

**EVALUACIÓN DEL SISTEMA DE CALIDAD DE LAS MEZCLAS DE CONCRETO  
PARA EL USO DE BLOQUES DE MAMPOSTERÍA ESTRUCTURAL EN LA  
EMPRESA BLOQUES Y ADOQUINES DE SANTANDER**

**LAURA MELISSA ROJAS PEDROZA**

**UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA  
ESCUELA DE INGENIERA  
FACULTAD DE INGENIERA CIVIL  
2014**

**EVALUACIÓN DEL SISTEMA DE CALIDAD DE LAS MEZCLAS DE CONCRETO  
PARA EL USO DE BLOQUES DE MAMPOSTERÍA ESTRUCTURAL EN LA  
EMPRESA BLOQUES Y ADOQUINES DE SANTANDER**

**LAURA MELISSA ROJAS PEDROZA**

**Proyecto de grado como requisito para optar al título de Ingeniero Civil**

**Director (a):**

**LUZ MARINA TORRADO GÓMEZ**

**MSc. Ingeniería Civil**

**UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA**

**ESCUELA DE INGENIERA**

**FACULTAD DE INGENIERA CIVIL**

**2014**

## NOTA DE ACEPTACIÓN

---

---

---

---

---

Presidente del jurado

---

Jurado

Bucaramanga, Marzo de 2014

## DEDICATORIA

*A Dios principalmente dedico la realización de este proyecto de grado, porque con su respaldo incondicional en cada uno de mis semestres cursados, hoy por hoy veo culminar mi carrera profesional, a mis padres, abuelos y hermano por ofrecerme su apoyo y ser una motivación para salir adelante, y a cada una de aquellas personas que durante toda la carrera siempre estuvieron presentes brindándome su constante colaboración y sincera amistad especialmente Carlos Sepúlveda.*

*LAURA MELISSA ROJAS PEDROZA*

## AGRADECIMIENTOS

*A Dios primeramente agradezco, porque siempre he sentido ,que puedo contar con su compañía y respaldo en cada uno de los retos presentados a lo largo de mi vida, los cuales he venido superando por las facultades y nuevas oportunidades que solo Él me ha concedido, cumpliendo grandes anhelos de mi corazón que creía imposibles lograr.*

*A mis padres y abuelos que indudablemente con su cariño, paciencia, y amor me han apoyado incondicionalmente en la realización de cada una de mis metas trazadas.*

*A la Universidad Pontificia Bolivariana por brindarme la oportunidad de obtener una excelente educación intelectual y con principios morales, para llegar a ser una profesional íntegra y competente.*

*A la directora del proyecto, Ingeniera Luz Marina Torrado Gómez por su aporte cognitivo y tiempo dedicado al desarrollo del proyecto.*

*Al personal de Bloques y Adoquines de Santander especialmente al Ingeniero Eduardo Urbina e ingeniera Milena Esteban por apoyar el presente proyecto de grado ofreciéndome la oportunidad de llevarlo a cabo en la empresa y al laboratorista Jairo Lozada por el acompañamiento en la realización de las muestras y ensayos.*

## TABLA DE CONTENIDO

GENERALIDADES -----	18
1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA -----	18
1.2 JUSTIFICACIÓN -----	19
OBJETIVOS -----	20
1.2.1 OBJETIVO GENERAL -----	20
1.2.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS -----	20
2. MARCO DE REFERENCIA -----	21
2.1 MAMPOSTERÍA -----	21
2.1.1 TIPOS DE MAMPOSTERIA -----	21
2.1.1.1 MAMPOSTERÍA ESTRUCTURAL -----	21
2.1.1.2 MAMPOSTERIA NO ESTRUCTURAL -----	22
2.2 FABRICACIÓN DE LOS BLOQUES DE CONCRETO -----	22
2.3 TIPOS DE BLOQUE DE CONCRETO PARA MAMPOSTERIA -----	23
2.3.1 BLOQUES MACIZOS DIVISORIOS -----	24
2.3.2 BLOQUES MACIZOS ESTRUCTURALES -----	24
2.4 CONTROL Y CALIDAD -----	25
2.4.1 DENSIDAD (D) -----	25
2.4.2 RESISTENCIA A COMPRESION (Rc28) -----	26
2.4.3 ABSORCION ( Aa%) -----	27
2.4.4 CONTENIDO DE HUMEDAD (H) -----	28
2.4.5 TRANSPORTE -----	28
2.4.6 RECEPCION -----	29
2.4.7 ALMACENAMIENTO -----	29
2.4.8 MANEJO INTERNO -----	29
2.5 CARACTERISTICAS ADICIONALES DE LOS BLOQUES DE CONCRETO	29
2.5.1 AISLAMIENTO ACUSTICO -----	29
2.5.2 AISLAMIENTO TÉRMICO -----	30
2.5.3 RESISTENCIA AL FUEGO -----	30

