

**COMPARACIÓN ENTRE LAS RESISTENCIAS OBTENIDAS MEDIANTE
ENSAYOS DE COMPRESIÓN EN CILINDROS DE MORTERO DE INYECCIÓN
CON: MATERIAL SATURADO, ADITIVOS PLASTIFICANTES Y/O
ACELERANTES.**

**WILLIAM ALEJANDRO LÓPEZ OCHOA
VIVIANA PAOLA BOCANEGRA PINILLA**



**UNIVERSIDAD CATÓLICA DE COLOMBIA
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL
TRABAJO DE INVESTIGACIÓN
BOGOTÁ
2017**

**COMPARACIÓN ENTRE LAS RESISTENCIAS OBTENIDAS MEDIANTE
ENSAYOS DE COMPRESIÓN EN CILINDROS DE MORTERO DE INYECCIÓN
CON: MATERIAL SATURADO, ADITIVOS PLASTIFICANTES Y/O
ACELERANTES.**

**WILLIAM ALEJANDRO LÓPEZ OCHOA
VIVIANA PAOLA BOCANEGRA PINILLA**

Trabajo de Grado para optar al título de Ingeniero (a) civil

**Director
MARISOL NEMOCÓN RUIZ
Ingeniero civil**



**UNIVERSIDAD CATÓLICA DE COLOMBIA
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL
TRABAJO DE INVESTIGACIÓN
BOGOTÁ
2017**



Atribución-NoComercial-SinDerivadas 2.5 Colombia (CC BY-NC-ND 2.5 CO)

Esto es un resumen legible por humanos del [Texto Legal \(la licencia completa\)](#).

[Advertencia](#)

Usted es libre de:



Compartir - copiar, distribuir, ejecutar y comunicar públicamente la obra

Bajo las condiciones siguientes:



Atribución — Debe reconocer los créditos de la obra de la manera especificada por el autor o el licenciente (pero no de una manera que sugiera que tiene su apoyo o que apoyan el uso que hace de su obra).



No Comercial — No puede utilizar esta obra para fines comerciales.

Nota de aceptación

MARISOL NEMOCÓN RUIZ
Directora de Proyecto

Firma del presidente del Jurado

Firma del jurado

Firma del jurado

Bogotá, 17 de Abril de 2017

Gracias
William Alejandro López Ochoa

Primero quiero dar gracias a DIOS por permitirme tener una familia que ha sido mis cimientos en el desarrollo de mi formación personal y profesional, mis padres con su experiencia en la vida enfocaron su amor y dedicación a la construcción de valores fortalezas y desarrollo de mis capacidades para poder desarrollar mis sueños y expectativas, mi hermana que ha enfocado mis sueños a ser un ejemplo para ella apoyándome en el transcurso de mi carrera.

Seguido agradezco a mi compañera de trabajo de grado con ella enfocamos en un periodo de la carrera y un apoyo importante para lograr expectativas de culminar los estudios de educación superior, a la Universidad Católica de Colombia de permitimos vivir una experiencia educativa personal y profesional.

Para culminar agradezco a los docentes que hicieron parte de mi formación profesional dándome las bases de mi carrera abriéndome un mundo laboral de gran reconocimiento, a nuestra tutora de tesis que nos guio y enfoco nuestro interés en el tema desarrollado, a la empresa AMARILO SAS obra FARO ALEJANDRIA que nos permitió el uso de sus instalaciones para el desarrollo de trabajo de campo con ayuda del laboratorio de la empresa CONCRESERVICOS SAS , gracias a ellos que recibimos apoyo en el desarrollo de este proyecto.

Inicialmente agradezco a Dios por permitirme vivir y lograr convertirme en profesional; a la Universidad Católica de Colombia por haberme aceptado como estudiante para ser parte de ella a los diferentes docentes que me brindaron sus conocimientos y dejan como resultado cada uno de mis conocimientos.

Agradezco a mi esposo, hijo, padres y hermanos, por ser la fuente de apoyo constante y ser mi mayor motivación, por estar conmigo en los momentos en los que intente desfallecer y que ahora puedo culminar mi profesión.

Por último quiero agradecer a todas las personas que en alguna manera me brindaron su apoyo incondicional y fueron participes en culminar mi carrera profesional.

Viviana Paola Bocanegra Pinilla

Tabla de contenido

1.	INTRODUCCIÓN	15
2.	ANTECEDENTES	16
3.	PLANTEAMIENTO FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	18
4.	OBJETIVOS	19
	4.1.General.....	19
	4.2.Específicos.	19
5.	JUSTIFICACIÓN	20
6.	DELIMITACION	21
7.	MARCO REFERENCIAL.....	22
	7.1.Marco Teórico	22
	7.2.Marco Conceptual	24
8.	METODOLOGÍA.....	26
9.	LABORATORIO Y EQUIPOS.....	27
	9.1.Especificaciones de Laboratorio	27
	9.2.Dosificación de Materiales	27
	9.3.Proceso de Producción.....	27
	9.4.Equipos	28
10.	MATERIAS PRIMAS ELABORACIÓN DE MORTEROS	32
	10.1. Cemento.....	32
	10.2. Agregado Fino.....	32
	10.3. Agregado Grueso	32
	10.4. Aditivos para Mortero.....	33
	10.4.1. Acrilcor - 50	33
	10.4.2. SikaLatex	33
11.	DEFINICIÓN DE ESPECIFICACIONES DEL MUESTREO DE LAS MEZCLAS	34
12.	ELABORACIÓN DEL MUESTREO CILINDRICO DE LAS MEZCLAS DE MORTEROS	35
13.	DISEÑO DE MEZCLA DEL MORTERO	37

14.	EJECUCIÓN DE ENSAYOS	39
15.	RESULTADOS	44
16.	ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	54
17.	CONCLUSIONES.....	65
18.	RECOMENDACIONES	66
19.	BIBLIOGRAFIA.....	67
20.	ANEXOS.....	69

TABLA DE FOTOS

Foto 1 Moldes para la toma de muestras.....	29
Foto 2 Martillo de goma	29
Foto 3 Báscula	30
Foto 4 Máquina ensayo de resistencia a la compresión	31
Foto 5 Elaboración de cilindros.....	35
Foto 6 Desencofrado de las muestras	36
Foto 7 Báscula con el cilindro a fallar	41
Foto 8 Cilindros medidos para falla.....	41
Foto 9 Ensayo de compresión	42
Foto 10 Falla del cilindro carga ultima	43

LISTA DE TABLAS

Tabla 1 Clasificación de los morteros, características y dosificación en partes por volumen	22
Tabla 2 Clasificación y dosificación por volumen de los morteros de rellenos o inyección	23
Tabla 3 Mezcla de mortero convencional	38
Tabla 4 Programación de muestras y fallas mortero saturado.....	39
Tabla 5 Programación de muestras y fallas mortero Plastificante	40
Tabla 6 Programación de muestras y fallas mortero Acelerante.....	40
Tabla 7 Resultados mortero Saturado - 7 días	45
Tabla 8 Resultados mortero Acrilcor - 7 días	46
Tabla 9 Resultados mortero SikaLatex - 7 días	47
Tabla 10 Resultados mortero Saturado - 14 días	48
Tabla 11 Resultados mortero Acrilcor - 14 días	49
Tabla 12 Resultados mortero SikaLatex - 14 días	50
Tabla 13 Resultados mortero Saturado - 28 días	51
Tabla 14 Resultados mortero Acrilcor - 28 días	52
Tabla 15 Resultados mortero SikaLatex - 28 días	53

LISTA DE GRÁFICAS

Gráfica 1 Resultados mezcla Saturado - 7 días.....	55
Gráfica 2 Resultados mezcla Saturado - 14 días.....	56
Gráfica 3 Resultado mezcla Saturado - 28 días.....	56
Gráfica 4 Cilindro 4 muestra Saturado 7, 14 y 28 días	57
Gráfica 5 Curva patrón mezcla mortero	57
Gráfica 6 Resultados mezcla Acrilcor - 7 días	58
Gráfica 7 Resultados mezcla Acrilcor -14 días	59
Gráfica 8 Resultados mezcla Acrilcor - 28 días	59
Gráfica 9 Cilindro 2 muestra Acrilcor 7,14 y 28 días	60
Grafica 10 Curva patrón mezcla mortero	60
Gráfica 11 Resultados mezcla SikaLatex – 7 días.....	61
Gráfica 12 Resultados mezcla SikaLatex – 14 días.....	62
Gráfica 13 Resultados mezcla SikaLatex – 28 días.....	62
Grafica 14 Cilindro 4 muestra SikaLatex 7,14 y 28 días	63
Grafica 15 Curva patrón mezcla mortero	63
Grafica 16 Muestras saturadas, Acrilcor y SikaLatex 28 días	64

LISTA DE DIAGRAMAS

Diagrama 1 Toma estructura de la muestra.....	34
-----------------------------------------------	----

LISTA DE ANEXOS

Anexo 1 Ficha técnica Acrilcor 50.....	69
Anexo 2 Ficha técnica Cemento gris	70
Anexo 3 Ficha técnica SikaLatex	71

GLOSARIO

A continuación se despliega un glosario basado en el Reglamento Colombiano de Construcción sismo resistente NSR-10 ¹título D en el cual define los términos más importantes que provienen del presente trabajo de investigación:

Aditivo: Es un ingrediente diferente del agua, los agregados, cemento y refuerzos utilizado antes o después de la mezcla del concreto o mortero.

Agregado: Material granular que puede ser piedra triturada, arena o grava y escoria de hierro de alto horno, empleado como un medio de cementante para formar concreto o mortero hidráulico.

Asentamiento: Resultado del ensayo de manejabilidad de una mezcla del contrato

Concreto: Mezcla de cemento portland u otro cemento, con agregado fino o grueso, agua y puede ser con o sin aditivos.

Curado: Es el proceso por el cual el concreto se endurece y adquiere resistencia una vez se coloca en la posición final.

Dosificación de la mezcla: Determinar la combinación más práctica y económica de agregados disponibles de cemento y agua y ciertos aditivos con el fin de producir una mezcla adecuada para la manejabilidad.

Encofrado: Molde con las dimensiones y forma de los elementos estructurales en los cuales se ubican los refuerzos y se vierte el concreto.

Mortero: Mezcla de material cementante, agregados (arena), agua y aditivos con la consistencia adecuada para ser colocado sin segregación en las celdas.

Muro estructural: Estructura cuya longitud es considerable con relación a la longitud del espesor, que soporta cargas adicionales a las del peso propio

Plasticidad: Propiedad que tiene el mortero de pega para extenderse sobre una superficie sin perder la uniformidad.

Resistencia a la compresión: Resistencia mínima nominal a la compresión de acuerdo al su diseño.

Retención de agua: Capacidad del mortero para evitar la pérdida de la humedad para así mantener el estado plástico.

¹ Reglamento Colombiano de Construcción sismo resistente NSR-10 (1997) TITULO D

1. INTRODUCCIÓN

Dentro de las construcciones verticales, las técnicas utilizadas empíricamente se han venido normatizando a medida de la evolución y crecimiento urbanístico en masa que presentan las zonas urbanas y rurales más relevantes de Colombia, una de las técnicas con mayor uso y que ya se encuentra tecnificada es el mortero premezclado para mampostería, el cual se ha utilizado sin un control estricto por parte del constructor.

De acuerdo con la normatividad vigente Norma técnica Colombiana NTC 3356², morteros premezclados para mampostería y el Reglamento de construcción sismo resistentes, NSR-10³, el desarrollo del mortero ha sido utilizado en el proceso constructivo en la rama de la mampostería, sin contar con debida evaluación de la resistencia en condiciones variables con materiales granulares alterados y aplicación de aditivos donde su comportamiento varia; aún se cuenta con muy pocos métodos estándar o bien establecidos para evaluarlos y así llegar a una preparación, caracterización y evaluación adecuada, es así que antes de ejecutar cualquier proyecto se debe realizar todo tipo de ensayos y pruebas que puedan determinar el comportamiento de los elementos utilizados en la estructura.

En este trabajo, de acuerdo con la reglamentación vigente en Colombia, se realizará la toma de muestras de los morteros de inyección en tres diferentes condiciones: saturado, con aditivos plastificantes y acelerante, estas muestras se tomarán en cilindros cuyas dimensiones son de 75 mm de diámetro y 150 mm de altura cumpliendo con las especificaciones de la norma técnica colombiana NTC 3356 numeral 3⁴, clasificación tabla 1; para realizar el respectivo ensayo de compresión, el cual determina la resistencia del mortero.

² NORMA TECNICA COLOMBIANA NTC 3356. Mortero premezclado para mampostería (2000). p 4-15

³ NSR-10, op. cit., p.14

⁴ NTC 3356, op. cit., p.14

2. ANTECEDENTES

En Colombia los morteros han sido utilizados ampliamente en el sector de la construcción, según estos se componen de arena de río y cemento Portland, obteniendo altas resistencias a la compresión y las condiciones de uso para trabajarlos varían de acuerdo con la proporción de cemento y arena utilizados, la mezcla se realiza directamente en obra primero con el cemento, la arena y luego se adiciona el agua, teniendo en cuenta que entre el amasado y la colocación sea en el menor tiempo posible, de acuerdo con Gutiérrez (2003)⁵, la calidad de estos morteros depende de las características de la arena empleada si esta se utiliza con arenas con bajo contenido de limo o arcilla, puede darle mayor trabajabilidad pero no son muy resistentes; si se realiza con poco cemento esta mezcla se hace áspera y poco trabajable.

Para llevar un control de la producción de estos morteros, la Norma Colombiana de Diseño y Construcción Sismo Resistente (NSR-10)⁶, título D.3.5, exige, al igual que en el concreto comprobar, demostrar y documentar el cumplimiento de las normas y especificaciones de los morteros a través de ensayos. Los ensayos de los morteros deben cumplir con la norma NTC 3356⁷, con el procedimiento de toma de muestras y la resistencia a la compresión dando cumplimiento a los 28 días sobre las muestras (cilindros).

La norma NTC 3356⁸ establece tres de morteros tipo M, los cuales son una mezcla de alta resistencia, tipo S proporciona la mayor resistencia a la adherencia y tipo N mortero multipropósito para uso de las estructuras de mampostería, de acuerdo con el tipo de mortero se realiza una clasificación según las características mecánicas y físicas, con lo cual indica la máxima resistencia a la compresión esperada, se plantea realizar una comparación para determinar la variación en la resistencia si las condiciones en los morteros de inyección cambian, y así mejorar el diseño de mezcla para que sean utilizados en las construcciones de estructuras de mampostería en elementos no estructurales.

En la actualidad no se cuenta con una normatividad vigente para la regulación de este tipo de morteros utilizados en obra, existen ensayos los cuales dan parámetros a seguir para una mezcla en condiciones óptimas pero en la realidad la producción se encuentra a cargo del oficial de la obra de acuerdo a los requerimientos que esta requiere.

⁵ Gutiérrez de López, Libia (2003) El concreto y otros materiales para la construcción. Universidad Nacional de Colombia, Manizales, Colombia – Parte 5. p 115-129

⁶ NSR-10, Op. cit., p.14

⁷ NTC 3356, Op. cit., p.15

⁸ Ibid., p.15

Palabras claves: Aditivo, Compresión, Mortero.

3. PLANTEAMIENTO FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

El mortero de cemento Portland, según Sánchez (1987) ⁹carece de plasticidad, contiene baja retención de agua, es más duro y menos trabajable que el cemento Portland adicionado con cal; por otro lado los morteros con cemento Portland y arena tienen una alta resistencia a la compresión y una baja retención de agua con lo que un muro que sea construido con este tipo de mortero tendrá una buena resistencia, pero será vulnerable al agrietamiento y a la penetración del agua.

