.1289	0.1277	0.1302

$$P [0.12765 \leq u \leq 0.13019] = 0.95$$

El Grado de absorción (%) - Mezcla GA se encuentra entre 0.12765 y 0.13019 con un 95% de confianza

Prueba Smirnov- Kolmogorov: Capilaridad Grupo A.

Número de Datos : N	120	
Parámetros Normal Media:	0.004	
Desviación. Standar.	0.00	
Máxima Diferencia entre extremos	Absoluto	0.0742
	Positivo	0.0531
	Negativo	-0.0742

SI CUMPLE

El Valor Crítico para $N = 120$ valores y un nivel de significancia del 5% es $D_{max}(0.05,120) = 0.1242$. Como la diferencia máxima observada fue de 0.0742 no hay razón para dudar que los puntajes se puedan aproximar mediante una Distribución Normal.

INTERVALOS DE CONFIANZA

Capilaridad - Mezcla GA	N	Media	Desv. Stand.	Nivel de confianza
	120	0.0038	0.0010	0.950

Capilaridad - Mezcla GA	Z	Error de estimación	Diferencia Media	Intervalo de Confianza de 95%	
				Inferior	Superior
	1.9600	0.0001789	0.0038	0.00362	0.00398

$P [0.00362 \leq u \leq 0.00398] = 0.95$

La Capilaridad - Mezcla GA se encuentra entre 0.00362 y 0.00398 con un 95% de confianza

Prueba Smirnov- Kolmogorov: Resistencia a Esfuerzos de compresión. Grupo GA

Número de Datos : N	120	
Parámetros Normal Media:	146.500	
Desviación. Standar.	12.24	
Máxima Diferencia entre extremos	Absoluto	0.0727
	Positivo	0.0727
	Negativo	-0.0516

SI CUMPLE

El Valor Crítico para N = 120 valores y un nivel de significancia del 5% es $D_{\max}(0.05,120) = 0.1242$. Como la diferencia máxima observada fue de 0.0727 no hay razón para dudar que los puntajes se puedan aproximar mediante una Distribución Normal.

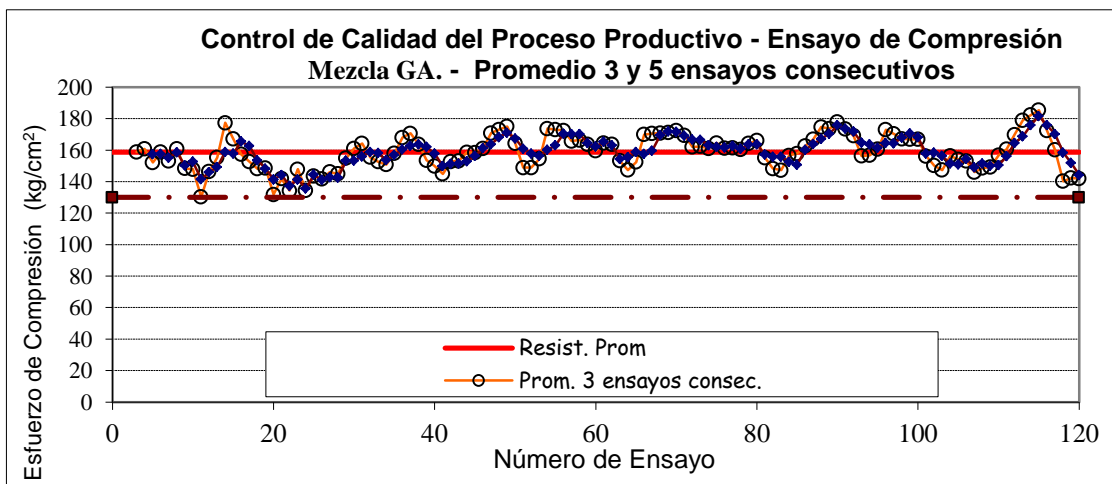
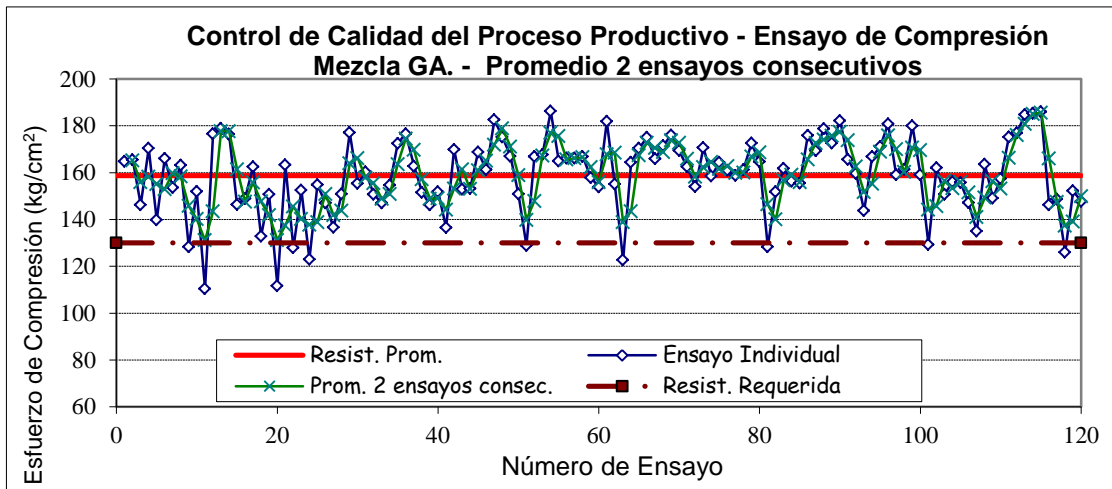
INTERVALOS DE CONFIANZA

Esfuerzo a la compresión - Mezcla GA	N	Media	Desv. Stand.	Nivel de confianza
	120	146.50	12.24	0.950

Esfuerzo a la compresión - Mezcla GA	Z	Error de estimación	Diferencia a Media	Intervalo de Confianza de 95%	
				Inferior	Superior
	1.9600	2.191	146.500	144.31	148.69

$$P [144.30939 \leq u \leq 148.69088] = 0.95$$

El Esfuerzo a la compresión - Mezcla GA se encuentra entre 144.30939 y 148.69088 con un 95% de confianza



De las éstas gráficas de control de calidad para la mezcla GA, se observar que el promedio de dos muestras consecutivas es superior de la resistencia mínima requerida (Esfuerzo promedio más dos desviaciones estándar), por ello el nivel de resistencia de las mezclas de mortero, se consideran satisfactorios, siguiendo los requisitos de ACI 318.

9.4.2. Resultados Grupo Experimental GB.

Tabla 15: Cuadro Estadístico Suplementario: Mezcla GB.

Mezcla GB		Cantidad de 25.4 ML por m ³		
	Grado de absorción (%)	Capilaridad (gr/(cm ² *min))	Esfuerzo de Compresión (kg/cm ²)	
Número de Datos	120	120	120	
Promedio	0.1167	0.00164	180.67	
Desviación Estándar	0.00818	0.0003	33.13	
Coef. de Variación	7.01	20.7317	18.34	
Mínimo	0.0989	0.0010	117.36	
Máximo	0.1394	0.0027	245.55	
Rango (R)	0.0404	0.0017	128.19	
Ancho de Intervalo	0.0059	0.000200	16.02	

Tabla de Frecuencias: Grado de absorción (%) - Mezcla GB

Intervalo de Clase	Límite Inferior	Límite Superior	Marca Clase	Frecuencia Absoluta	Frecuencia Relativa	Acumulada	
						Frecuencia Absoluta	Frecuencia Relativa
1	0.09893	0.10483	0.10188	15	0.13	15	0.1
2	0.10483	0.11073	0.10778	16	0.13	31	0.26
3	0.11073	0.11663	0.11368	17	0.14	48	0.40
4	0.11663	0.12253	0.11958	42	0.35	90	0.75
5	0.12253	0.12843	0.12548	25	0.21	115	0.96
6	0.12843	0.13433	0.13138	4	0.03	119	0.99
7	0.13433	0.14023	0.13728	1	0.01	120	1.00
8	0.14023	0.14613	0.14318	0	0.00	120	1.00