Se indica realizar una mezcla la cual contienen cemento Portland, agua, agregados fino, agregado grueso y aditivos plastificantes y/o acelerante, para determinar la resistencia a la compresión de un mortero de inyección para mampostería, por medio de toma de muestras en cilindros hasta llevarlos al punto de rotura en edades establecidas para así determinar la curva de evolución de resistencia y con esto llevar un control del comportamiento de este mortero para dar cumplimiento de la normatividad o en dado caso tener presente muestras que trasciendan y afecten el proceso constructivo.

De acuerdo con lo expuesto anteriormente ¿Qué resistencia a la compresión se obtienen mediante ensayos de compresión a cilindros de mortero de inyección con: material saturado, aditivos plastificantes y/o acelerante?

⁹ Sánchez de Guzmán, Diego. Tecnología del concreto y del mortero. Universidad Javeriana. Facultad de Ingeniería. Bogotá. 1987. P. 147 - 162

4. OBJETIVOS

4.1. General.

Realizar la comparación con el ensayo de compresión a morteros de inyección con material granular saturado, aditivos plastificantes y retardantes para determinar la variación de las resistencias en estas condiciones.

4.2. Específicos.

- Valorar el comportamiento en las resistencias desarrolladas respecto al tipo de aditivo y condiciones del mortero.
- Establecer de acuerdo con las técnicas ya establecidas las condiciones óptimas del material granular que favorecen la resistencia del mortero de inyección.
- Determinar las ventajas y desventajas de la utilización de diversos plastificantes en los morteros de inyección.

5. JUSTIFICACIÓN

De acuerdo con la norma técnica colombiana NTC 3356¹⁰, se debe tener en cuenta los parámetros para la elaboración de morteros los cuales deben cumplir con las especificaciones descritas el numeral 5 en cuanto a los materiales utilizados con las especificaciones por proporción o por propiedades. Es por ello que se realiza el análisis a los morteros húmedo de larga duración tipo M (resistencia 17.5 MPa) para el vertido de dovelas y columnetas los cuales están compuestos por material cementante, agregados y agua.

Para la producción de morteros utilizado en el proyecto FARO de la empresa AMARILLO SAS, se adiciona aditivos a la mezcla como lo son Acrilcor y SikaLatex para mejorar las características y propiedades, y de acuerdo con esto se evidencia que el comportamiento es diferente en el material y por ello que se requiere realizar un análisis por medio del ensayo a la compresión para determinar las características de la mezcla en cuanto a resistencia, que cumplan con los requerimientos exigidos para su uso.

¹⁰ NTC 3356, Op. cit., p.15

6. DELIMITACION

Las muestras se realizaran en el laboratorio de CONCRESERVICIOS SAS ubicado en el proyecto FARO de la empresa AMARILLO SAS; se efectuarán tres muestras semanales de las diferentes condiciones de los morteros:

- Mortero con material granular saturado de resistencia de diseño 17,5 MPa a 28 días, sin aditivo
- Mortero con material granular no saturado de resistencia de diseño 17,5 MPa a 28 días, con aditivo plastificante Acrilcor 50 (Adherente y resistente con mayor trabajabilidad con mejoramiento de las propiedades mecánicas)
- Mortero con material granular no saturado de resistencia de diseño 17,5 MPa a 28 días, con aditivo plastificante SikaLatex (Acelerante de alta resistencia permeable)

Se realizarán 10 muestras por cada mortero anteriormente mencionado, los cuales comprenden 8 muestras cada una, estos testigos se fallarán en el laboratorio del proyecto subcontratado por el laboratorio CONCRESERVICIOS SAS en los periodos de tiempo: 7, 14 y 28 días, con el ensayo de compresión simple.

Para el desarrollo del proyecto se tienen en deben tener en cuenta las siguientes limitaciones:

- La reglamentación de seguridad laboral de la obra para el ingreso de personal no perteneciente a la misma, la cual se debe solicitar un permiso especial para que los estudiantes puedan estar presente en los ensayos para recopilar los datos obtenidos, los ensayos se realizarán con el personal certificado y autorizado por el laboratorio.
- El equipo que se va a utilizar puede presentar problemas para realizar el ensayo o este en mantenimiento.
- Los materiales utilizados en la mezcla no estén en la obra
- El personal certificado y autorizado para realizar el ensayo no se encuentre en la obra.
- Los horarios en los cuales se realicen las fallas se cruce con los horarios laborales de los estudiantes y no cuenten con los respectivos permisos.

7. MARCO REFERENCIAL

7.1. Marco Teórico

En la construcción uno de los materiales utilizados para la mampostería estructural es el mortero el cual puede ser de pega o de relleno en las celdas de los muros, y este a su vez cumple una función estructural que se destina al recubrimiento como pañete o revoque; Gutiérrez (2003) ¹¹ describe cada mortero con las cualidades y las características que poseen.

Según el autor, el mortero de pega tienen cualidades diferentes a los morteros usados para otro tipo de construcción ya que está sometido a las condiciones especiales del sistema constructivo, y una resistencia adecuada ya que deben absorber esfuerzos de tensión y compresión. Los morteros de pega cumplen con las especificaciones de la norma NTC 3329 ¹² (ASTM C270) y de acuerdo a la NRS-10 ¹³ título D, los morteros de pega deben tener buena plasticidad, consistencia y ser capaces de retener el mínimo de agua para que el cemento se encuentre hidratado y adicional se pueda garantizar la adherencia. Se realiza la clasificación de los morteros. En la tabla D.3-1 se ilustra la información.

Tabla 1 Clasificación de los morteros, características y dosificación en partes por volumen

Mortero tipo	Resistencia a la Compresión f'_{cp} MPa ⁽¹⁾	Flujo Mínimo ⁽²⁾	Retención Mínima de Agua % ⁽²⁾	Cemento Portland	Cal hidratada	Cemento para Mampostería	Arena/Material Cementante	
							Min.	Máx.
M	17.5	120%	75%	1	0.25	no aplica	2.25	3.0
				1	no aplica	1	2.25	2.5
S	12.5	115%	75%	1	0.25 a 0.50	no aplica	2.50	3.5
				0.5	no aplica	1	2.50	3.0
N⁽³⁾	7.5	110%	75%	1	0.50 a 1.25	no aplica	3.00	4.5
				0	no aplica	1	3.00	4.0

Notas:

- (1) Ensayo de resistencia a la compresión a 28 días en cubos de 50 mm de lado (o en cilindros de 75 mm de diámetro, por 150 mm de altura, correlacionando sus resultados a los de cubos como referencia)
- (2) Ensayo realizado según NTC 4050 (ASTM C91)
- (3) El mortero tipo N solo se permite en sistemas con capacidad mínima de disipación de energía en el rango inelástico (*DMI*)

Fuente 1 NSR-10 Mortero de pega TABLA D.3-1

Los morteros de inyección o relleno según Gutiérrez (2003)¹⁴, son utilizados para llenar las celdas de los elementos en la mampostería estructural al igual que el mortero de pega estos deben tener una resistencia adecuada y deben cumplir con la norma NTC 4048 ¹⁵ (AST C476), la cual indica que deben tener una buena

¹¹ Gutiérrez, Op. cit., p.16

¹² NORMA TECNICA COLOMBIANA NTC 3329 Ingeniería civil y arquitectura mortero para mampostería. ICONTEC (primera actualización) p. 1-26

¹³ NSR-10, Op. cit., p.15

¹⁴ Gutiérrez, Op. cit., p.16

¹⁵ NORMA TECNICA COLOMBIANA NTC 4048 Concretos, Mortero de inyección (grouts)

consistencia y una fluidez suficiente para penetrar las celdas de inyección sin segregación; el reglamento de construcciones sismo resistentes NRS-10¹⁶, título D, indica que los morteros de relleno se deben basar en ensayos previos de laboratorio basados en el procedimiento para la toma de muestras que se indica en la norma NTC 4043 ¹⁷(ASTM C1019), o con la experiencia que se obtiene en campo en obras similares. La clasificación se basa en la dosificación mínima la cual se indica en la tabla D.3-2 detallada a continuación:

Tabla 2 Clasificación y dosificación por volumen de los morteros de rellenos o inyección

Tipo de Mortero	Cemento	Agregados/Cemento			
		Fino		Gruoso (tamaño < 10 mm)	
	Portland	Min.	Máx.	Min.	Máx.
Fino	1	2.25	3.5	-	-
Gruoso	1	2.25	3.0	1.0	2.0

Fuente 2 NSR-10 Mortero de pega TABLA D.3-2

El autor complementa que existen otros morteros de recubrimiento, que cumplen una función de arreglo no estructural, o la de arreglar una superficie uniforme para aplicar la pintura y esta no requieren una resistencia determinada y la plasticidad es muy importante para estos morteros,

Los aditivos en los morteros según Sánchez (1987)¹⁸, alteran las propiedades tanto físicas como químicas, aunque se tiene poca información de efecto que producen los aditivos sobre la adherencia del mortero en cuanto a la resistencia a la compresión o retención de agua; el autor concluye que estas mezclas con aditivos deben ser usados en la obra una vez se realicen las pruebas en el laboratorio bajo condiciones similares a las de uso.

El aditivo acelerante, según el autor reduce el tiempo de fraguado y aumenta la resistencia a edades tempranas; este se limita a climas muy fríos ya que el tiempo de fraguado demora y así disminuye el rendimiento, en cuanto a los retardantes esos aumentan la manejabilidad del mortero hasta por 5 horas y también ayuda a que se retenga el agua de la mezcla eliminando la necesidad de refrescarlo.

El requerimiento del agua en los morteros es muy diferente de los del concreto en donde se requiere una baja relación agua/cemento; esto se debe a que no toda la

¹⁶ NSR-10, Op. cit., p.15

¹⁷ NORMA TECNICA COLOMBIANA NTC 4043. Método de ensayo para el muestreo y ensayos de mortero de inyección (grout) ICONTEC (2000). p 2-10

¹⁸ Sánchez, op. cit., P.18

mezcla del mortero se utiliza en una sola operación y esto hace necesario una adición de agua dentro de un tiempo límite permitido y este procedimiento se realiza para refrescar el mortero recuperando así la consistencia inicial, a pesar que disminuye la resistencia a la compresión, este mortero no se debe utilizar más allá de 2:30 h después de realizar la mezcla.

7.2. Marco Conceptual

La normatividad vigente para el desarrollo de este trabajo se basa en la que se relaciona a continuación:

La norma NTC 3546¹⁹, describe el procedimiento para muestrear y ensayar morteros, para evaluar la composición y las propiedades en estado plástico y endurecido; en la NRS-10 ²⁰título D.3.4 Mortero de pega establece las probetas utilizadas para los ensayos previos en laboratorio en cubos de 50 mm de lado o en cilindros de 75 mm de diámetro por 150 mm de altura.

Los materiales utilizados para la mezcla del mortero los cuales se definen a continuación:

Aditivos: Los aditivos se rigen bajo la norma NTC 1299 ²¹la cual es una adopción idéntica de la norma ASTM 494/c 494m – 05^a, esta comprende los materiales que se usan como aditivos químicos en mezcla; los aditivos utilizados tipo B retardantes el cual retarda el fraguado del concreto y tipo C acelerantes el cual acelera el fraguado y el desarrollo de resistencia temprana del concreto.

Agregados: Los agregados utilizados para morteros se rigen bajo la norma NTC 2240²², la cual establece los límites que debe cumplir la granulometría empleada dependiendo si se utiliza arena natural o triturada; este agregado no debe contener más del 50% del material retenido en dos tamices consecutivos, y no más del 25% entre el tamiz 300 (No. 50) y el tamiz 150 (No. 100).

Agua: El agua debe cumplir con la Norma NTC 3459²³, la cual establece que debe ser clara y de apariencia limpia, libre de cantidades perjudiciales de aceites, ácidos,

¹⁹ NORMA TECNICA COLOMBIANA NTC 3546 Método de ensayo para determinar la evaluación en laboratorio y en obra, de morteros para unidades de mampostería simple y reforzada. ICONTEC (2003). p 15-37

²⁰ NSR-10, op. cit., p.15

²¹ NORMA TECNICA COLOMBIANA NTC 1299 Concretos. Aditivos químicos para concreto. ICONTEC 2008.

²² NORMA TECNICA COLOMBIANA NTC 2240 Agregados usados en morteros de mampostería. ICONTEC 1994

²³ NORMA TECNICA COLOMBIANA NTC 3459 Agua para la elaboración de concreto. INCONTEC 2001 p3-7

sales, materiales orgánicos y otras sustancias que puedan ser dañinas para el concreto o el refuerzo.

Material cementante: Cemento Pórtland el cual debe cumplir la reglamentación de la norma NTC 121²⁴ y NTC 321²⁵, la cual establece los requisitos físicos y mecánicos que deben cumplir los tipos de cemento Pórtland (uso general, alta Resistencia temprana, moderada o alta resistencia al ataque de sulfatos, moderado o bajo calor de hidratación y baja reactividad con el álcali de los agregados)

²⁴ NORMA TECNICA COLOMBIANA NTC 121. Ingeniería civil y arquitectura cemento pórtland. Especificaciones físicas y mecánicas. ICONTEC (1982). p 1-7

²⁵ NORMA TECNICA COLOMBIANA NTC 321. Ingeniería civil y arquitectura cemento pórtland. Especificaciones Químicas. ICONTEC (1982). p 3-6

8. METODOLOGÍA

A continuación se describe la metodología en la cual se desarrollará el proceso a la investigación para el análisis del ensayo de compresión a tres tipos de morteros con unas variaciones en las especificaciones y componentes:

- Se analizará las materias primas requeridas para el desarrollo del mortero, procedencia de cada una de las materias primas, aditivos (NTC 1299²⁶), agregados (NTC 2240²⁷), agua (NTC 3459²⁸) y cemento (NTC 121²⁹).
- Se procederá con el análisis y elaboración del diseño teniendo en cuenta las características y procedencia de los materiales según la norma (NTC 3356³⁰).
- Se determinara la dosificación de la mezcla a evaluar luego de ejecutar una serie de ensayos necesarios especificados en la norma antes mencionada, donde para la elaboración de un metro cubico se necesitará 250 kg de cemento, 1029 kg arena de rio de la cantera de Tocancipá la María ,816 kg de grava $\frac{3}{4}$ de la cantera de Tocancipá la María y 150kg de agua, esta dosificación se genera para lograr una resistencia de diseño de 17.5 MPa.
- Se tomaran los muestreos de cada uno de los especímenes de mortero en forma cilíndrica (NTC 3546³¹), cumpliendo el cronograma de muestreo y numeración consecutiva de cada condición de la mezcla, en el caso de la mezcla que se le adiciona plastificante o acelerante dosificando la cantidad requerida según ficha técnica del producto.
- Los especímenes se ingresaran a una piscina de curado garantizando las condiciones óptimas para el fallo de los cilindros con esto asegurar llegar a la resistencia de diseño según la dosificación de la mezcla.
- Se realizará el ensayo de compresión de cada una de las muestras de los tres tipos de mortero cumpliendo recomendaciones conforme la aplicación de una carga inicial con el fin de mitigar la dispersión de carga súbita y arrojar datos errados al someter los cilindros a una carga última o de rotura.
- Se llevará a cabo el análisis de resultados obtenidos por el ensayo de compresión.
- Recomendaciones
- Conclusiones

²⁶ NTC 1299, op. cit. p.24

²⁷ NTC 2240, op. cit. p.24

²⁸ NTC 3459, op. cit. p.25

²⁹ NTC 121, op. cit. p.25

³⁰ NTC 3356, op. cit., p.14

³¹ NTC 3546, op. cit. p.24

9. LABORATORIO Y EQUIPOS

9.1. Especificaciones de Laboratorio

El desarrollo de los morteros se llevó a cabo en la obra FARO ALEJANDRÍA de la constructora AMARILO. Localizada en la calle 161 # 54 -35. Esta obra cuenta con el laboratorio encargado en la toma y falla de muestras de mortero y concreto quien es operado por la empresa CONCRESERVICIOS SAS; la obra y el laboratorio están adecuados con las especificaciones operativas y técnicas para la ejecución de la producción de mortero (NTC 3356³²).

Los sectores para el acopio de materia prima como aditivos agregados están separados y almacenados de forma adecuada.

9.2. Dosificación de Materiales

La relación de dosificación de cada uno de los componentes para el desarrollo del mortero que cumple con las condiciones y recomendaciones de la norma NTC 3356³³, se detallan a continuación.

- La cantidad total de agua para el diseño se contempla por la sumatoria del agua que se adiciona a la mezcla, el agua contenida por la humedad de los agregados y el agua de los aditivos para cumplir con la plasticidad, esta medida se determina por el volumen y contempla una precisión de un $\pm 4.00\%$ de la cantidad requerida .
- Los agregados y cemento se miden por medio de su masa, y se debe contemplar la humedad de cada uno de los materiales; la báscula debe estar calibrada con una diferencia y margen de error de $\pm 2.00\%$. Los agregados constarán de granulares no superiores a los $\frac{3}{4}$ de pulgada.
- Los aditivos están relacionados según sus especificaciones, de acuerdo con el desarrollo de la investigación de mezcla para la producción de morteros (Acrilcor y SikaLatex).

9.3. Proceso de Producción

La obra FARO ALEJANDRÍA cuenta con un trompo de giro estacionario, el cual permite una mezcla homogénea del cemento y los agregados, el mezclado tiene

³² NTC 3356, op. cit., p.14

³³ Ibid., p.15

que ser de carácter manual bajo la operación de personal capacitado, tanto el agua como los aditivos se mezclan al momento de la utilización del mortero.

- El cemento es almacenado en una bodega apta para mantener las condiciones óptimas y conservar el material, los bultos de Cemento cuentan con una capacidad de 50 Kg (Cemento ARGOS)
- Los agregados están seleccionados según el tipo de granulometría y tamaño de sus partículas (granular inferior o igual a $\frac{3}{4}$ de pulgada), los agregados se son suministrados de la cantera LA MARIA, ubicada en el departamento de Cundinamarca (Tocancipá).
- Los aditivos se referencian con el siguiente nombre y casa distribuidora, Acrilcor - 50 (CORONA) y SikaLatex (SIKA), cada uno de los aditivos a utilizar se mezclan manualmente.
- El cargue del agua se realiza por medio de una red de suministro proveniente de un tanque de almacenamiento que cumple las condiciones requeridas.

Para el desarrollo de las mezcla se debe realizar la dosificación de agregados y del producto cementante en una mezcla homogéneamente en seco con ayuda de un trozo mecánico con capacidad de 2.5 m³, con el fin de evitar que los agregados queden sin componente cementante al momento de verter el agua, y obtener mayor manejabilidad del mortero cuando inicie la reacción de la mezcla con el agua.

9.4. Equipos

Los equipos implementados para el desarrollo de la mezcla y la toma de muestras de los morteros a evaluar, se detallan a continuación:

- Los equipos utilizados para el muestreo de los morteros:

24 moldes cilíndricos con diámetro de 75 mm y una altura de 150mm (PVC) (foto 1), un martillo de goma (chapulín) (foto 2), con peso de 0.60kg \pm 0.20kg, una varilla compactadora lisa de diámetro de 10 mm y longitud de 300 mm (NTC 1377)

Foto 1 Moldes para la toma de muestras



Fuente 3 Elaboración propia

Foto 2 Martillo de goma



Fuente 4 Elaboración propia

- Equipo utilizado para el ensayo de resistencia a la compresión:

Una báscula (foto 3) para realizar el peso de los especímenes a evaluar, una máquina de compresión (foto 4) la cual genera una carga continua sin simulador de impacto (la calibración de la máquina fue el 14 de septiembre del 2016) empresa METROTEST, laboratorio de metrología (especializada en certificación y calibración de equipos).

Foto 3 Báscula



Fuente 5 Elaboración propia

Foto 4 Máquina ensayo de resistencia a la compresión



Fuente 6 Elaboración propia

- Herramienta menor de uso laboral

Flexómetro, elementos de protección personal (botas punta de acero, guantes, tapabocas, tapa oídos, casco), pala manual de capacidad de 1 ½ libras, espátula, carretilla y guantes de caucho caña larga.

10. MATERIAS PRIMAS ELABORACIÓN DE MORTEROS

A continuación se detalla la procedencia de cada uno de las materias primas utilizadas para la elaboración de morteros premezclados de inyección, de acuerdo con las especiaciones establecidas en las normas NTC 3356³⁴, NTC 121³⁵ y NTC 2240³⁶, los ensayos del diseño de la mezcla se ejecutaron en el mes de diciembre del año 2016.

10.1. Cemento

Cemento gris portland tipo I de acuerdo con la norma NTC 121³⁷ y norma NTC 321³⁸ de uso general producido por cemento ARGOS S.A está elaborado por la trituración y molienda de yeso, Clinker y ceniza mejorando el proceso de fraguado y garantizando una resistencia optima en sus usos.

Los usos principales son para concretos que requieran altos desempeños en cortas edades, concretos que sus desencofre sea prolongado, morteros de mampostería etc. (ficha técnica CEMENTO GRIS TIPO 1 ARGOS).

Los agregados se son suministrados de la cantera LA MARIA, ubicada en el departamento de Cundinamarca (Tocancipá).

10.2. Agregado Fino

El agregado fino para la producción de morteros “arena fina” se obtiene por medio de proceso natural con esto garantizar las propiedades de la mezcla de este tipo de mortero.

10.3. Agregado Grueso

Por medio de la producción de morteros premezclados de inyección el agregado es extraído de manera natural por medio de la trituración de material granular de procedencia sedimentaria especificación de 11.1 mm y 18.0 mm con esto

³⁴ NTC 3356, op. cit., p.14

³⁵ NTC 121, op. cit. p.25

³⁶ NTC 2240, op. cit. p.24

³⁷ NTC 121, op. cit. p.25

³⁸ NTC 321, op. cit. p.25

cumpliendo la normativa NTC 3356 Y 2240 con esto garantizar las propiedades de la mezcla de este tipo de mortero.

10.4. Aditivos para Mortero

Se referencio las características correspondientes de los aditivos que se implementaron para el desarrollo de las mezclas de los morteros a evaluar.

10.4.1. Acrilcor - 50

Este aditivo es una emulsión acrílica o plastificante con altas propiedades relacionadas con la mejora de las cualidades mecánicas de los morteros. Su apariencia de color blanco, líquido lechoso de mucha viscosidad, con densidad de 1040 kg/m^3 . Se debe almacenar en un lugar fresco y ventilado, conservado en su empaque original. No mezclar con materiales ácidos. El producto tiene 6 meses de vigencia a partir de su fabricación, conservado en ambientes secos y en su empaque original. (Ficha técnica acrilcor 50 de Corona); en la mezcla de los morteros a evaluar se agregó el 1% del peso a diseñar.

10.4.2. SikaLatex

Este aditivo es una emulsión a base de resinas simétricas o acelerantes con altas propiedades relacionadas con la mejora de las cualidades mecánicas de los morteros. Su apariencia de color blanco, líquido lechoso de baja viscosidad, con densidad de $1,015 \text{ kg/l}$ Se debe almacenar en un lugar cerrado y no deteriorado en lugares frescos y secos protegido de la radiación del sol directo y de las heladas. (Ficha técnica de SikaLatex), en la mezcla de los morteros a evaluar se agregó este aditivo 400 ml de un metro cúbico de mortero.

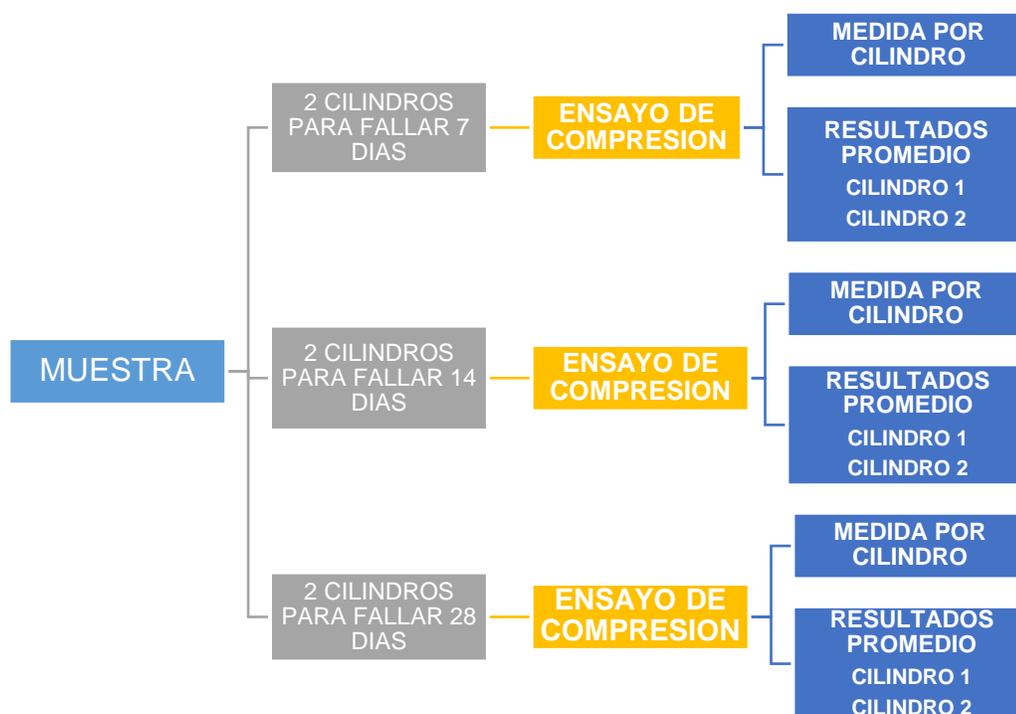
11. DEFINICIÓN DE ESPECIFICACIONES DEL MUESTREO DE LAS MEZCLAS

El tamaño y especificaciones de las muestras se realizó teniendo en cuenta la especificación de la norma NTC 3356³⁹ numeral 3.1 (especímenes) y 10.1.2 (Resistencia a la compresión), esta debe contener mínimo 6 especímenes para garantizar la prueba de la mezcla.

El conjunto de mediciones realizadas se comprendieron en el ensayo de resistencia a la compresión según NTC 3356⁴⁰ numeral 10.1.2 segmento a, b, c y d.

De acuerdo con la normatividad se realizaron 6 tomas de muestras por cada una de las mezclas mortero con plastificante (acrilcor), mortero con acelerante (sikalatex), mortero con agregado saturado. En el siguiente diagrama se describe la toma de una muestra:

Diagrama 1 Toma estructura de la muestra



Fuente 7 Elaboración propia

³⁹ NTC 3356, Op. cit., p.15

⁴⁰ Ibid. cit., p.15

12. ELABORACIÓN DEL MUESTREO CILINDRICO DE LAS MEZCLAS DE MORTEROS

En este segmento se describe la ejecución de la elaboración de las muestras cilíndricas para cada tipo de mortero (todos los especímenes se generan de la misma forma):

- Se realizó el premezclado de cada una de las mezclas a evaluar en un trompo giratorio de capacidad de 2.1 metros cúbicos transcurrido un periodo de 5 minutos, en el premezclado se agrega aditivos y agua.
- Las muestras de mortero se componen de acuerdo con la norma NTC 3356⁴¹ numeral 3 (clasificación) y 10.1.2 8 (resistencia a la compresión), se realiza 10 tomas de muestras (foto 5), para cada tipo de mezcla de mortero a evaluar (para todas las muestras se elaboran 6 cilindros con una dimensión de 75 mm de diámetro, por 150 mm de alto).

Foto 5 Elaboración de cilindros



Fuente 8 Elaboración propia

⁴¹ NTC 3356, op. cit., p.14

- Se desencofra las muestras después de un 24 horas de haber elaborado cada uno de los testigos (foto 6), donde posterior a esto se trasladan las muestras a una piscina con temperatura de 25°C según la norma NTC 3356⁴² y NTC 3546⁴³ (ASTMC 780).

Foto 6 Desencofrado de las muestras



Fuente 9 Elaboración propia

⁴² NTC 3356, op. cit., p.14

⁴³ NTC 3546, op. cit. p.24

13. DISEÑO DE MEZCLA DEL MORTERO

La elaboración de los diseños de mezcla para el estudio del presente trabajo están desarrollados y estudiados por la empresa de laboratorios CONCRESERVICIOS S.A.S, cada uno de los aditivos (plastificante, acelerante) se adicionó a la mezcla según especificaciones técnicas de cada uno de los productos.

El diseño de estos morteros se dio de base para 1 m³ de la mezcla deseada, donde sus componentes se encuentran en condiciones ideales para su elaboración.

El mortero a implementar con los aditivos correspondientes (acelerante y plastificante):

El diseño que se muestra a continuación (tabla 3), es para un mortero óptimo para alcanzar una resistencia de una envergadura de 17.5 MPa a la edad de 28 días de ser mezclado. Con aditivos plastificantes y aditivo acelerante, se tendrá un tamaño máximo de granular de $\frac{3}{4}$ de pulgada, para con esto lograr las condiciones de la mezcla esperada.

Tabla 3 Mezcla de mortero convencional

DISEÑO DE MEZCLA DE MORTEROS CONVENCIONALES											
MEZCLA		N°1		RESISTENCIA DE DISEÑO			175 kg/cm ²				
DOSIFICACION		250		RESISTENCIA CARACTERISTICA			185 kg/cm ²				
		0,48		CONCREO CLASE			21 MPa				
MATERIAL	FUENTE	% AGREGADOS	PESO UNITARIO SUELTO	PESO ESPEC SSS	PESO SSS kg	VOLUMEN (LITROS)	CORRECCION			CANT CORREG. kg/m ³	PROPOCIONES
							% HUMEDAD TOTAL	% HUMEDAD ABSOR	% HUMEDAD LIBRE		
CEMENTO	ARGOS		1,01	3,11	250	81					1 BULTO
ARENA DE RIO	TOCANCIPA - LA MARIA	55	1,5	2,42	1029	425	7,3	4,6	2,7	1057	3
GRAVA 3/4	TOCANCIPA - LA MARIA	45	1,35	2,37	816	344	3,2	1,42	1,78	831	2,2
AGUA			1		150	150				210	24 lt
		100			2245	1000				2098	

Fuente 10 Elaboración propia

14. EJECUCIÓN DE ENSAYOS

Mediante el desarrollo de la investigación se realizaron los ensayos a compresión a los cilindros de mortero a unas edades de la mezcla de 7,14 y 28 días, estos ensayos se elaboraron en el laboratorio ubicado en la obra FARO ALEJANDRÍA de AMARILO.

La totalidad de las muestras estuvieron en una piscina de curado, los cilindros se extraían cumpliendo con la edad de para ser fallados, según programación estipulada.