N: 120

Tabla de Frecuencias: Capilaridad (gr/(cm²*min)) - Mezcla GB

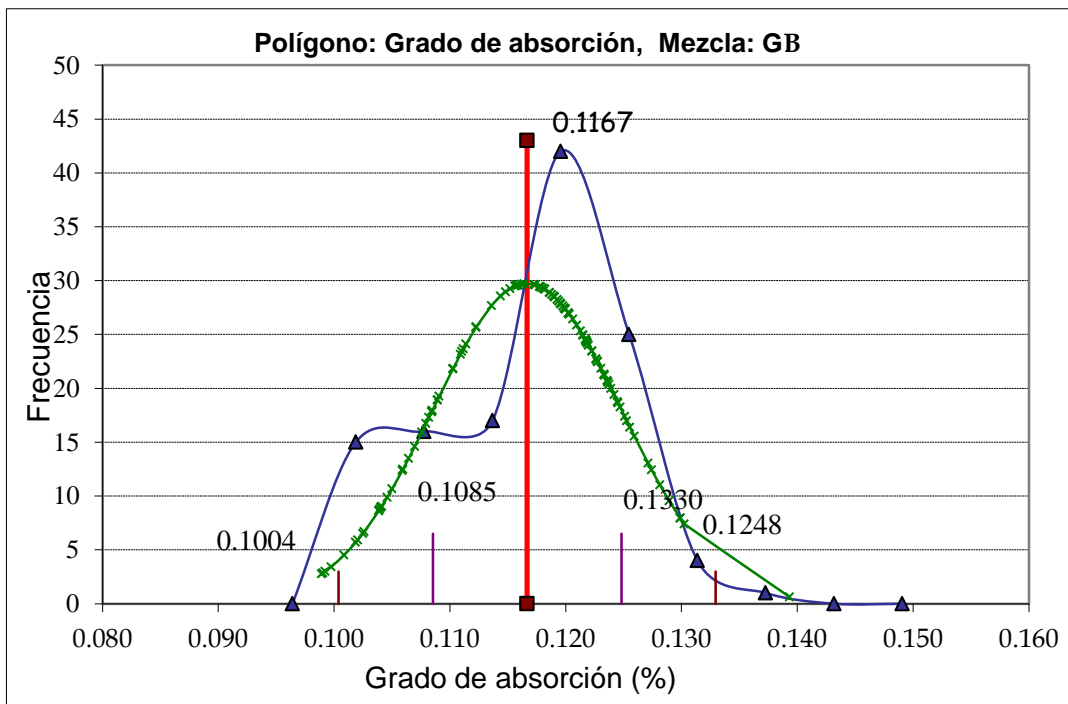
Intervalo de Clase	Límite Inferior	Límite Superior	Marca Clase	Frecuencia Absoluta	Frecuencia Relativa	Acumulada	
						Frecuencia Absoluta	Frecuencia Relativa
1	0.00104	0.00124	0.00114	18	0.15	18	0.15
2	0.00124	0.00144	0.00134	16	0.13	34	0.28
3	0.00144	0.00164	0.00154	29	0.24	63	0.53
4	0.00164	0.00184	0.00174	28	0.23	91	0.76
5	0.00184	0.00204	0.00194	17	0.14	108	0.90
6	0.00204	0.00224	0.00214	6	0.05	114	0.95
7	0.00224	0.00244	0.00234	3	0.03	117	0.98
8	0.00244	0.00264	0.00254	3	0.03	120	1.00

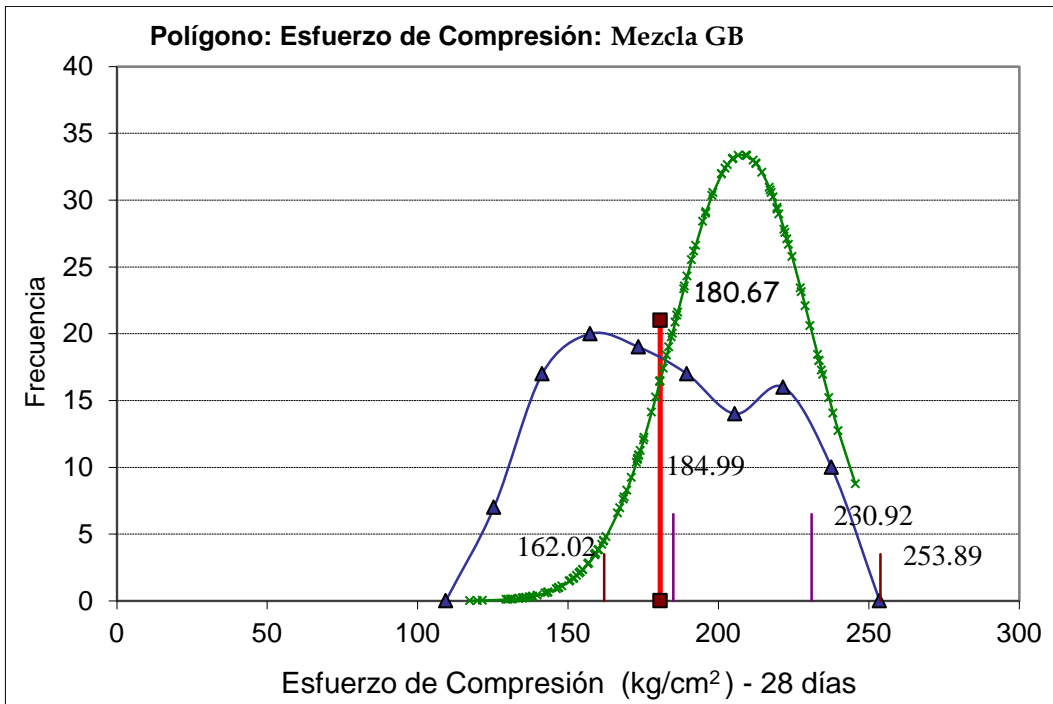
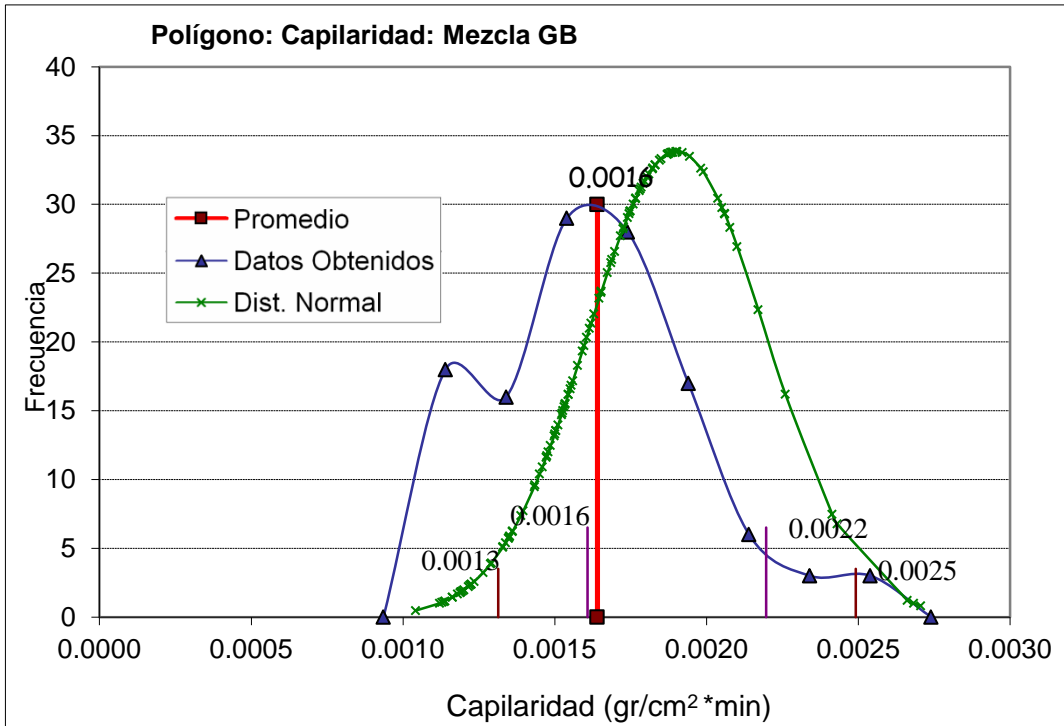
N: 120

Tabla de Frecuencias: Esfuerzo de Compresión (kg/cm²) - Mezcla GB

Intervalo de Clase	Límite Inferior kg/cm ²	Límite Superior kg/cm ²	Marca Clase	Frecuencia Absoluta	Frecuencia Relativa	Acumulada	
						Frecuencia Absoluta	Frecuencia Relativa
1	117.36	133.38	125.37	7	0.06	7	0.06
2	133.38	149.40	141.39	17	0.14	24	0.20
3	149.40	165.42	157.41	20	0.17	44	0.37
4	165.42	181.44	173.43	19	0.16	63	0.53
5	181.44	197.46	189.45	17	0.14	80	0.67
6	197.46	213.48	205.47	14	0.12	94	0.78
7	213.48	229.50	221.49	16	0.13	110	0.92
8	229.50	245.52	237.51	10	0.08	120	1.00

N: 120





Prueba Smirnov- Kolmogorov: Grado de Absorción. Grupo GB

Número de Datos : N	120	
Parámetros Normal Media:	0.117	
Desviación. Standar.	0.008	
Máxima Diferencia entre extremos	Absoluto	0.121
	Positivo	0.121
	Negativo	-0.064

SI CUMPLE

El Valor Crítico para N = 120 valores y un nivel de significancia del 5% es $D_{max}(0.05,120) = 0.1242$. Como la diferencia máxima observada fue de 0.1208, No hay razón para dudar que los puntajes se puedan aproximar mediante una Distribución Normal.

INTERVALOS DE CONFIANZA

Grado de absorción (%) - Mezcla GB	N	Media	Desv. Stand.	Nivel de confianza
	120	0.1167	0.0082	0.950

Grado de absorción (%) - Mezcla GB	Z	Error de estimación	Diferencia Media	Intervalo de Confianza de 95%	
				Inferior	Superior
	1.9600	0.0014671	0.1167	0.1152	0.1181

$$P [0.11521 \leq u \leq 0.11814] = 0.95$$

El Grado de absorción (%) - Mezcla GB se encuentra entre 0.11521 y 0.11814 con un 95% de confianza

Prueba Smirnov- Kolmogorov: Capilaridad. Grupo GB

Número de Datos : N	120	
Parámetros Normal	Media:	0.00164
	Desviación. Standar.	0.00030
Máxima Diferencia entre extremos	Absoluto	0.0703
	Positivo	0.0285
	Negativo	-0.0703

SI CUMPLE

El Valor Crítico para N = 120 valores y un nivel de significancia del 5% es $D_{\max}(0.05,120) = 0.1242$. Como la diferencia máxima observada fue de 0.0703 no hay razón para dudar que los puntajes se puedan aproximar mediante una Distribución Normal.

INTERVALOS DE CONFIANZA

Capilaridad - Mezcla GB	N	Media	Desv. Stand.	Nivel de confianza
	120	0.0016	0.0003	0.950

Capilaridad - Mezcla GB	Z	Error de estimación	Diferenci a Media	Intervalo de Confianza de 95%	
				Inferior	Superior
	1.9600	0.0000537	0.0016	0.00158	0.00169

$$P [0.00158 \leq u \leq 0.00169] = 0.95$$

La Capilaridad - Mezcla GB se encuentra entre 0.00158 y 0.00169 gr/(cm²*min) con un 95% de confianza

Prueba Smirnov- Kolmogorov: Resistencia a esfuerzos de compresión. Grupo GB

Número de Datos : N	120	
Parámetros Normal Media:	180.671	
Desviación. Standar.	33.13	
Máxima Diferencia entre extremos	Absoluto	0.0725
	Positivo	0.0632
	Negativo	-0.0725

SI CUMPLE

El Valor Crítico para N = 120 valores y un nivel de significancia del 5% es $D_{\max}(0.05,120) = 0.1242$. Como la diferencia máxima observada fue de 0.0725 no hay razón para dudar que los puntajes se puedan aproximar mediante una Distribución Normal.

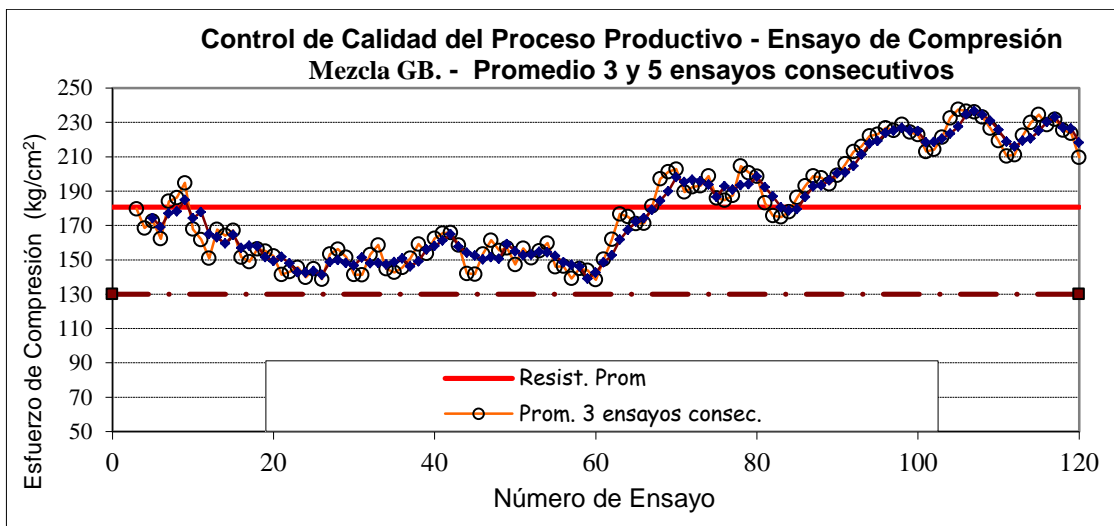
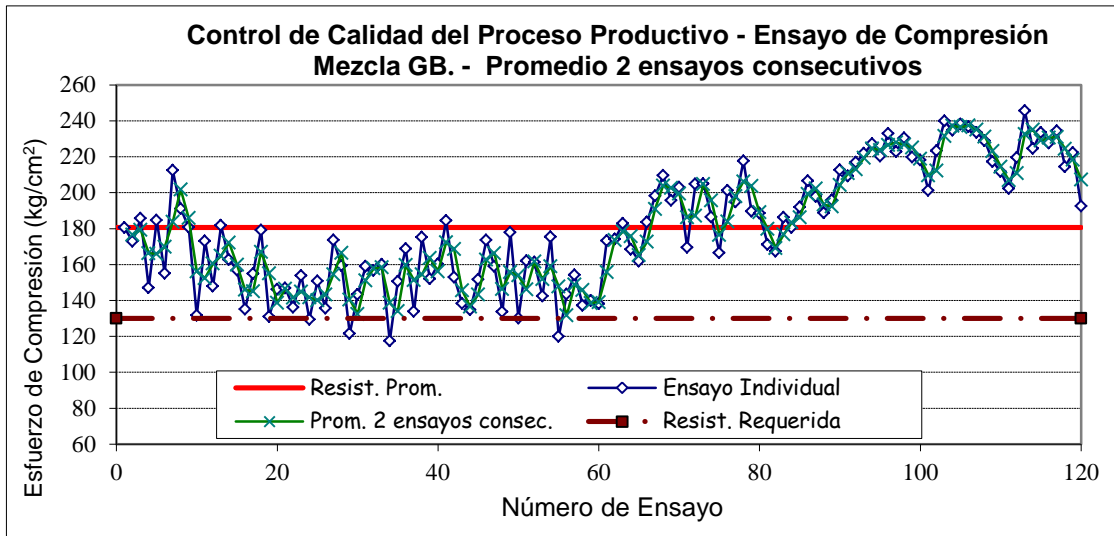
INTERVALOS DE CONFIANZA