Tabla 4 Programación de muestras y fallas mortero saturado

No Muestra	No de cilindros elaborados	Descripción Muestra	Sección	Fecha Toma muestra	No de cilindros fallados por día	Fecha Ensayo		
						7 días	14 días	28 días
1	6	Saturado	3" G	16/01/2017	2	23/01/2017	30/01/2017	13/02/2017
2	6	Saturado	3" G	18/01/2017	2	25/01/2017	01/02/2017	15/02/2017
3	6	Saturado	3" G	20/01/2017	2	27/01/2017	03/02/2017	17/02/2017
4	6	Saturado	3" G	23/01/2017	2	30/01/2017	06/02/2017	20/02/2017
5	6	Saturado	3" G	25/01/2017	2	01/02/2017	08/02/2017	22/02/2017
6	6	Saturado	3" G	27/01/2017	2	03/02/2017	10/02/2017	24/02/2017
7	6	Saturado	3" G	30/01/2017	2	06/02/2017	13/02/2017	27/02/2017
8	6	Saturado	3" G	01/02/2017	2	08/02/2017	15/02/2017	01/03/2017
9	6	Saturado	3" G	03/02/2017	2	10/02/2017	17/02/2017	03/03/2017
10	6	Saturado	3" G	06/02/2017	2	13/02/2017	20/02/2017	06/03/2017

Fuente 11 Elaboración propia

Tabla 5 Programación de muestras y fallas mortero Plastificante

No Muestra	No de cilindros elaborados	Descripción Muestra	Sección	Fecha Toma muestra	No de cilindros fallados por día	Fecha Ensayo		
						7 días	14 días	28 días
1	6	Acricor 50	3" G	16/01/2017	2	23/01/2017	30/01/2017	13/02/2017
2	6	Acricor 50	3" G	18/01/2017	2	25/01/2017	01/02/2017	15/02/2017
3	6	Acricor 50	3" G	20/01/2017	2	27/01/2017	03/02/2017	17/02/2017
4	6	Acricor 50	3" G	23/01/2017	2	30/01/2017	06/02/2017	20/02/2017
5	6	Acricor 50	3" G	25/01/2017	2	01/02/2017	08/02/2017	22/02/2017
6	6	Acricor 50	3" G	27/01/2017	2	03/02/2017	10/02/2017	24/02/2017
7	6	Acricor 50	3" G	30/01/2017	2	06/02/2017	13/02/2017	27/02/2017
8	6	Acricor 50	3" G	01/02/2017	2	08/02/2017	15/02/2017	01/03/2017
9	6	Acricor 50	3" G	03/02/2017	2	10/02/2017	17/02/2017	03/03/2017
10	6	Acricor 50	3" G	06/02/2017	2	13/02/2017	20/02/2017	06/03/2017

Fuente 12 Elaboración propia

Tabla 6 Programación de muestras y fallas mortero Acelerante

No Muestra	No de cilindros elaborados	Descripción Muestra	Sección	Fecha Toma muestra	No de cilindros fallados por día	Fecha Ensayo		
						7 días	14 días	28 días
1	6	Sikaflex	3" G	16/01/2017	2	23/01/2017	30/01/2017	13/02/2017
2	6	Sikaflex	3" G	18/01/2017	2	25/01/2017	01/02/2017	15/02/2017
3	6	Sikaflex	3" G	20/01/2017	2	27/01/2017	03/02/2017	17/02/2017
4	6	Sikaflex	3" G	23/01/2017	2	30/01/2017	06/02/2017	20/02/2017
5	6	Sikaflex	3" G	25/01/2017	2	01/02/2017	08/02/2017	22/02/2017
6	6	Sikaflex	3" G	27/01/2017	2	03/02/2017	10/02/2017	24/02/2017
7	6	Sikaflex	3" G	30/01/2017	2	06/02/2017	13/02/2017	27/02/2017
8	6	Sikaflex	3" G	01/02/2017	2	08/02/2017	15/02/2017	01/03/2017
9	6	Sikaflex	3" G	03/02/2017	2	10/02/2017	17/02/2017	03/03/2017
10	6	Sikaflex	3" G	06/02/2017	2	13/02/2017	20/02/2017	06/03/2017

Fuente 13 Elaboración propia

- Cuando los cilindros cumplieron la edad de fallo para realizar el ensayo de compresión, se seleccionaron y se pesaron en una báscula (foto 7) con precisión $\pm 0,1$ g, verificando las condiciones que se encontraban cada uno de los cilindros y así se realizaron la valoración y se dio inicio a la ejecución del ensayo (foto 8).

Foto 7 Báscula con el cilindro a fallar



Fuente 14 Elaboración propia

Foto 8 Cilindros medidos para falla



Fuente 15 Elaboración propia

- Se ejecutó el ensayo de resistencia a la compresión de ejemplares cilíndricos de morteros (foto 9), de forma recomendada de acuerdo con la norma NTC 3356⁴⁴ numeral 10.1.2 donde se especifican los parámetros para la falla de los cilindros.

⁴⁴ NTC 3356, op. cit., p.14

- Se empleó al inicio del ensayo una carga inicial de 10 kN, con el fin de confinar el cilindro a la prensa, evitando que se genere una dispersión de carga y arroje un dato errado al que se quiere evaluar.

Foto 9 Ensayo de compresión



Fuente 16 Elaboración propia

- Se reinicia el desarrollo de la aplicación de carga de compresión, esto se rige a la norma NTC 3356 en el numeral 10.1.2 en la sección C se evalúa la resistencia según los parámetros del numeral 10.1.2 sección D , de la NTC 3356⁴⁵.
- Se toma la carga última aplicada al cilindro a fallar a compresión, según indica la norma NTC 3356⁴⁶ numeral 10.1.2 artículos D y F (foto 10).

⁴⁵ NTC 3356, op. cit., p.14

⁴⁶ NTC 3356, op. cit., p.15

Foto 10 Falla del cilindro carga última



Fuente 17 Elaboración propia

15. RESULTADOS

A continuación se relacionan los datos recopilados en la serie de ensayos de resistencia a la compresión que se realizaron a cada tipo de mezcla de mortero propuesto a evaluar.

Al realizar los ensayos se realizaron los siguientes registros:

- Fecha de ensayo
- Edad de mortero que se somete al ensayo
- Peso (kgf)
- Carga inicial (MPa)
- La carga máxima soportada por cada espécimen MPa

Se detallan las tablas de datos tomados en campo al momento del ensayo de compresión. Donde se denotara las resistencias máximas obtenidas en cada una de las muestras de mortero (estas reflejarán la resistencia a 7 ,14 y 28 días) estos datos nos indican las cualidades de cada una de las mezclas a evaluar.

Tabla 7 Resultados mortero Saturado - 7 días

CILINDRO	Fecha de toma	Fecha de ensayo	Sección	Edad (Días)	Peso (g)	Densidad (g/cm ³)	Carga Máxima (kN)	Esfuerzo (kgf/cm ²)	Esfuerzo (p.s.i)	Esfuerzo (MPa)	PROMEDIO DIA (MPa)	f'c (MPa)	% Desarrollo
1	16/01/2017	23/01/2017	3" G	7	1398	2,01	55	64	914	6,3	6,21	17,5	36
1	16/01/2017	23/01/2017	3" G	7	1503	2,16	53	62	888	6,125		17,5	35
1	16/01/2017	30/01/2017	3" G	14	1331	1,92	87	102	1447	9,975	10,41	17,5	57
1	16/01/2017	30/01/2017	3" G	14	1306	1,88	94	111	1574	10,85		17,5	62
1	16/01/2017	13/02/2017	3" G	28	1318	1,90	125	146	2081	14,35	14,61	17,5	82
1	16/01/2017	13/02/2017	3" G	28	1324	1,91	129	152	2157	14,875		17,5	85
2	18/01/2017	25/01/2017	3" G	7	1461	2,10	44	52	736	5,075	5,16	17,5	29
2	18/01/2017	25/01/2017	3" G	7	1466	2,11	46	54	761	5,25		17,5	30
2	18/01/2017	01/02/2017	3" G	14	1391	2,00	76	89	1269	8,75	8,75	17,5	50
2	18/01/2017	01/02/2017	3" G	14	1383	1,99	76	89	1269	8,75		17,5	50
2	18/01/2017	15/02/2017	3" G	28	1326	1,91	113	132	1878	12,95	13,04	17,5	74
2	18/01/2017	15/02/2017	3" G	28	1321	1,90	114	134	1904	13,125		17,5	75
3	20/01/2017	27/01/2017	3" G	7	1416	2,04	67	79	1117	7,7	7,26	17,5	44
3	20/01/2017	27/01/2017	3" G	7	1421	2,04	59	70	990	6,825		17,5	39
3	20/01/2017	03/02/2017	3" G	14	1327	1,91	113	132	1878	12,95	11,73	17,5	74
3	20/01/2017	03/02/2017	3" G	14	1389	2,00	91	107	1523	10,5		17,5	60
3	20/01/2017	17/02/2017	3" G	28	1391	2,00	151	177	2513	17,325	16,54	17,5	99
3	20/01/2017	17/02/2017	3" G	28	1417	2,04	137	161	2284	15,75		17,5	90
4	23/01/2017	30/01/2017	3" G	7	1402	2,02	87	102	1447	9,975	9,71	17,5	57
4	23/01/2017	30/01/2017	3" G	7	1397	2,01	82	96	1371	9,45		17,5	54

Fuente 18 Elaboración propia

Tabla 8 Resultados mortero Acrilcor - 7 días

CILINDRO	Fecha de toma	Fecha de ensayo	Sección	Edad (Días)	Peso (g)	Densidad (g/cm ³)	Carga Máxima (kN)	Esfuerzo (kgf/cm ²)	Esfuerzo (p.s.i)	Esfuerzo (MPa)	PROMEDIO DIA (MPa)	f'c (MPa)	% Desarrollo
1	16/01/2017	23/01/2017	3" G	7	1643	2,36	143	168	2386	16,45	16,45	17,5	94
1	16/01/2017	23/01/2017	3" G	7	1519	2,19	143	168	2386	16,45		17,5	94
2	18/01/2017	25/01/2017	3" G	7	1515	2,18	152	178	2538	17,5	17,85	17,5	100
2	18/01/2017	25/01/2017	3" G	7	1424	2,05	158	186	2640	18,2		17,5	104
3	20/01/2017	27/01/2017	3" G	7	1451	2,09	163	191	2716	18,725	18,03	17,5	107
3	20/01/2017	27/01/2017	3" G	7	1458	2,10	151	177	2513	17,325		17,5	99
4	23/01/2017	30/01/2017	3" G	7	1395	2,01	160	187	2665	18,375	18,29	17,5	105
4	23/01/2017	30/01/2017	3" G	7	1384	1,99	158	186	2640	18,2		17,5	104
5	25/01/2017	01/02/2017	3" G	7	1414	2,03	195	228	3249	22,4	23,28	17,5	128
5	25/01/2017	01/02/2017	3" G	7	1414	2,03	210	246	3503	24,15		17,5	138
6	27/01/2017	03/02/2017	3" G	7	1555	2,24	193	227	3223	22,225	22,14	17,5	127
6	27/01/2017	03/02/2017	3" G	7	1560	2,24	192	225	3198	22,05		17,5	126
7	30/01/2017	06/02/2017	3" G	7	1437	2,07	155	182	2589	17,85	18,55	17,5	102
7	30/01/2017	06/02/2017	3" G	7	1441	2,07	167	196	2792	19,25		17,5	110
8	01/02/2017	08/02/2017	3" G	7	1439	2,07	174	203	2894	19,95	19,60	17,5	114
8	01/02/2017	08/02/2017	3" G	7	1448	2,08	167	196	2792	19,25		17,5	110
9	03/02/2017	10/02/2017	3" G	7	1449	2,09	186	218	3097	21,35	20,91	17,5	122
9	03/02/2017	10/02/2017	3" G	7	1435	2,06	178	209	2970	20,475		17,5	117
10	06/02/2017	13/02/2017	3" G	7	1425	2,05	169	198	2817	19,425	18,90	17,5	111
10	06/02/2017	13/02/2017	3" G	7	1435	2,06	160	187	2665	18,375		17,5	105

Fuente 19 Elaboración propia

Tabla 9 Resultados mortero SikaLatex - 7 días

CILINDRO	Fecha de toma	Fecha de ensayo	Sección	Edad (Días)	Peso (g)	Densidad (g/cm ³)	Carga Máxima (kN)	Esfuerzo (kgf/cm ²)	Esfuerzo (p.s.i)	Esfuerzo (MPa)	PROMEDIO DIA (MPa)	f'c (MPa)	% Desarrollo
1	16/01/2017	23/01/2017	3" G	7	1416	2,04	90	105	1498	10,325	9,89	17,5	59
1	16/01/2017	23/01/2017	3" G	7	1427	2,05	82	96	1371	9,450		17,5	54
2	18/01/2017	25/01/2017	3" G	7	1435	2,06	81	95	1345	9,275	9,36	17,5	53
2	18/01/2017	25/01/2017	3" G	7	1451	2,09	82	96	1371	9,450		17,5	54
3	20/01/2017	27/01/2017	3" G	7	1404	2,02	78	91	1294	8,925	9,10	17,5	51
3	20/01/2017	27/01/2017	3" G	7	1416	2,04	81	95	1345	9,275		17,5	53
4	23/01/2017	30/01/2017	3" G	7	1401	2,02	96	112	1599	11,025	10,76	17,5	63
4	23/01/2017	30/01/2017	3" G	7	1399	2,01	91	107	1523	10,500		17,5	60
5	25/01/2017	01/02/2017	3" G	7	1447	2,08	107	125	1777	12,250	11,90	17,5	70
5	25/01/2017	01/02/2017	3" G	7	1429	2,06	100	118	1675	11,550		17,5	66
6	27/01/2017	03/02/2017	3" G	7	1383	1,99	120	141	2005	13,825	13,74	17,5	79
6	27/01/2017	03/02/2017	3" G	7	1381	1,99	119	139	1980	13,650		17,5	78
7	30/01/2017	06/02/2017	3" G	7	1441	2,07	120	141	2005	13,825	14,18	17,5	79
7	30/01/2017	06/02/2017	3" G	7	1458	2,10	126	148	2107	14,525		17,5	83
8	01/02/2017	08/02/2017	3" G	7	1502	2,16	105	123	1751	12,075	11,46	17,5	69
8	01/02/2017	08/02/2017	3" G	7	1496	2,15	94	111	1574	10,850		17,5	62
9	03/02/2017	10/02/2017	3" G	7	1371	1,97	117	137	1954	13,475	13,21	17,5	77
9	03/02/2017	10/02/2017	3" G	7	1359	1,96	113	132	1878	12,950		17,5	74
10	06/02/2017	13/02/2017	3" G	7	1423	2,05	76	89	1269	8,750	8,58	17,5	50
10	06/02/2017	13/02/2017	3" G	7	1445	2,08	73	86	1218	8,400		17,5	48