Esfuerzo a la compresión - Mezcla GB	N	Media	Desv. Stand.	Nivel de confianza
	120	180.67	33.13	0.950

Esfuerzo a la compresión - Mezcla GB	Z	Error de estimación	Diferencia a Media	Intervalo de Confianza de 95%	
				Inferior	Superior
	1.9600	5.928	180.671	174.74	186.60

$P [174.74269 \leq u \leq 186.59961] = 0.95$

El Esfuerzo a la compresión - Mezcla GB se encuentra entre 174.74269 y 186.59961 con un 95% de confianza



De las éstas gráficas de control de calidad para la mezcla GB, se observar que el promedio de dos muestras consecutivas es superior de la resistencia mínima requerida (Esfuerzo promedio más dos desviaciones estándar), por ello el nivel de resistencia de las mezclas de mortero, se consideran satisfactorios, siguiendo los requisitos de ACI 318.

9.4.3. Resultados Grupo Experimental GC.

Tabla 16: Cuadro Estadístico Suplementario: Mezcla GC.

Mezcla GC		63.49 ML		
	Grado de absorción (%)	Capilaridad (gr/(cm ² *min))	Esfuerzo de Compresión (kg/cm ²)	
Número de Datos	120	120	120	
Promedio	0.1304	0.0050	178.12	
Desviación Estándar	0.01058	0.0015	28.60	
Coef. de Variación	8.1%	29.7619	16.06	
Mínimo	0.1104	0.0022	118.96	
Máximo	0.1581	0.0093	242.27	
Rango (R)	0.0478	0.0071	123.31	
Ancho de Intervalo	0.0059	0.0009	15.40	

Tabla de Frecuencias: Grado de absorción (%) - Mezcla GC

Intervalo de Clase	Límite Inferior	Límite Superior	Marca Clase	Frecuencia Absoluta	Frecuencia Relativa	Acumulada	
						Frecuencia Absoluta	Frecuencia Relativa
1	0.11035	0.11625	0.11330	16	0.13	16	0.1
2	0.11625	0.12215	0.11920	14	0.12	30	0.25
3	0.12215	0.12805	0.12510	15	0.13	45	0.38
4	0.12805	0.13395	0.13100	17	0.14	62	0.52
5	0.13395	0.13985	0.13690	38	0.32	100	0.83
6	0.13985	0.14575	0.14280	13	0.11	113	0.94
7	0.14575	0.15165	0.14870	5	0.04	118	0.98
8	0.15165	0.15755	0.15460	2	0.02	120	1.00

N: 120

Tabla de Frecuencias: Capilaridad (gr/(cm²*min)) - Mezcla GC

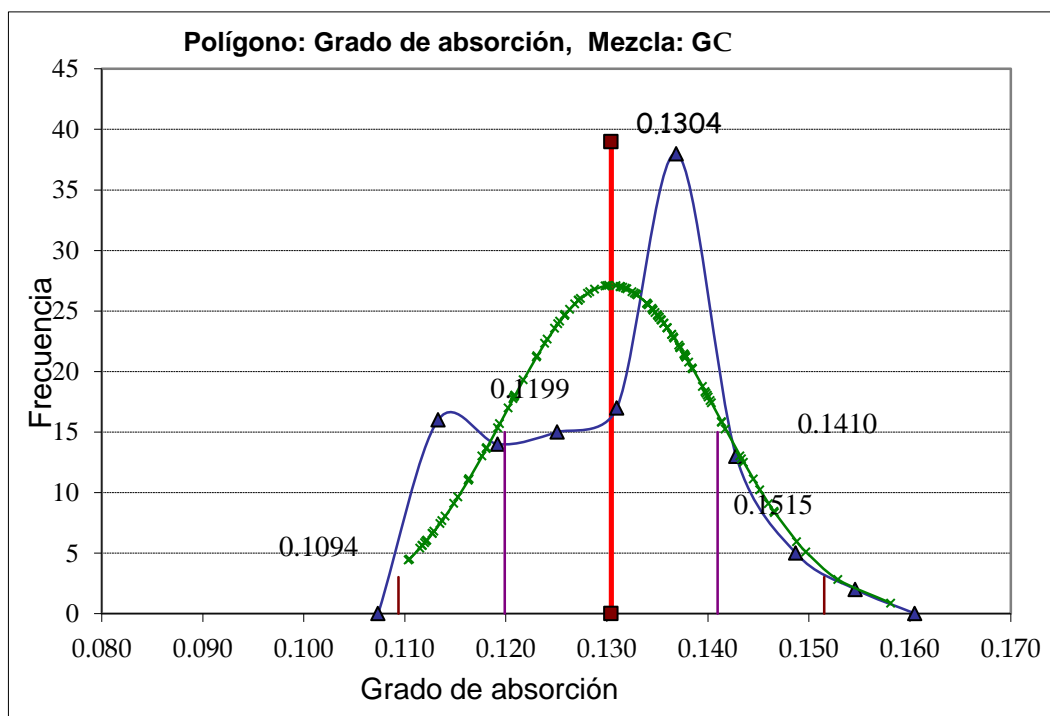
Intervalo de Clase	Límite Inferior	Límite Superior	Marca Clase	Frecuencia Absoluta	Frecuencia Relativa	Acumulada	
						Frecuencia Absoluta	Frecuencia Relativa
1	0.00219	0.00307	0.00263	9	0.08	9	0.08
2	0.00307	0.00395	0.00351	23	0.19	32	0.27
3	0.00395	0.00483	0.00439	27	0.23	59	0.49
4	0.00483	0.00571	0.00527	24	0.20	83	0.69
5	0.00571	0.00659	0.00615	19	0.16	102	0.85
6	0.00659	0.00747	0.00703	10	0.08	112	0.93
7	0.00747	0.00835	0.00791	7	0.06	119	0.99
8	0.00835	0.00923	0.00879	1	0.01	120	1.00

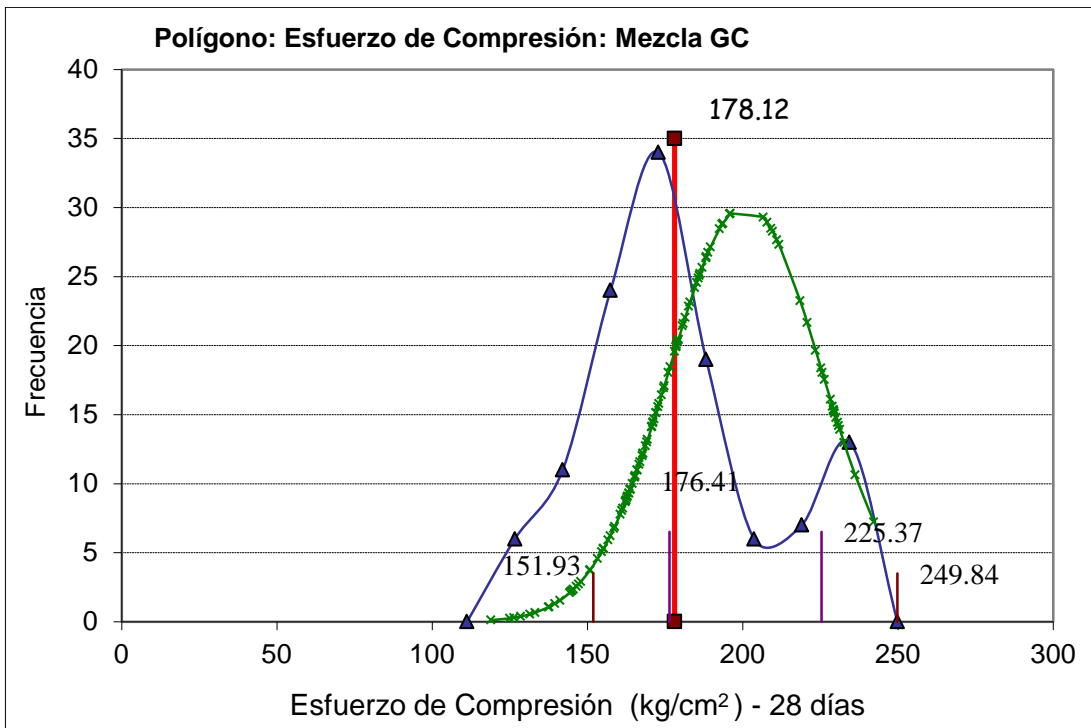
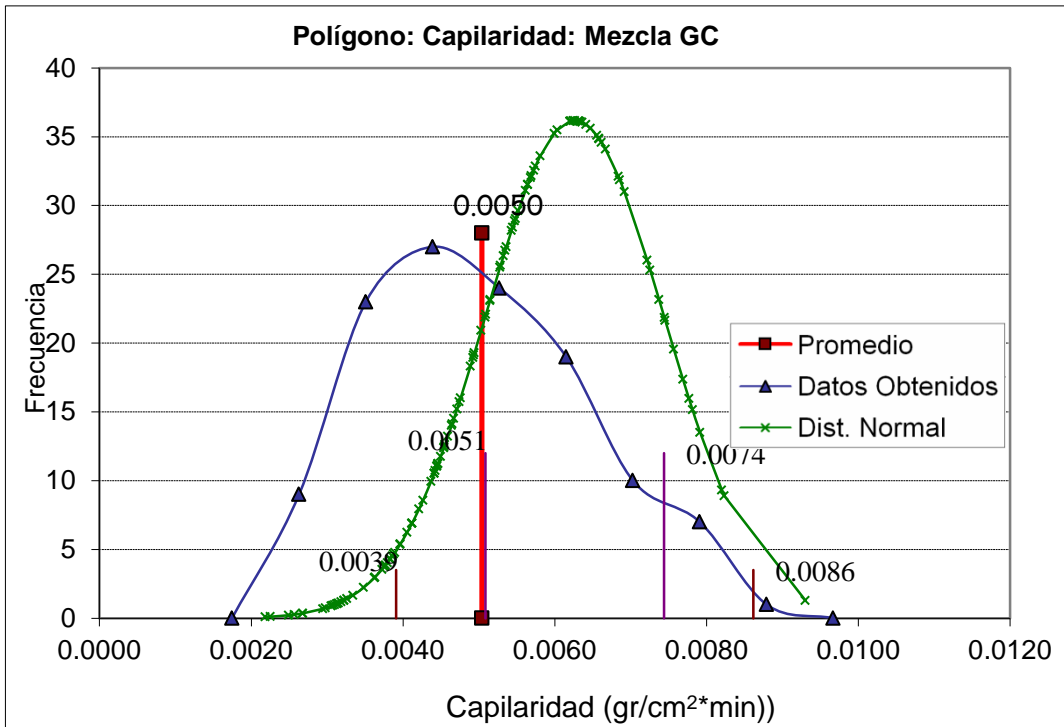
N: 120

Tabla de Frecuencias: Esfuerzo de Compresión (kg/cm²) - Mezcla GC

Intervalo de Clase	Límite Inferior kg/cm ²	Límite Superior kg/cm ²	Marca Clase	Frecuencia Absoluta	Frecuencia Relativa	Acumulada	
						Frecuencia Absoluta	Frecuencia Relativa
1	118.96	134.36	126.66	6	0.05	6	0.05
2	134.36	149.76	142.06	11	0.09	17	0.14
3	149.76	165.16	157.46	24	0.20	41	0.34
4	165.16	180.56	172.86	34	0.28	75	0.63
5	180.56	195.96	188.26	19	0.16	94	0.78
6	195.96	211.36	203.66	6	0.05	100	0.83
7	211.36	226.76	219.06	7	0.06	107	0.89
8	226.76	242.16	234.46	13	0.11	120	1.00

N: 120





Prueba Smirnov- Kolmogorov: Grado de absorción. Grupo GC

Número de Datos : N	120	
Parámetros Normal Media:	0.130	
Desviación. Standar.	0.011	
Máxima Diferencia entre extremos	Absoluto	0.105
	Positivo	0.105
	Negativo	-0.066

SI CUMPLE

El Valor Crítico para $N = 120$ valores y un nivel de significancia del 5% es $D_{max}(0.05,120) = 0.1242$. Como la diferencia máxima observada fue de 0.1054, No hay razón para dudar que los puntajes se puedan aproximar mediante una Distribución Normal.

INTERVALOS DE CONFIANZA

Grado de absorción (%) - Mezcla GC	N	Media	Desv. Stand.	Nivel de confianza
	120	0.1304	0.0106	0.950

Grado de absorción (%) - Mezcla GC	Z	Error de estimación	Diferencia Media	Intervalo de Confianza de 95%	
				Inferior	Superior
	1.9600	0.0018965	0.1304	0.1285	0.1323

$$P [0.12854 \leq u \leq 0.13234] = 0.95$$

El Grado de absorción (%) - Mezcla GC se encuentra entre 0.12854 y 0.13234 con un 95% de confianza

Prueba Smirnov- Kolmogorov: Capilaridad. Grupo GC.

Número de Datos : N	120	
Parámetros Normal	Media:	0.00504
	Desviación. Standar.	0.00150
Máxima Diferencia entre extremos	Absoluto	0.0655
	Positivo	0.0394
	Negativo	-0.0655

SI CUMPLE

El Valor Crítico para $N = 120$ valores y un nivel de significancia del 5% es $D_{max}(0.05,120) = 0.1242$. Como la diferencia máxima observada fue de 0.0655 no hay razón para dudar que los puntajes se puedan aproximar mediante una Distribución Normal.

INTERVALOS DE CONFIANZA

Capilaridad - Mezcla GC	N	Media	Desv. Stand.	Nivel de confianza
	120	0.0050	0.0015	0.950

Capilaridad - Mezcla GC	Z	Error de estimación	Diferenci a Media	Intervalo de Confianza de 95%	
				Inferior	Superior
	1.9600	0.0002684	0.0050	0.00477	0.00531

$$P [0.00477 \leq u \leq 0.00531] = 0.95$$

La Capilaridad - Mezcla GC se encuentra entre 0.00477 y 0.00531 gr/cm²*min con un 95% de confianza

Prueba Smirnov- Kolmogorov: Resistencia a esfuerzos de compresión. Grupo GC

Número de Datos : N	120	
Parámetros Normal Media:	178.116	
Desviación. Standar.	28.60	
Máxima Diferencia entre extremos	Absoluto	0.1078
	Positivo	0.0772
	Negativo	-0.1078

SICUMPLE

El Valor Crítico para N = 120 valores y un nivel de significancia del 5% es $D_{max}(0.05,120) = 0.1242$. Como la diferencia máxima observada fue de 0.1078 no hay razón para dudar que los puntajes se puedan aproximar mediante una Distribución Normal.