Fuente 20 Elaboración propia

Tabla 10 Resultados mortero Saturado - 14 días

CILINDRO	Fecha de toma	Fecha de ensayo	Sección	Edad (Días)	Peso (g)	Densidad (g/cm ³)	Carga Máxima (kN)	Esfuerzo (kgf/cm ²)	Esfuerzo (p.s.i)	Esfuerzo (MPa)	PROMEDIO DIA (MPa)	f'c (MPa)	% Desarrollo
4	23/01/2017	06/02/2017	3" G	14	1470	2,12	117	137	1954	13,475	13,30	17,5	77
4	23/01/2017	06/02/2017	3" G	14	1471	2,12	114	134	1904	13,125		17,5	75
4	23/01/2017	20/02/2017	3" G	28	1388	2,00	129	152	2157	14,875	14,96	17,5	85
4	23/01/2017	20/02/2017	3" G	28	1391	2,00	131	153	2183	15,05		17,5	86
5	25/01/2017	01/02/2017	3" G	7	1420	2,04	72	84	1193	8,225	8,66	17,5	47
5	25/01/2017	01/02/2017	3" G	7	1530	2,20	79	93	1320	9,1		17,5	52
5	25/01/2017	08/02/2017	3" G	14	1406	2,02	108	127	1802	12,425	12,16	17,5	71
5	25/01/2017	08/02/2017	3" G	14	1410	2,03	104	121	1726	11,9		17,5	68
5	25/01/2017	22/02/2017	3" G	28	1419	2,04	139	162	2310	15,925	15,49	17,5	91
5	25/01/2017	22/02/2017	3" G	28	1406	2,02	131	153	2183	15,05		17,5	86
6	27/01/2017	03/02/2017	3" G	7	1430	2,06	78	91	1294	8,925	9,01	17,5	51
6	27/01/2017	03/02/2017	3" G	7	1415	2,04	79	93	1320	9,1		17,5	52
6	27/01/2017	10/02/2017	3" G	14	1402	2,02	107	125	1777	12,25	12,25	17,5	70
6	27/01/2017	10/02/2017	3" G	14	1415	2,04	107	125	1777	12,25		17,5	70
6	27/01/2017	24/02/2017	3" G	28	1376	1,98	154	180	2564	17,675	17,85	17,5	101
6	27/01/2017	24/02/2017	3" G	28	1471	2,12	157	184	2614	18,025		17,5	103
7	30/01/2017	06/02/2017	3" G	7	1453	2,09	56	66	939	6,475	6,56	17,5	37
7	30/01/2017	06/02/2017	3" G	7	1452	2,09	58	68	965	6,65		17,5	38
7	30/01/2017	13/02/2017	3" G	14	1350	1,94	88	104	1472	10,15	10,24	17,5	58
7	30/01/2017	13/02/2017	3" G	14	1335	1,92	90	105	1498	10,325		17,5	59

Fuente 21 Elaboración propia

Tabla 11 Resultados mortero Acrilcor - 14 días

CILINDRO	Fecha de toma	Fecha de ensayo	Sección	Edad (Días)	Peso (g)	Densidad (g/cm ²)	Carga Máxima (kN)	Esfuerzo (kgf/cm ²)	Esfuerzo (p.s.i)	Esfuerzo (MPa)	PROMEDIO DIA (MPa)	f'c (MPa)	% Desarrollo
1	16/01/2017	30/01/2017	3" G	14	1531	2,20	257	302	4289	29,575	29,14	17,5	169
1	16/01/2017	30/01/2017	3" G	14	1521	2,19	250	293	4163	28,7		17,5	164
2	18/01/2017	01/02/2017	3" G	14	1401	2,02	245	287	4086	28,175	28,53	17,5	161
2	18/01/2017	01/02/2017	3" G	14	1447	2,08	251	294	4188	28,875		17,5	165
3	20/01/2017	03/02/2017	3" G	14	1420	2,04	216	253	3604	24,85	24,59	17,5	142
3	20/01/2017	03/02/2017	3" G	14	1452	2,09	212	248	3528	24,325		17,5	139
4	23/01/2017	06/02/2017	3" G	14	1419	2,04	199	234	3325	22,925	22,23	17,5	131
4	23/01/2017	06/02/2017	3" G	14	1431	2,06	187	219	3122	21,525		17,5	123
5	25/01/2017	08/02/2017	3" G	14	1416	2,04	245	287	4086	28,175	27,65	17,5	161
5	25/01/2017	08/02/2017	3" G	14	1515	2,18	236	277	3934	27,125		17,5	155
6	27/01/2017	10/02/2017	3" G	14	1416	2,04	238	278	3960	27,3	26,78	17,5	156
6	27/01/2017	10/02/2017	3" G	14	1435	2,06	228	268	3807	26,25		17,5	150
7	30/01/2017	13/02/2017	3" G	14	1410	2,03	250	293	4163	28,7	28,79	17,5	164
7	30/01/2017	13/02/2017	3" G	14	1532	2,20	251	294	4188	28,875		17,5	165
8	01/02/2017	15/02/2017	3" G	14	1421	2,04	256	300	4264	29,4	28,70	17,5	168
8	01/02/2017	15/02/2017	3" G	14	1433	2,06	244	286	4061	28		17,5	160
9	03/02/2017	17/02/2017	3" G	14	1542	2,22	263	309	4391	30,275	30,36	17,5	173
9	03/02/2017	17/02/2017	3" G	14	1441	2,07	265	311	4416	30,45		17,5	174
10	06/02/2017	20/02/2017	3" G	14	1441	2,07	231	271	3858	26,6	25,81	17,5	152
10	06/02/2017	20/02/2017	3" G	14	1443	2,08	218	255	3630	25,025		17,5	143

Fuente 22 Elaboración propia

Tabla 12 Resultados mortero SikaLatex - 14 días

CILINDRO	Fecha de toma	Fecha de ensayo	Sección	Edad (Días)	Peso (g)	Densidad (g/cm ³)	Carga Máxima (kN)	Esfuerzo (kgf/cm ²)	Esfuerzo (p.s.i)	Esfuerzo (MPa)	PROMEDIO DIA (MPa)	f'c (MPa)	% Desarrollo
1	16/01/2017	30/01/2017	3" G	14	1391	2,00	145	170	2411	16,625	16,54	17,5	95
1	16/01/2017	30/01/2017	3" G	14	1386	1,99	143	168	2386	16,450		17,5	94
2	18/01/2017	01/02/2017	3" G	14	1409	2,03	132	155	2208	15,225	15,23	17,5	87
2	18/01/2017	01/02/2017	3" G	14	1503	2,16	132	155	2208	15,225		17,5	87
3	20/01/2017	03/02/2017	3" G	14	1430	2,06	114	134	1904	13,125	12,60	17,5	75
3	20/01/2017	03/02/2017	3" G	14	1494	2,15	105	123	1751	12,075		17,5	69
4	23/01/2017	06/02/2017	3" G	14	1416	2,04	114	134	1904	13,125	12,95	17,5	75
4	23/01/2017	06/02/2017	3" G	14	1407	2,02	111	130	1853	12,775		17,5	73
5	25/01/2017	08/02/2017	3" G	14	1371	1,97	149	175	2487	17,150	16,98	17,5	98
5	25/01/2017	08/02/2017	3" G	14	1380	1,99	146	171	2437	16,800		17,5	96
6	27/01/2017	10/02/2017	3" G	14	1391	2,00	136	159	2259	15,575	15,31	17,5	89
6	27/01/2017	10/02/2017	3" G	14	1386	1,99	131	153	2183	15,050		17,5	86
7	30/01/2017	13/02/2017	3" G	14	1416	2,04	136	159	2259	15,575	16,10	17,5	89
7	30/01/2017	13/02/2017	3" G	14	1407	2,02	145	170	2411	16,625		17,5	95
8	01/02/2017	15/02/2017	3" G	14	1399	2,01	137	161	2284	15,750	15,66	17,5	90
8	01/02/2017	15/02/2017	3" G	14	1369	1,97	136	159	2259	15,575		17,5	89
9	03/02/2017	17/02/2017	3" G	14	1399	2,01	125	146	2081	14,350	14,88	17,5	82
9	03/02/2017	17/02/2017	3" G	14	1369	1,97	134	157	2234	15,400		17,5	88
10	06/02/2017	20/02/2017	3" G	14	1443	2,08	110	128	1827	12,600	12,86	17,5	72
10	06/02/2017	20/02/2017	3" G	14	1427	2,08	114	134	1904	13,125		17,5	75

Fuente 23 Elaboración propia

Tabla 13 Resultados mortero Saturado - 28 días

CILINDRO	Fecha de toma	Fecha de ensayo	Sección	Edad (Días)	Peso (g)	Densidad (g/cm ²)	Carga Máxima (kN)	Esfuerzo (kgf/cm ²)	Esfuerzo (p.s.i)	Esfuerzo (MPa)	PROMEDIO DIA (MPa)	f'c (MPa)	% Desarrollo
7	30/01/2017	27/02/2017	3" G	28	1335	1,92	125	146	2081	14,35	14,53	17,5	82
7	30/01/2017	27/02/2017	3" G	28	1326	1,91	128	150	2132	14,7		17,5	84
8	01/02/2017	08/02/2017	3" G	7	1371	1,97	50	59	838	5,775	5,34	17,5	33
8	01/02/2017	08/02/2017	3" G	7	1369	1,97	43	50	711	4,9		17,5	28
8	01/02/2017	15/02/2017	3" G	14	1346	1,94	76	89	1269	8,75	8,58	17,5	50
8	01/02/2017	15/02/2017	3" G	14	1340	1,93	73	86	1218	8,4		17,5	48
8	01/02/2017	01/03/2017	3" G	28	1256	1,81	107	125	1777	12,25	12,60	17,5	70
8	01/02/2017	01/03/2017	3" G	28	1247	1,79	113	132	1878	12,95		17,5	74
9	03/02/2017	10/02/2017	3" G	7	1424	2,05	85	100	1421	9,8	9,63	17,5	56
9	03/02/2017	10/02/2017	3" G	7	1403	2,02	82	96	1371	9,45		17,5	54
9	03/02/2017	17/02/2017	3" G	14	1415	2,04	123	145	2056	14,175	14,00	17,5	81
9	03/02/2017	17/02/2017	3" G	14	1376	1,98	120	141	2005	13,825		17,5	79
9	03/02/2017	03/03/2017	3" G	28	1432	2,06	117	137	1954	13,475	13,30	17,5	77
9	03/02/2017	03/03/2017	3" G	28	1436	2,07	114	134	1904	13,125		17,5	75
10	06/02/2017	13/02/2017	3" G	7	1386	1,99	111	130	1853	12,775	12,60	17,5	73
10	06/02/2017	13/02/2017	3" G	7	1369	1,97	108	127	1802	12,425		17,5	71
10	06/02/2017	20/02/2017	3" G	14	1380	1,99	105	123	1751	12,075	11,90	17,5	69
10	06/02/2017	20/02/2017	3" G	14	1336	1,92	102	120	1701	11,725		17,5	67
10	06/02/2017	06/03/2017	3" G	28	1286	1,85	99	116	1650	11,375	11,20	17,5	65
10	06/02/2017	06/03/2017	3" G	28	1270	1,83	96	112	1599	11,025		17,5	63

Fuente 24 Elaboración propia

Tabla 14 Resultados mortero Acrilcor - 28 días

CILINDRO	Fecha de toma	Fecha de ensayo	Sección	Edad (Días)	Peso (g)	Densidad (g/cm ²)	Carga Máxima (kN)	Esfuerzo (kgf/cm ²)	Esfuerzo (p.s.i)	Esfuerzo (MPa)	PROMEDIO DIA (MPa)	f'c (MPa)	% Desarrollo
1	16/01/2017	13/02/2017	3" G	28	1519	2,19	289	339	4823	33,25	33,43	17,5	190
1	16/01/2017	13/02/2017	3" G	28	1531	2,20	292	343	4873	33,6		17,5	192
2	18/01/2017	15/02/2017	3" G	28	1424	2,05	282	330	4696	32,375	32,46	17,5	185
2	18/01/2017	15/02/2017	3" G	28	1401	2,02	283	332	4721	32,55		17,5	186
3	20/01/2017	17/02/2017	3" G	28	1435	2,10	259	303	4315	29,75	29,66	17,5	170
3	20/01/2017	17/02/2017	3" G	28	1441	2,04	257	302	4289	29,575		17,5	169
4	23/01/2017	20/02/2017	3" G	28	1384	1,99	231	271	3858	26,6	26,95	17,5	152
4	23/01/2017	20/02/2017	3" G	28	1419	2,04	238	278	3960	27,3		17,5	156
5	25/01/2017	22/02/2017	3" G	28	1414	2,03	283	332	4721	32,55	32,81	17,5	186
5	25/01/2017	22/02/2017	3" G	28	1416	2,04	288	337	4797	33,075		17,5	189
6	27/01/2017	24/02/2017	3" G	28	1560	2,24	276	323	4594	31,675	31,50	17,5	181
6	27/01/2017	24/02/2017	3" G	28	1416	2,04	273	319	4543	31,325		17,5	179
7	30/01/2017	27/02/2017	3" G	28	1441	2,07	297	348	4949	34,125	33,95	17,5	195
7	30/01/2017	27/02/2017	3" G	28	1410	2,03	294	344	4899	33,775		17,5	193
8	01/02/2017	01/03/2017	3" G	28	1435	2,06	283	332	4721	32,55	32,64	17,5	186
8	01/02/2017	01/03/2017	3" G	28	1441	2,07	285	334	4746	32,725		17,5	187
9	03/02/2017	03/03/2017	3" G	28	1435	2,06	306	359	5102	35,175	34,91	17,5	201
9	03/02/2017	03/03/2017	3" G	28	1542	2,22	301	353	5026	34,65		17,5	198
10	06/02/2017	06/03/2017	3" G	28	1410	2,03	266	312	4442	30,625	30,89	17,5	175
10	06/02/2017	06/03/2017	3" G	28	1532	2,20	271	318	4518	31,15		17,5	178

Fuente 25 Elaboración propia

Tabla 15 Resultados mortero SikaLatex - 28 días

CILINDRO	Fecha de toma	Fecha de ensayo	Sección	Edad (Días)	Peso (g)	Densidad (g/cm ³)	Carga Máxima (kN)	Esfuerzo (kgf/cm ²)	Esfuerzo (p.s.i)	Esfuerzo (MPa)	PROMEDIO DIA (MPa)	f'c (MPa)	% Desarrollo
1	16/01/2017	13/02/2017	3" G	28	1425	2,05	163	191	2716	18,725	18,90	17,5	107
1	16/01/2017	13/02/2017	3" G	28	1514	2,18	166	195	2767	19,075		17,5	109
2	18/01/2017	15/02/2017	3" G	28	1387	2,00	157	184	2614	18,025	18,38	17,5	103
2	18/01/2017	15/02/2017	3" G	28	1401	2,02	163	191	2716	18,725		17,5	107
3	20/01/2017	17/02/2017	3" G	28	1382	1,99	158	186	2640	18,200	17,94	17,5	104
3	20/01/2017	17/02/2017	3" G	28	1391	2,00	154	180	2564	17,675		17,5	101
4	23/01/2017	20/02/2017	3" G	28	1507	2,17	175	205	2919	20,125	19,69	17,5	115
4	23/01/2017	20/02/2017	3" G	28	1492	2,15	167	196	2792	19,250		17,5	110
5	25/01/2017	22/02/2017	3" G	28	1329	1,91	184	216	3071	21,175	20,91	17,5	121
5	25/01/2017	22/02/2017	3" G	28	1326	1,91	180	211	2995	20,650		17,5	118
6	27/01/2017	24/02/2017	3" G	28	1396	2,01	169	198	2817	19,425	19,95	17,5	111
6	27/01/2017	24/02/2017	3" G	28	1390	2,00	178	209	2970	20,475		17,5	117
7	30/01/2017	27/02/2017	3" G	28	1430	2,06	167	196	2792	19,250	18,55	17,5	110
7	30/01/2017	27/02/2017	3" G	28	1446	2,08	155	182	2589	17,850		17,5	102
8	01/02/2017	01/03/2017	3" G	28	1325	1,91	196	230	3274	22,575	21,96	17,5	129
8	01/02/2017	01/03/2017	3" G	28	1307	1,88	186	218	3097	21,350		17,5	122
9	03/02/2017	03/03/2017	3" G	28	1336	1,92	160	187	2665	18,375	18,11	17,5	105
9	03/02/2017	03/03/2017	3" G	28	1347	1,94	155	182	2589	17,850		17,5	102
10	06/02/2017	06/03/2017	3" G	28	1434	2,06	169	198	2817	19,425	19,34	17,5	111
10	06/02/2017	06/03/2017	3" G	28	1428	2,05	167	196	2792	19,250		17,5	110

Fuente 26 Elaboración propia

16. ANÁLISIS DE RESULTADOS

16.1. Análisis de las Propiedades de la Mezcla

El ensayo a la compresión, realizado a los especímenes de mortero, se referencia bajo las indicaciones citadas en la norma NTC 3356⁴⁷ numeral 10.1.2 literal a, b, c, d, e y f, en el cual aplica las condiciones y características óptimas para la aprobación de los resultados de cada uno de los especímenes, si los resultados no cumplen con estas especificaciones, estos cilindros deben ser desechados.