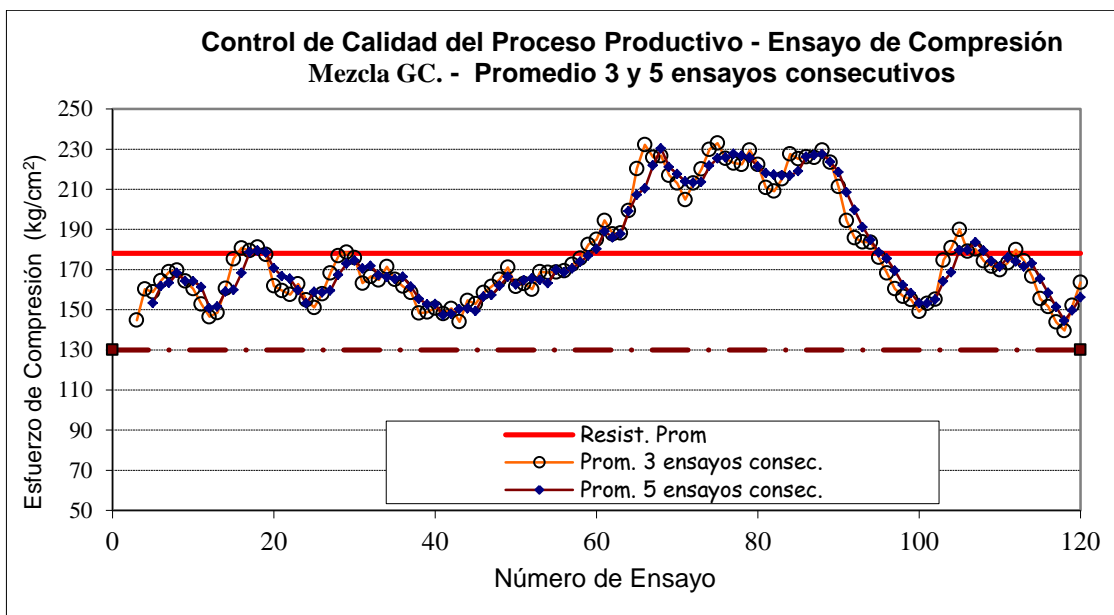
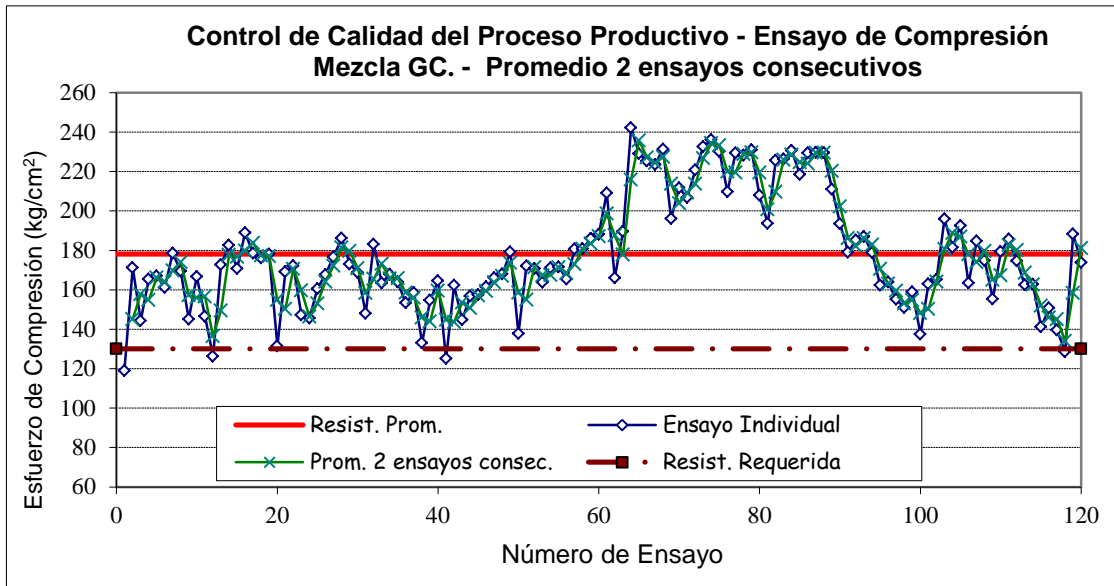
INTERVALOS DE CONFIANZA

Esfuerzo a la compresión - Mezcla GC	N	Media	Desv. Stand.	Nivel de confianza
	120	178.12	28.60	0.950

Esfuerzo a la compresión - Mezcla GC	Z	Error de estimación	Diferencia a Media	Intervalo de Confianza de 95%	
				Inferior	Superior
	1.9600	5.117	178.116	173.00	183.23

$P [172.99886 \leq u \leq 183.23323] = 0.95$

El Esfuerzo a la compresión - Mezcla GC se encuentra entre 172.99886 y 183.23323 con un 95% de confianza



De las éstas gráficas de control de calidad para la mezcla del grupo GC, se observar que el promedio de dos muestras consecutivas es superior de la resistencia mínima requerida (Esfuerzo promedio más dos desviaciones estándar), por ello el nivel de resistencia de las mezclas de mortero, se consideran satisfactorios, siguiendo los requisitos de ACI 318.

9.4.4. Resultados Grupo Experimental GD.

Tabla 17: Cuadro Estadístico Suplementario: Mezcla GD.

Mezcla GD		Sin aditivo.	
	Grado de absorción (%)	Capilaridad (gr/(cm ² *min))	Esfuerzo de Compresión (kg/cm ²)
Número de Datos	120	120	120
Promedio	0.1332	0.0124	147.56
Desviación Estándar	0.00721	0.0031	20.69
Coef. de Variación	5.4%	24.6983	14.02
Mínimo	0.1185	0.0051	104.18
Máximo	0.1541	0.0209	196.37
Rango (R)	0.0357	0.0157	92.19
Ancho de Intervalo	0.0040	0.0022	10.00

Tabla de Frecuencias: Grado de absorción (%) - Mezcla GD

Intervalo de Clase	Límite Inferior	Límite Superior	Marca Clase	Frecuencia Absoluta	Frecuencia Relativa	Acumulada	
						Frecuencia Absoluta	Frecuencia Relativa
1	0.11847	0.12247	0.12047	5	0.04	5	0.0
2	0.12247	0.12647	0.12447	18	0.15	23	0.19
3	0.12647	0.13047	0.12847	21	0.18	44	0.37
4	0.13047	0.13447	0.13247	34	0.28	78	0.65
5	0.13447	0.13847	0.13647	18	0.15	96	0.80
6	0.13847	0.14247	0.14047	9	0.08	105	0.88
7	0.14247	0.14647	0.14447	8	0.07	113	0.94
8	0.14647	0.15047	0.14847	7	0.06	120	1.00

N: 120

Tabla de Frecuencias: Capilaridad (gr/(cm²*min)) - Mezcla GD

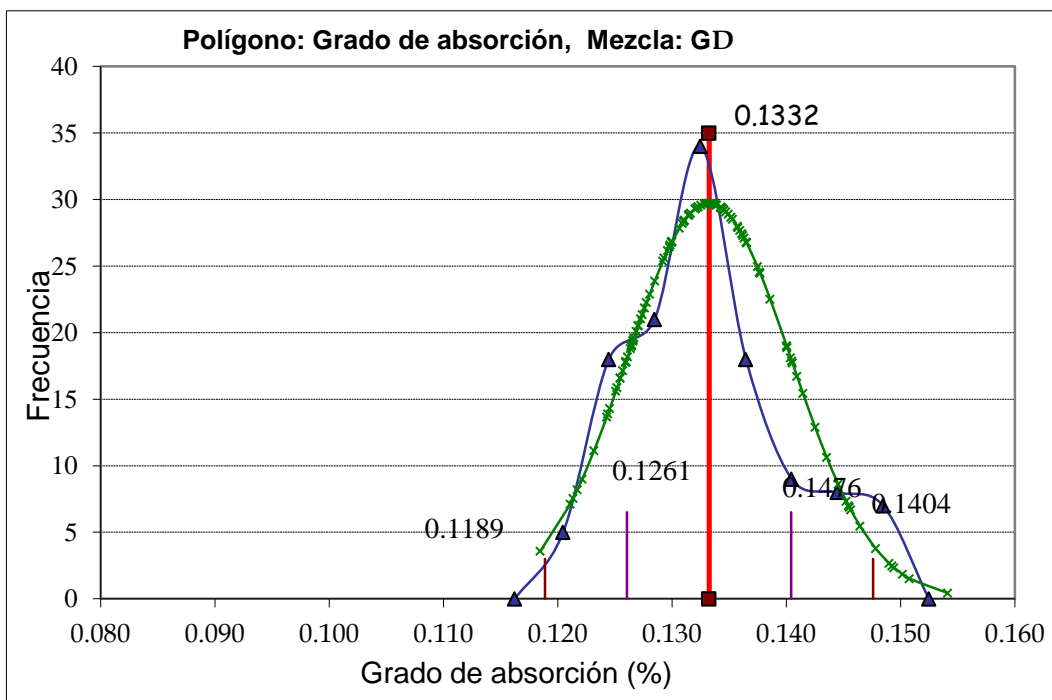
Intervalo de Clase	Límite Inferior	Límite Superior	Marca Clase	Frecuencia Absoluta	Frecuencia Relativa	Acumulada	
						Frecuencia Absoluta	Frecuencia Relativa
1	0.00511	0.00726	0.00619	5	0.04	5	0.04
2	0.00726	0.00941	0.00834	15	0.13	20	0.17
3	0.00941	0.01156	0.01049	25	0.21	45	0.38
4	0.01156	0.01371	0.01264	39	0.33	84	0.70
5	0.01371	0.01586	0.01479	21	0.18	105	0.88
6	0.01586	0.01801	0.01694	10	0.08	115	0.96
7	0.01801	0.02016	0.01909	3	0.03	118	0.98
8	0.02016	0.02231	0.02124	2	0.02	120	1.00

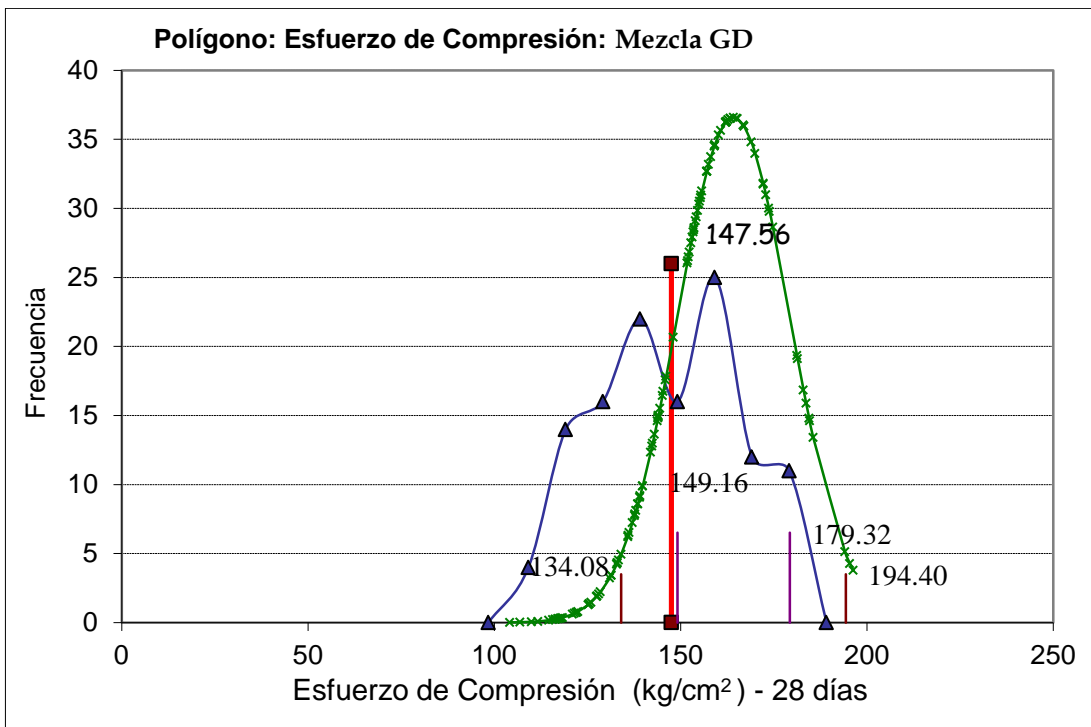
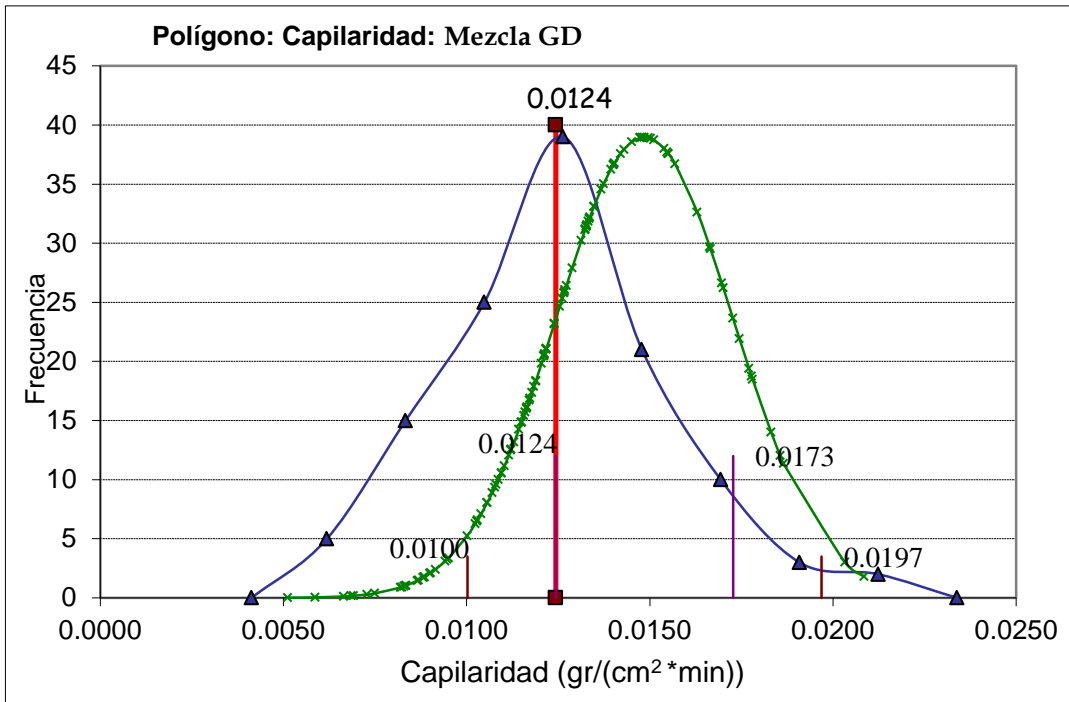
N: 120

Tabla de Frecuencias: Esfuerzo de Compresión (kg/cm²) - Mezcla GD

Intervalo de Clase	Límite Inferior kg/cm ²	Límite Superior kg/cm ²	Marca Clase	Frecuencia Absoluta	Frecuencia Relativa	Acumulada	
						Frecuencia Absoluta	Frecuencia Relativa
1	104.18	114.18	109.18	4	0.03	4	0.03
2	114.18	124.18	119.18	14	0.12	18	0.15
3	124.18	134.18	129.18	16	0.13	34	0.28
4	134.18	144.18	139.18	22	0.18	56	0.47
5	144.18	154.18	149.18	16	0.13	72	0.60
6	154.18	164.18	159.18	25	0.21	97	0.81
7	164.18	174.18	169.18	12	0.10	109	0.91
8	174.18	184.18	179.18	11	0.09	120	1.00

N: 120





Prueba Smirnov- Kolmogorov: Grado de absorción del Grupo GD

Número de Datos : N	120	
Parámetros Normal Media:	0.133	
Desviación. Standar.	0.007	
Máxima Diferencia entre extremos	Absoluto	0.098
	Positivo	0.049
	Negativo	-0.098
P-Valor aproximado =	0.7325	

SI CUMPLE

El Valor Crítico para N = 120 valores y un nivel de significancia del 5% es $D_{max}(0.05,120) = 0.1242$. Como la diferencia máxima observada fue de 0.0981, NO hay razón para dudar que los puntajes se puedan aproximar mediante una Distribución Normal.