A continuación se especificarán los parámetros requeridos para destacar muestras que no sean consideradas óptimas para el desarrollo de los ensayos.

- La diferencia de los datos entre los cilindros de una misma edad tomados con las mismas condiciones y la ejecución de los cilindros se desarrolló con el mismo equipo, la diferencia de resultados no debe ser mayor a un 10%, si se llegase a presentar esta condición deben ser descartado estos datos.
- Si un espécimen muestra en uno de sus resultados una resistencia menor a los demás especímenes por mala toma del muestreo o procedimiento del ensayo se debe rechazar la muestra con esto se garantiza la veracidad de los datos.
- Si algunos de los datos referenciados en cualquier edad es inferior a 4.5 MPa debe ser rechazada esa muestra.
- Los especímenes a la edad de 28 días debe arrojar una resistencia igual o superior a la esperada con esto garantizar la efectividad de la mezcla.
- Si un espécimen de una mezcla muestra alteraciones físicas al momento del desencofre e irregularidades con su homogeneidad esos especímenes deben ser desechados.

Se realiza una relación de los ensayos de resistencia entre mezclas; preliminarmente, para el desarrollo de los comparativos de cada una de las mezclas se organizaron los datos obtenidos escalonadamente a los resultados obtenidos en el ensayo de compresión.

A continuación se relacionan las gráficas a comparar de los ensayos de resistencia a la compresión

- Los resultados de 10 mezclas de mortero a la edad de los 7 días de cada una de las mezclas (saturada Acrilcor y SikaLatex) con un parámetro patrón y una correlación de las tres mezclas.

⁴⁷ NTC 3356, op. cit., p.14

- Los resultados de 10 mezclas de mortero a la edad de los 14 días de cada una de las mezclas (saturada Acrilcor y SikaLatex) con un parámetro patrón y una correlación de las tres mezclas.
- Los resultados de 10 mezclas de mortero a la edad de los 28 días de cada una de las mezclas (saturada Acrilcor y SikaLatex) con un parámetro patrón y una correlación de las tres mezclas.

Los siguientes análisis se determinarán mediante la comparación de los datos registrados al momento de realizar el ensayo de compresión de cada uno de los cilindros a evaluar.

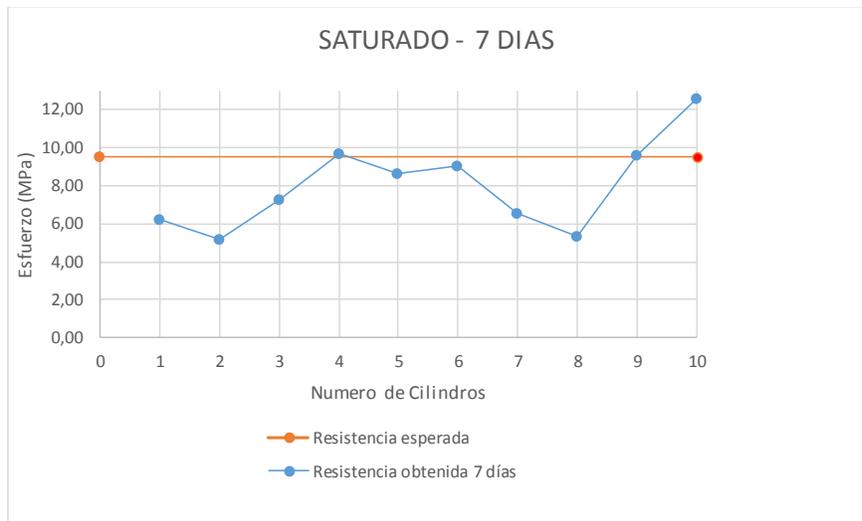
- Mortero (Mezcla Agregados Saturados)

Para el mortero con material saturado, evaluando los resultados de las 10 muestras a los 7 días, se evidencia, que al someter cada uno de los cilindros al ensayo de compresión arroja que el 30% de los cilindros fallados por este método cumple con la resistencia esperada a esa edad que es de 9.5 MPa, como se muestra en la gráfica No 1, con este porcentaje del 30% se evidencia que la evolución a los 7 días es baja a la esperada. (Gráfica No 1).

Gráfica 1 Resultados mezcla Saturado - 7 días

RESISTENCIA PATRON 7 DIAS	
0	9,50
10	9,50

SATURADO EDAD DIA 7	
CILINDRO	MPa
1	6,21
2	5,16
3	7,26
4	9,71
5	8,66
6	9,01
7	6,56
8	5,34
9	9,63
10	12,60



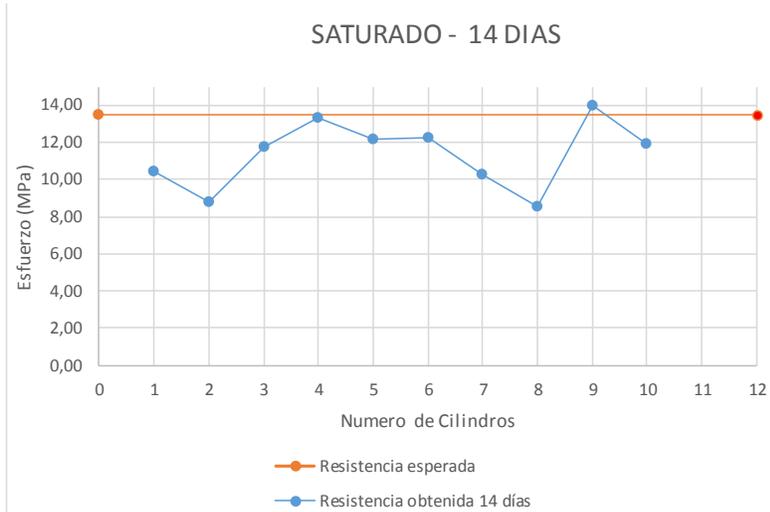
Fuente 27 Elaboración propia

Evaluando los resultados de las 10 muestras a los 14 días, se denota que estos cilindros al ser sometidos al ensayo de compresión arrojan que solo el 10% de las mezclas falladas arrojan un resultado favorable al esperado, el otro 90% de los cilindros tiene a una resistencia más baja a la esperada de 13.5 MPa como se muestra en la gráfica No 2.

Gráfica 2 Resultados mezcla Saturado - 14 días

RESISTENCIA PATRON 14 DIAS	
DIAS	
0	13,50
12	13,50

SATURADO EDAD DIA 14	
CILINDRO	MPa
1	10,41
2	8,75
3	11,73
4	13,30
5	12,16
6	12,25
7	10,24
8	8,58
9	14,00
10	11,90



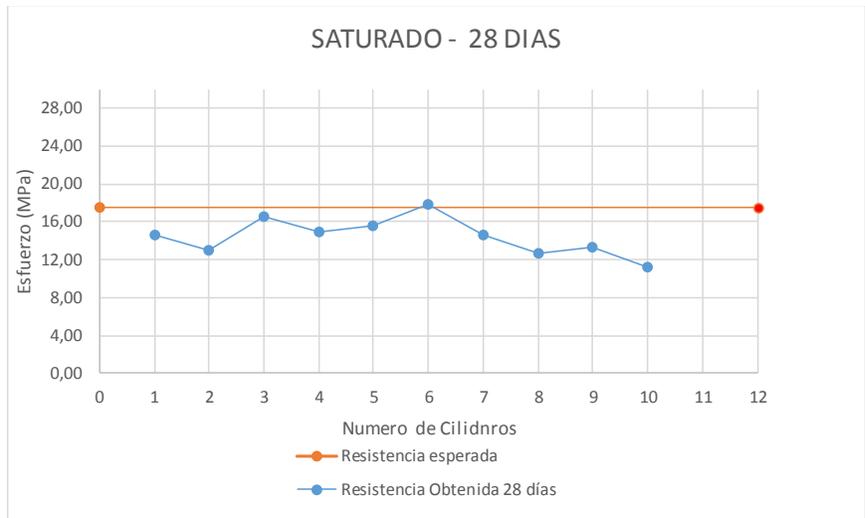
Fuente 28 Elaboración propia

Evaluando los resultados de las 10 muestras a los 28 días, se evidencia que estos cilindros al ser sometidos al ensayo de compresión arrojan que solo el 10% de los mezclas falladas, al culminar la edad esperada, logran la resistencia de diseño, por lo tanto el 90% de los muestreos no cumple con los parámetros que se requieren, esto se ve reflejado en la gráfica No 3.

Gráfica 3 Resultado mezcla Saturado - 28 días

RESISTENCIA PATRON 28 DIAS	
DIAS	
0	17,50
12	17,50

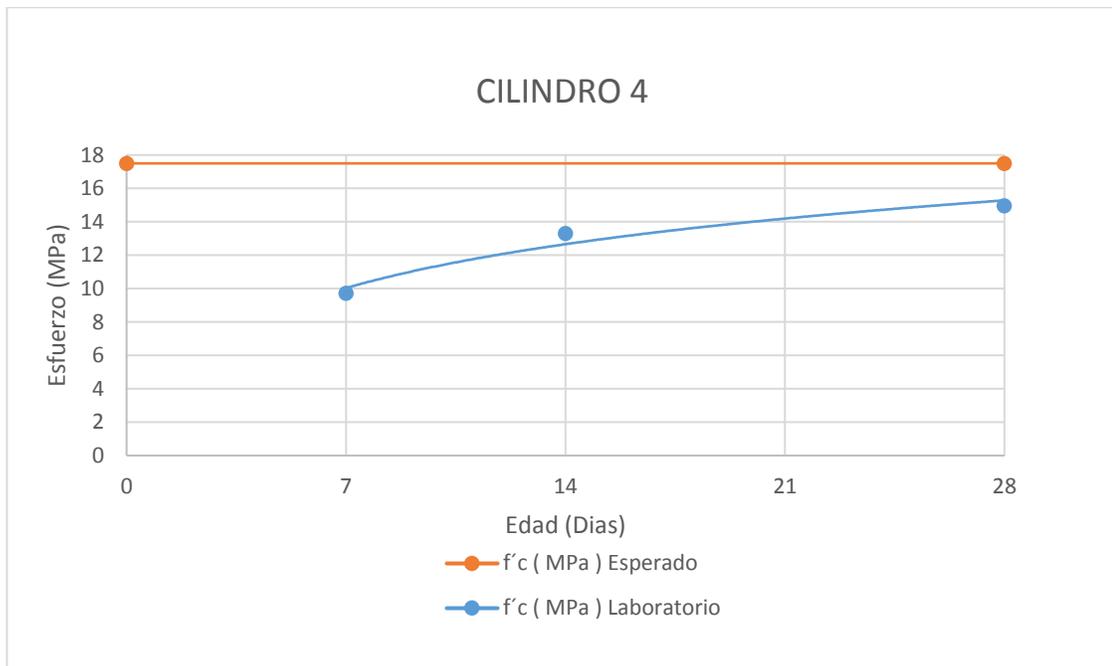
SATURADO EDAD DIA 28	
CILINDRO	MPa
1	14,61
2	13,04
3	16,54
4	14,96
5	15,49
6	17,85
7	14,53
8	12,60
9	13,30
10	11,20



Fuente 29 Elaboración propia

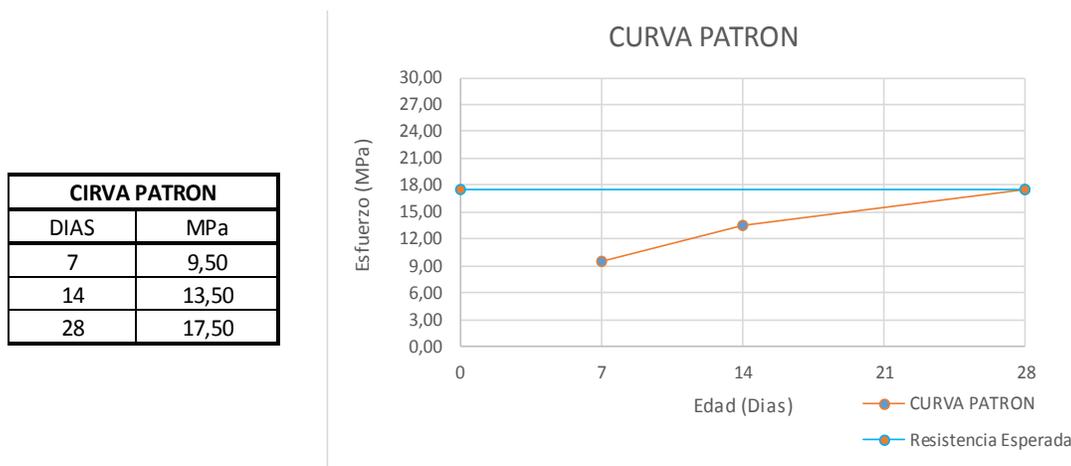
El desarrollo del ensayo de resistencia a la compresión a las edades de 7 ,14 y 28 días para los morteros (mezcla con material saturado), son inferiores a las esperadas el comportamiento de la curva de evolución (gráfica 4), no logra llegar a la curva patrón de diseño (17.5 MPa) (gráfica 5).

Gráfica 4 Cilindro 4 muestra Saturado 7, 14 y 28 días



Fuente 30 Elaboración propia

Gráfica 5 Curva patrón mezcla mortero



Fuente 31 Elaboración propia

Los siguientes análisis se determinarán mediante la comparación de los datos registrados al momento de realizar el ensayo de compresión de cada uno de los cilindros a evaluar.

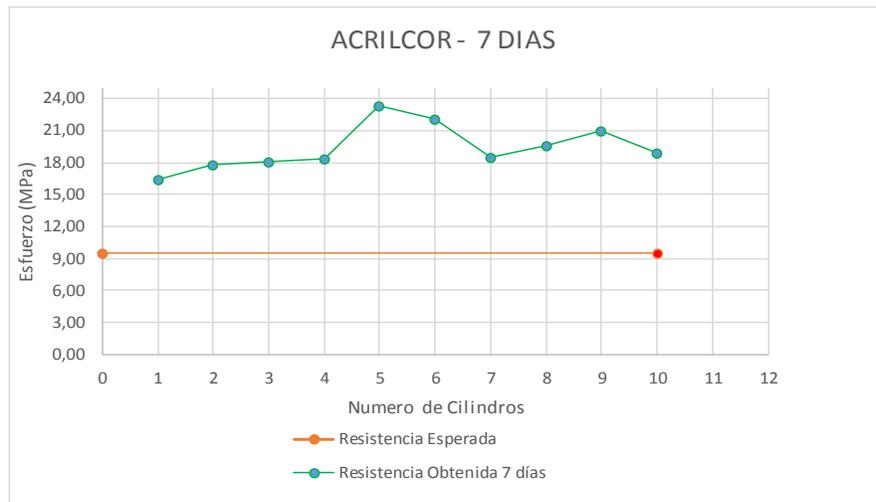
- Mortero (Mezcla Aditivo Acrilcor-50)

Los morteros con aditivo plastificante (Acrilcor - 50), evaluando los resultados de las 10 muestras a los 7 días, al someter cada uno de los cilindros al ensayo de compresión se evidencia que la totalidad de las muestras tienen resultados satisfactorios con respecto a la carga última aplicada, superior a los 23 MPa, con un porcentaje del 130%, sobrepasando la resistencia de 9.5 MPa como se muestra en la gráfica No 6.