INTERVALOS DE CONFIANZA

Grado de absorción (%) - Mezcla GD	N	Media	Desv. Stand.	Nivel de confianza
	120	0.1332	0.0072	0.950

Grado de absorción (%) - Mezcla GD	Z	Error de estimación	Diferencia Media	Intervalo de Confianza de 95%	
				Inferior	Superior
	1.9600	0.0012882	0.1332	0.132	0.135

$$P [0.13195 \leq u \leq 0.13453] = 0.95$$

El Grado de absorción (%) - Mezcla GD se encuentra entre 0.13195 y 0.13453 con un 95% de confianza

Prueba Smirnov- Kolmogorov: Capilaridad del Grupo GD

Número de Datos : N	120	
Parámetros Normal Media:	0.012	
Desviación. Standar.	0.00	
Máxima Diferencia entre extremos	Absoluto	0.0597
	Positivo	0.0317
	Negativo	-0.0597
P-Valor aproximado =	0.9728	

SI CUMPLE

El Valor Crítico para $N = 120$ valores y un nivel de significancia del 5% es $D_{maxp}(0.05,120) = 0.1242$. Como la diferencia máxima observada fue de 0.0597 no hay razón para dudar que los puntajes se puedan aproximar mediante una Distribución Normal.

INTERVALOS DE CONFIANZA

Capilaridad - Mezcla GD	N	Media	Desv. Stand.	Nivel de confianza
	120	0.0124	0.0031	0.950

Capilaridad - Mezcla GD	Z	Error de estimación	Diferencia a Media	Intervalo de Confianza de 95%	
				Inferior	Superior
	1.9600	0.0005547	0.0124	0.01188	0.01299

$P [0.01188 \leq u \leq 0.01299] = 0.95$

El Capilaridad - Mezcla GD se encuentra entre 0.01188 gr/(cm²*min) y 0.01299 gr/(cm²*min) con un 95% de confianza

Prueba Smirnov- Kolmogorov: Resistencia a esfuerzos de compresión. Grupo GD

Número de Datos : N	120	
Parámetros Normal Media:	147.56	
Desviación. Standar.	20.69	
Máxima Diferencia entre extremos	Absoluto	0.0566
	Positivo	0.0566
	Negativo	-0.0375
P-Valor aproximado =	0.9728	

SICUMPLE

El Valor Crítico para N = 120 valores y un nivel de significancia del 5% es $D_{\max}(0.05,120) = 0.1242$. Como la diferencia máxima observada fue de 0.0566 no hay razón para dudar que los puntajes se puedan aproximar mediante una Distribución Normal.

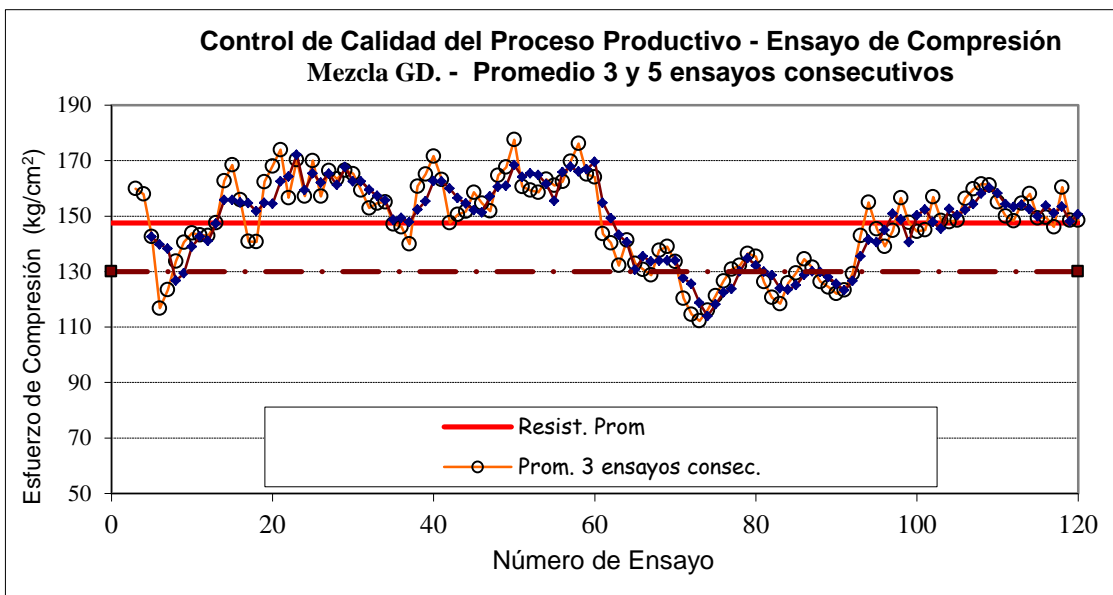
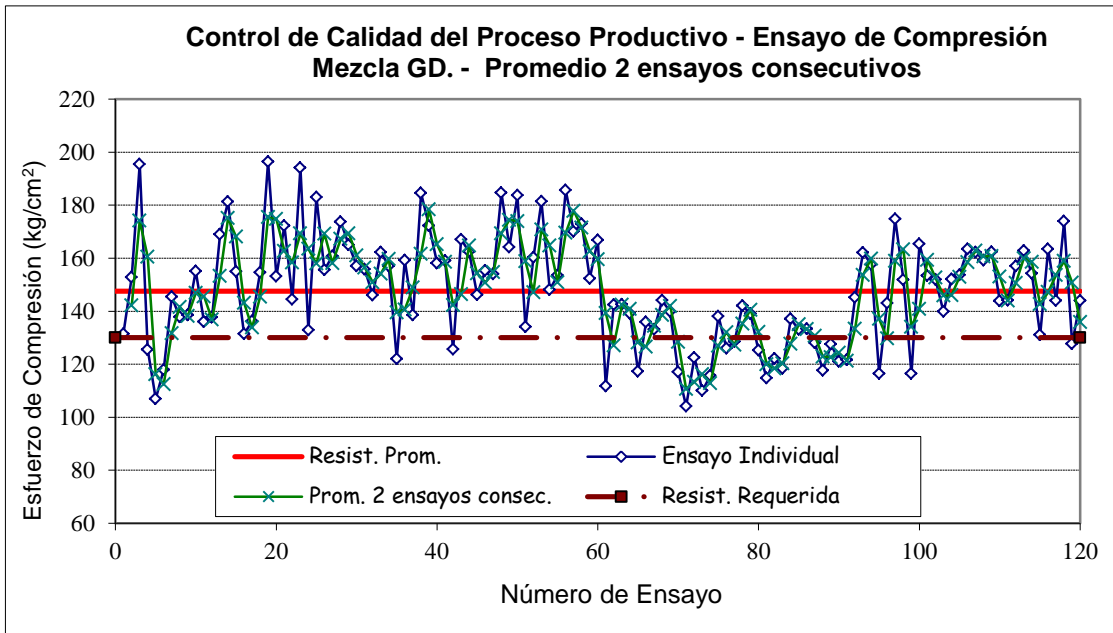
INTERVALOS DE CONFIANZA

Esfuerzo a la compresión - Mezcla GD	N	Media	Desv. Stand.	Nivel de confianza
	120	147.56	20.69	0.950

Esfuerzo a la compresión - Mezcla GD	Z	Error de estimación n	Diferencia Media	Intervalo de Confianza de 95%	
				Inferior	Superior
	1.9600	3.702	147.555	143.85	151.26

$P [143.85391 \leq u \leq 151.25702] = 0.95$

El Esfuerzo a la compresión - Mezcla GD se encuentra entre 143.85391 y 151.25702 con un 95% de confianza



ANEXO 5:

FICHA TÉCNICA SIKA 1

ANEXO 6:

PLANO