Gráfica 6 Resultados mezcla Acrilcor - 7 días

RESISTENCIA PATRON 7 DIAS	
0	9,50
10	9,50

ACRICOL EDAD DIA 7	
CILINDRO	MPa
1	16,45
2	17,85
3	18,03
4	18,29
5	23,28
6	22,14
7	18,55
8	19,60
9	20,91
10	18,90



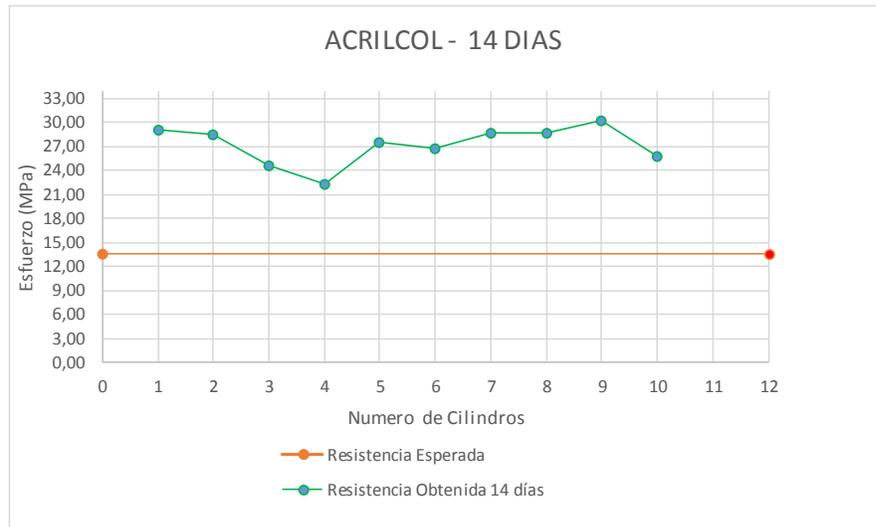
Fuente 32 Elaboración propia

Para el mortero con un aditivo plastificante (Acrilcor), evaluando los resultados obtenidos de las 10 muestras a la edad de 14 días, los cilindros al ser sometidos al ensayo de compresión, la totalidad de las muestras arrojan resultados satisfactorios a los esperados, con respecto a la carga última aplicada 29 MPa con un porcentaje del 165%, superando los 13.5 MPa, a la resistencia esperada a la edad de 14 días, (gráfica No 7).

Gráfica 7 Resultados mezcla Acrilcor -14 días

RESISTENCIA PATRON 14 DIAS	
DIAS	
0	0,00
12	0,00

ACRILCOL EDAD DIA 14	
CILINDRO	MPa
1	29,14
2	28,53
3	24,59
4	22,23
5	27,65
6	26,78
7	28,79
8	28,70
9	30,36
10	25,81



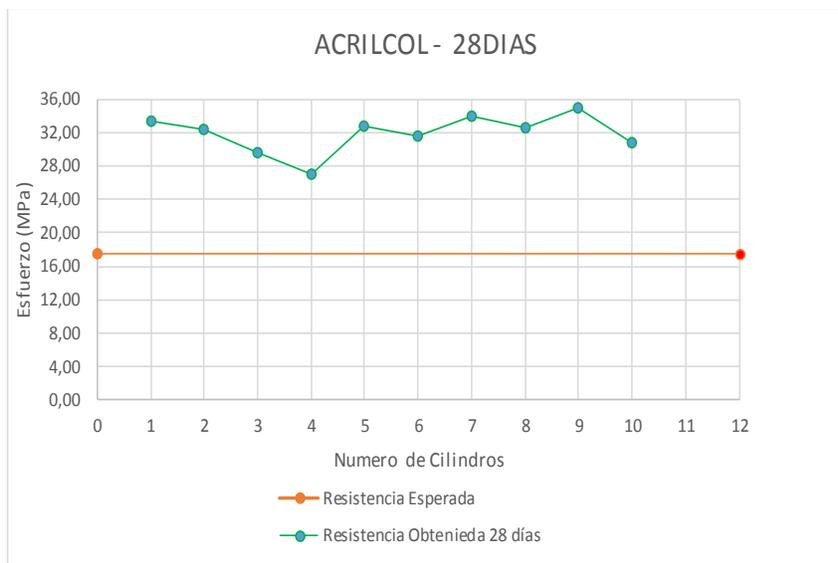
Fuente 33 Elaboración propia

Para el mortero con un aditivo plastificante (Acrilcor), evaluando los resultados obtenidos de las 10 muestras a la edad de 28 días, los cilindros al ser sometidos al ensayo de compresión, la totalidad de las muestras tienen resultados a 33 MPa con un porcentaje del 189%, sobrepasando la resistencia de 17.5 MPa resistencia de diseño a los 28 días, como se puede ver en la gráfica No 8.

Gráfica 8 Resultados mezcla Acrilcor - 28 días

RESISTENCIA PATRON 28 DIAS	
DIAS	
0	0,00
12	0,00

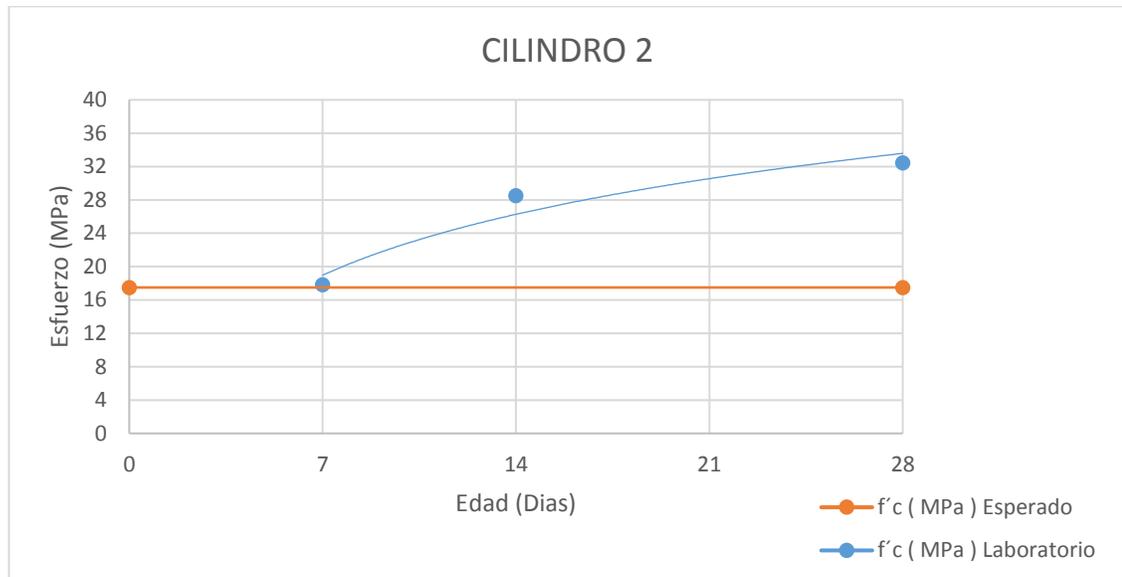
ACRILCOL EDAD DIA 28	
CILINDRO	MPa
1	33,43
2	32,46
3	29,66
4	26,95
5	32,81
6	31,50
7	33,95
8	32,64
9	34,91
10	30,89



Fuente 34 Elaboración propia

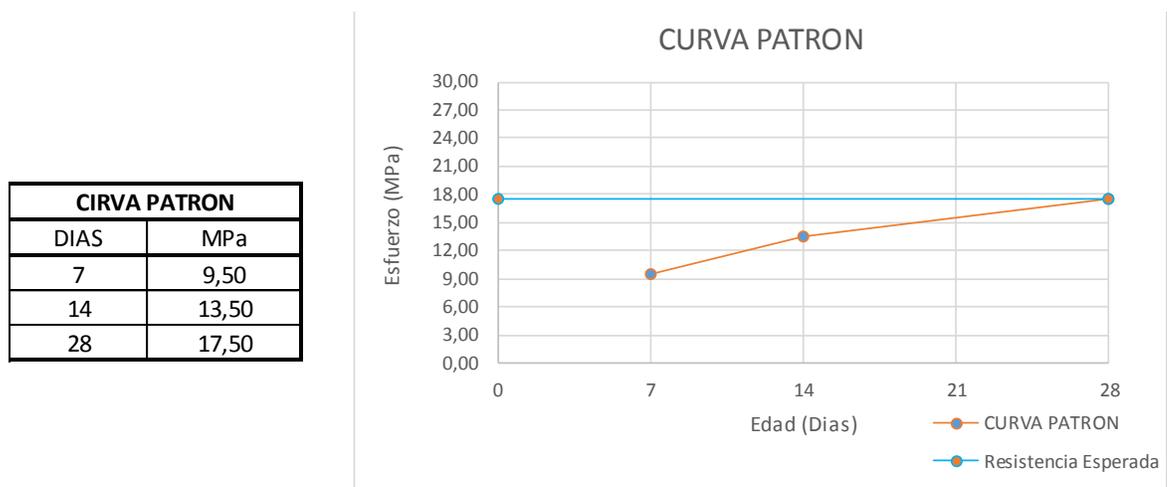
El desarrollo del ensayo de resistencia a la compresión a las edades de 7 ,14 y 28 días para los morteros (mezcla con aditivo plastificante), son superiores a las esperadas, el comportamiento de la curva de evolución (gráfica 9) logra llegar a la curva patrón (gráfica 10).

Gráfica 9 Cilindro 2 muestra Acrilcor 7,14 y 28 días



Fuente 35 Elaboración propia

Gráfica 10 Curva patrón mezcla mortero



Fuente 36 Elaboración propia

Los siguientes análisis se determinaron mediante la comparación de los datos registrados al momento de realizar el ensayo de compresión de cada uno de los cilindros a evaluar.

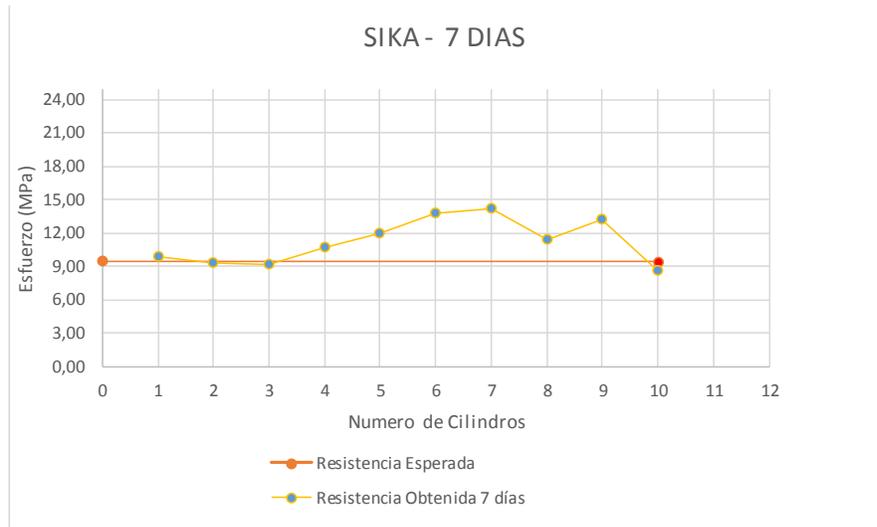
- Mortero (Mezcla Aditivo SikaLatex)

Los morteros con aditivo acelerante (SikaLatex), evaluando los resultados de las 10 muestras a los 7 días, al someter cada uno de los cilindros al ensayo de compresión se muestra que la totalidad de las muestras tiene resultados satisfactorios con respecto a la carga última aplicada superior a los 14.18 MPa con un porcentaje del 81%, sobrepasando la resistencia de 9.5 MPa como se muestra en la gráfica No 11.

Gráfica 11 Resultados mezcla SikaLatex – 7 días

RESISTENCIA PATRON 7 DIAS	
0	9,50
10	9,50

SIKA EDAD DIA 7	
CILINDRO	MPa
1	9,89
2	9,36
3	9,10
4	10,76
5	11,90
6	13,74
7	14,18
8	11,46
9	13,21
10	8,58



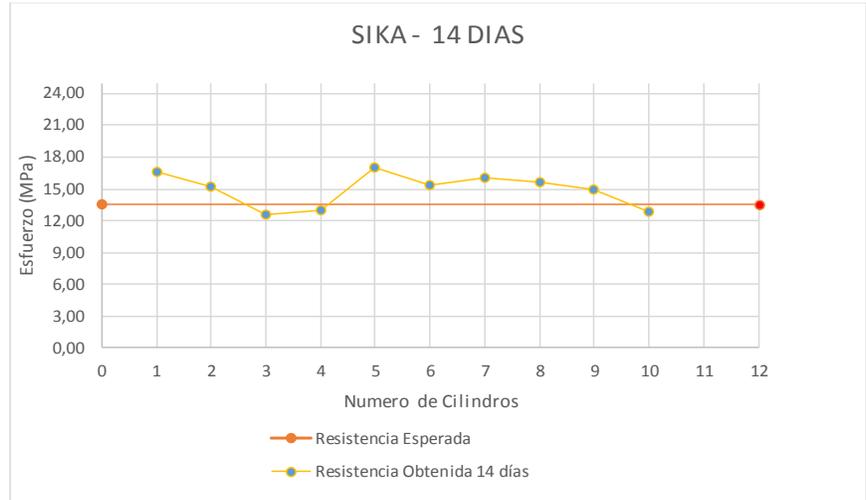
Fuente 37 Elaboración propia

Para el mortero con un aditivo acelerante (SikaLatex), evaluando los resultados obtenidos de las 10 muestras a la edad de 14 días, los cilindros al ser sometidos al ensayo de compresión la totalidad de las muestras comprenden resultados satisfactorios a los esperados con respecto a la carga última aplicada de 15 MPa con un porcentaje del 86%, superando los 13.5 MPa a la resistencia esperada a la edad de 14 días se ve reflejado en la gráfica No 12.

Gráfica 12 Resultados mezcla SikaLatex – 14 días

RESISTENCIA PATRON 14 DIAS	
DIAS	
0	0,00
12	0,00

SIKA EDAD DIA 14	
CILINDRO	MPa
1	16,54
2	15,23
3	12,60
4	12,95
5	16,98
6	15,31
7	16,10
8	15,66
9	14,88
10	12,86



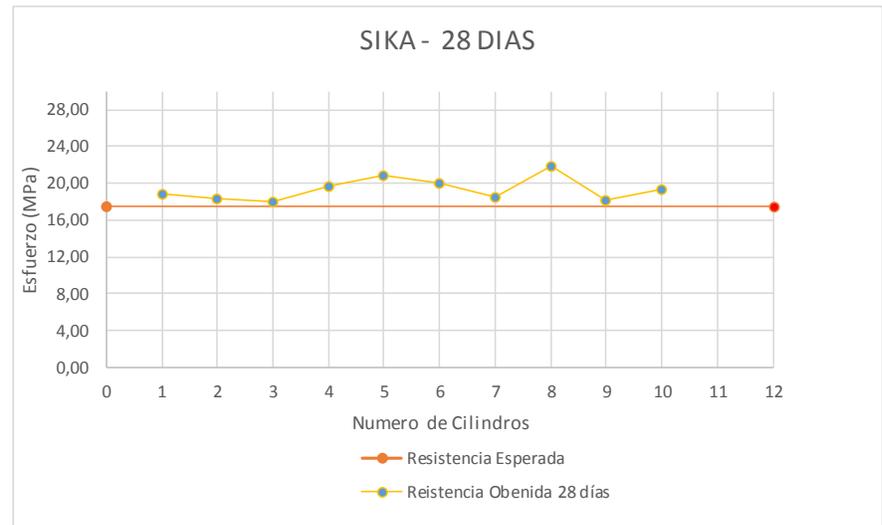
Fuente 38 Elaboración propia

Para el mortero con un aditivo acelerante (SikaLatex), evaluando los resultados obtenidos de las 10 muestras a la edad de 28 días, los cilindros al ser sometidos al ensayo de compresión la totalidad de las muestras comprenden resultados de 22 MPa con un porcentaje del 129%, sobrepasando la resistencia de 17.5 MPa resistencia de diseño a los 28 días esto se ve reflejado en la gráfica No 13.

Gráfica 13 Resultados mezcla SikaLatex – 28 días

RESISTENCIA PATRON 28 DIAS	
DIAS	
0	0,00
12	0,00

SIKA EDAD DIA 7	
CILINDRO	MPa
1	18,90
2	18,38
3	17,94
4	19,69
5	20,91
6	19,95
7	18,55
8	21,96
9	18,11
10	19,34

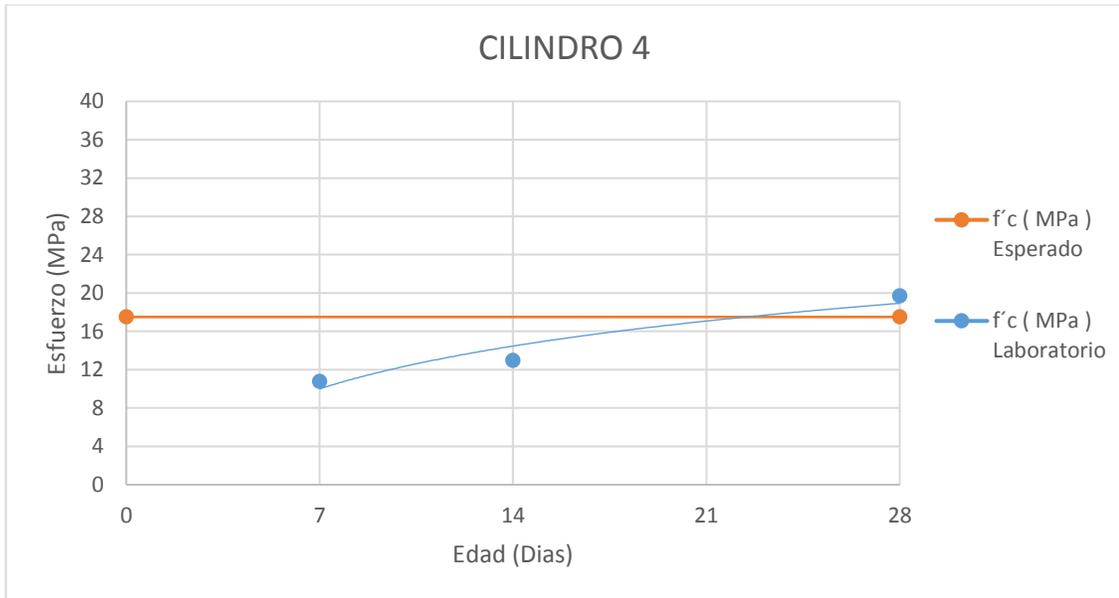


Fuente 39 Elaboración propia

El desarrollo del ensayo de resistencia a la compresión a las edades de 7 ,14 y 28 días para los morteros (mezcla con aditivo acelerante), son satisfactorias a las

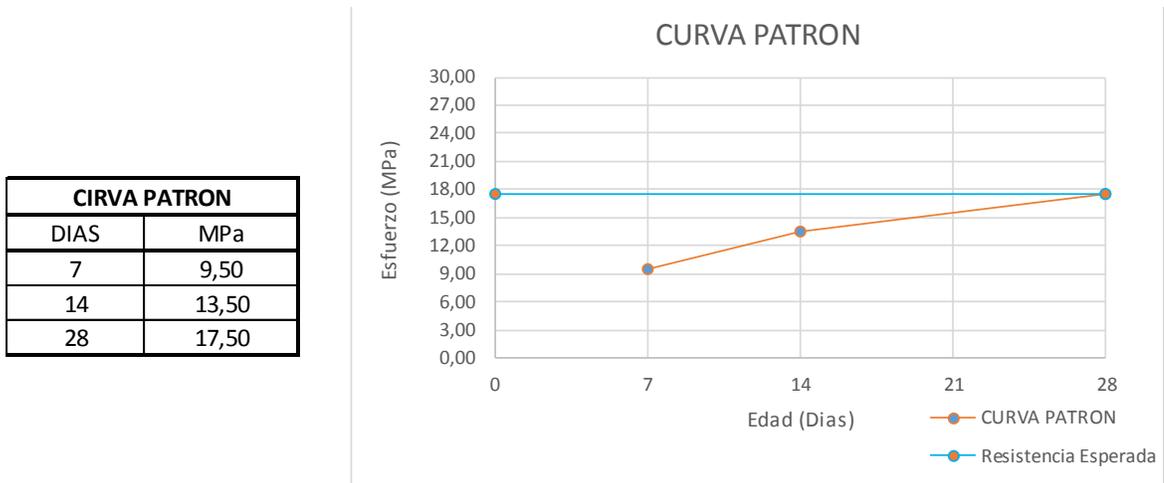
deseadas en el comportamiento de la curva de evolución (gráfica 14), la cual logra llegar a la curva patrón (gráfica 15)

Gráfica 14 Cilindro 4 muestra SikaLatex 7,14 y 28 días



Fuente 40 Elaboración propia

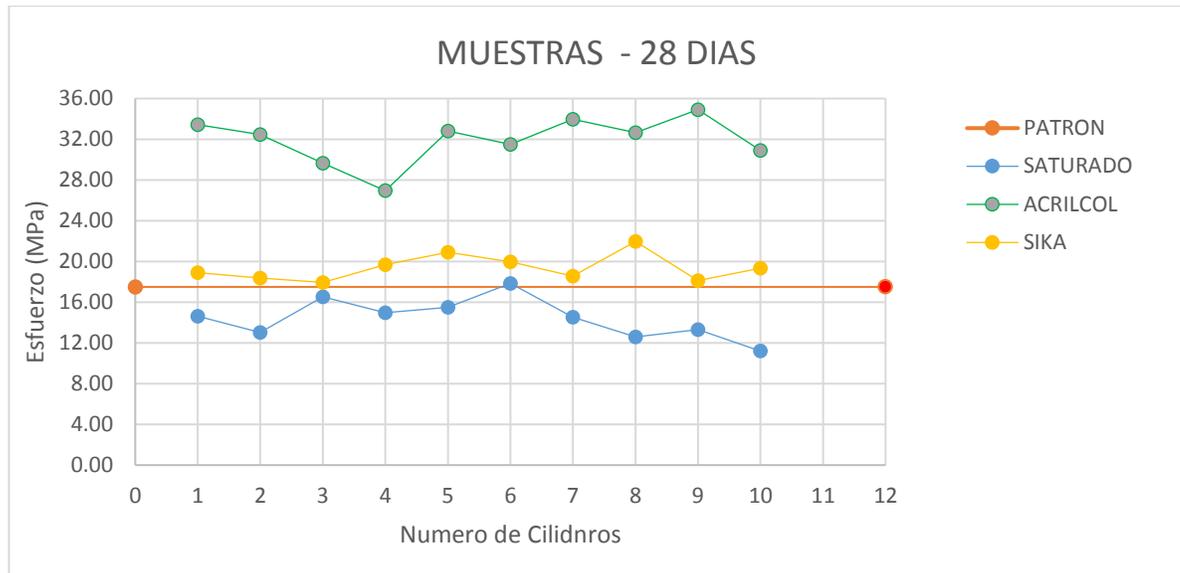
Gráfica 15 Curva patrón mezcla mortero



Fuente 41 Elaboración propia

Analizando los resultados obtenidos en los tres tipos de mezcla se ve reflejado que la que tuvo un mejor comportamiento al diseñado, a los 28 días, fue la mezcla de Acrilcor, estando estos superiores al diseño con un 190% y las mezclas (Saturadas y SikaLatex), la curva de resultados de SikaLatex logra la resistencia de diseño de un 110% teniendo un comportamiento favorable a edades cortas y evolucionan favorables a los 14 y 28 días, se refleja que la mezcla saturada, su resistencia es inferior a la del diseño con un porcentaje de 83% a la esperada con un diferencial de 17%.

Gráfica 16 Muestras saturadas, Acrilcor y SikaLatex 28 días



Fuente 42 Elaboración propia

17. CONCLUSIONES

- Entre la mezcla con un aditivo plastificante (Acrilcor - 50) vs con la mezcla con agregados saturados, al ser sometidos a una carga última a los 28 días, en un ensayo de compresión, la diferencia entre los resultados es de 20% respecto a la resistencia esperada de diseño.
- Al someter los tres tipos de mezcla al ensayo de compresión estipulado en la NTC 3356, el comportamiento de las tres mezclas fue variado a la del diseño esperado de 17.5 MPa, en una diferencia de -17% (mezcla saturada), 10% (mezcla aditivo SikaLatex) y 90% (mezcla Acrilcor).
- La mezcla de mortero modificada con plastificante (Acrilcor - 50), al someterse a ensayos de compresión según la norma NTC 3356, al completar la edad de 14 días los resultados son satisfactorios ya que superan la resistencia de diseño de 17.5 MPa con un porcentaje de resultado del 65%.
- La mezcla de mortero con material saturado, al someterse a ensayos de compresión según la norma NTC 3356, al tener una edad de 28 días, los resultados que se obtuvieron no cumplen con las condiciones de diseño ya que la carga máxima soportada en el ensayo no alcanza a los 17.5 MPa tan solo logrando un 83% de la carga de diseño.
- La mezcla de mortero con material saturado, refleja una resistencia inferior a la del diseño a la edad de 28 días al ser sometidos los cilindros al ensayo de compresión, en promedio la resistencia está entre los 14 MPa, dando así un desarrollo de 17% inferior a la esperada.
- Los resultados de resistencia a la compresión de la mezcla con el aditivo plastificante (Acrilcor) se encuentra 15.9 MPa por encima de la resistencia de diseño esperada, con esto se proyecta un 190% superior a la esperada.
- Al culminar la toma de datos se determina el comportamiento que género los tres tipos de mezcla, la mezcla con material saturado no logra tener un comportamiento de un 100% de la resistencia de diseño tan solo logra un 83% a lo esperado, la mezcla con aditivo acrilcor que es un aditivo plastificante al termino de los 28 días se logra tener una resistencia de un 190% y la mezcla con el aditivo.
- El acelerante SikaLatex logra obtener un porcentaje del 110% de la resistencia de diseño, dando un comportamiento ideal a la resistencia esperada.

18. RECOMENDACIONES

A continuación se referenciarán recomendaciones enfocadas al ensayo de compresión a morteros de la norma NTC3356, enfocadas en el proceso de ejecución de los ensayo y la toma de muestras de los cilindros y la investigación de diferentes condiciones de diseño que se ve sometido los morteros como aditivo tipos de grava y condiciones climáticas.

- Para el desarrollo de los especímenes de mortero se deben desarrollar con materiales certificados que cumplan la normativa de la NTC 3356.
- El desarrollo de cada uno de los cilindros y ejecución de los ensayos debe ser por personal certificado que garantice la veracidad de los datos.
- Los implementos y maquinaria a utilizar en el desarrollo de los ensayos estén calibrados y en óptimas condiciones para el desarrollo de los mismos.
- Cumplir con los protocolos al momento de desarrollar los especímenes con esto se garantiza la reducción de vacíos en los cilindros que alteran los resultados.
- Al momento de desarrollar los cilindros no desencofrar los especímenes antes de las 24 horas de elaborados, con esto evitar la reducción del área de contacto al momento de la aplicación de cargas en el ensayo de compresión.
- Al ser desencofrados cada uno de los cilindros se deben trasladar a la piscina donde serán curados hasta la edad de fallo de cada uno de los cilindros.

En cuanto a la investigación, se recomienda:

- Se debe desarrollar una ampliación de la investigación dirigido a aumentar los tipos de mezcla y condiciones que se efectúan, tales como uso aditivos, agregados, cementos, etc.
- Prolongar el periodo de maduración de los mismos a 56 y más días, con estos mismos aditivos, y evaluar si se mantiene la diferencia en resistencia o cambian de acuerdo a la condición del mortero.
- Verificar cual es el comportamiento que presentan los aditivos de otras marcas diferentes a las evaluadas que elaboren plastificantes o acelerantes.
- Investigar que comportamiento se manifiesta en los morteros al agregarle los dos tipos de aditivos (plastificante y acelerante) al mismo tiempo en una mezcla.

19. BIBLIOGRAFIA

ARGOS. 2017. [en línea] 2017. <https://www.argos.co/colombia/productos/producto/subproducto?id=733>

CORONA. 2017. [en línea] 2017. <http://www.corona.co/producto/acrilcor-50/407414131>

Galvis Ramos, Josué. Diseño de mezclas de concreto y mortero para la ciudad de Manizales. Informe de Investigación. Universidad Nacional de Colombia, Sede Manizales. 1988.

Gutiérrez de López, Libia (2003) El concreto y otros materiales para la construcción. Universidad Nacional de Colombia, Manizales, Colombia – Parte 5. p 115-129

NTC 2240 Agregados usados en morteros de mampostería. ICONTEC 1994. p 3-9

NTC 321. Ingeniería civil y arquitectura cemento pórtland. Especificaciones Químicas. ICONTEC (1982). p 3-6

NTC 4043. Método de ensayo para el muestreo y ensayos de mortero de inyección (grout) ICONTEC (2000). p 2-10

NTC 1299 Concretos. Aditivos químicos para concreto. ICONTEC 2008. p 3-10

NTC 3459 Agua para la elaboración de concreto. INCONTEC 2001. p 3-7

NTC 3546. Método de ensayo para determinar la evaluación en laboratorio y en obra, de morteros para unidades de mampostería simple y reforzada. ICONTEC (2003). p 15-37

NTC 3356. Mortero premezclado para mampostería (2000). p 4-15

NTC 3329. Ingeniería civil y arquitectura mortero para mampostería. ICONTEC (primera actualización) p. 1-26

NTC 2240. Ingeniería civil y arquitectura agregados usados en morteros de mampostería. ICONTEC (1994). p 1-9

NTC 121. Ingeniería civil y arquitectura cemento pórtland. Especificaciones físicas y mecánicas. ICONTEC (1982). p 1-7

NTC 225. Ingeniería civil y arquitectura. Cementos. Fraguado rápido del cemento portland (método del mortero). ICONTEC (1999). p 3-9

NTC 4020. Ingeniería civil y arquitectura. Agregados para mortero de relleno utilizado en mampostería. ICONTEC (1995). p 3-7

NTC 4048. Concretos. Mortero de inyección (grouts) para mampostería. ICONTEC (2002). p 3-9

Reglamento Colombiano de Construcción sismo resistente NSR-10 (1997) Titulo D

Rivera, L Gerardo A., Concreto simple. Universidad del Cauca. 2007. p 41-73

Sánchez de Guzmán, Diego. Tecnología del concreto y del mortero. Universidad Javeriana. Facultad de Ingeniería. Bogotá. 1987. p 147-162

SIKA. 2017. [en línea] 2017. <https://esp.sika.com/dms/getdocument.get/50e814a5-04b2-3720.../SikaLatex.pdf>

20. ANEXOS

Anexo 1 Ficha técnica Acrilcor 50

Anexo 2 Ficha técnica Cemento gris

Anexo 3 Ficha técnica SikaLatex