2.6 CARACTERISTICAS DIMENSIONALES -----	30
2.6.1 MODULARIDAD Y VARIACIONES -----	30
2.6.2 DIMENSIONES -----	30
2.6.3 ACABADO Y APARIENCIA -----	31
2.7 VENTAJAS Y DESVENTAJAS -----	31
2.7.1 VENTAJAS -----	31
2.7.2 DESVENTAJAS -----	32
2.8 ADITIVOS SIKA PAVER HC-1 Y EUCON DC -----	32
2.8.1 SIKA PAVER HC-1 CO -----	32
2.8.2 EUCON DC -----	33
3. METODOLOGÍA -----	35
3.1 MATERIALES EMPLEADOS -----	37
3.1.1 MATERIAL GRANULAR -----	37
3.1.2 CEMENTO ESTRUCTURAL -----	45
3.2 ELABORACIÓN DE LOS BLOQUES DE CONCRETO -----	46
3.2.1 DISEÑO DE MEZCLAS PRUEBA PILOTO -----	46
3.2.2 DISEÑO DE MEZCLA DEFINITIVO -----	51
3.3 PROCESO DE ELABORACIÓN DE LOS BLOQUES H-12 DE CONCRETO EN LA MÁQUINA PRODUCTORA QFT 8-15 -----	55
3.3.1 LLENADO DE LAS TOLVAS Y DOSIFICACION DE LA ARENA -----	55
3.3.2 MEZCLADO -----	57
3.3.3 DOSIFICACION DEL CEMENTO -----	58
3.3.4 ELABORACION DEL BLOQUE -----	59
3.4 ENSAYOS REALIZADOS A LOS BLOQUES H-12 DE CONCRETO COMO PARÁMETROS DE CONTROL Y CALIDAD ESTABLECIDOS EN LA NORMA NTC 4024 y 4026. -----	61
3.4.1 ENSAYO PARA DETERMINAR EL PORCENTAJE DE ABSORCION ASTM C 642. -----	62
4. RESULTADOS -----	68
4.1 CARACTERIZACIÓN DE LOS MATERIALES QUE CONFORMAN EL DISEÑO DE MEZCLA -----	68
4.1.1 GRANULOMETRÍA DE AGREGADO GRUESO Y FINO NTC 174. --	68

4.1.2	MASAS UNITARIAS SUELTAS Y COMPACTAS NTC 92. -----	70
4.1.3	PESO ESPECÍFICO PARA ABSORCION DEL AGREGADO FINO Y GRUESO NTC 237.-----	72
4.1.4	CONTENIDO DE MATERIA ORGANICA NTC 127.-----	74
4.1.5	PESO ESPECIFICO DEL CEMENTO NTC 221 -----	75
4.2	PARÁMETROS DE CONTROL Y CALIDAD EN LOS BLOQUES DE CONCRETO PARA MAMPOSTERÍA ESTRUCTURAL ESTABLECIDOS EN LAS NORMAS NTC 4024 Y 4026. -----	76
4.2.1	PORCENTAJE DE ABSORCION Y CONTENIDO DE HUMEDD ASTM C 642	76
4.2.2	DIMENSIONAMIENTO DE LOS BLOQUES H-12 -----	77
4.2.3	DENSIDAD DE LOS BLOQUES H-12 NTC 4024-----	78
4.2.4	RESISTENCIA A COMPRESIÓN DE LOS BLOQUES H-12 NTC 4026	79
5	ANÁLISIS DE RESULTADOS -----	87
5.1	CARACTERIZACIÓN DEL MATERIAL GRANULAR Y DEL CEMENTO ESTRUCTURAL-----	87
5.2	DIMENSIONAMIENTO DE LOS BLOQUES H-12 -----	87
5.3	DENSIDAD DE LOS BLOQUES H-12 -----	88
5.4	PORCENTAJE DE ABSORCIÓN Y CONTENIDO DE HUMEDAD-----	90
5.5	RESISTENCIA A COMPRESIÓN DE LAS MEZCLAS PILOTO -----	92
5.6	RESISTENCIA A COMPRESIÓN DE LAS MEZCLAS DEFINITIVAS -----	102
6.	CONCLUSIONES -----	110
7.	RECOMENDACIONES PARA LA EMPRESA BLOQUES Y ADOQUINES DE SANTANDER -----	112
8.	REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS-----	113
9.	ANEXOS -----	115

## LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1. ENSAYO DE GRANULOMETRÍA. ....	39
FIGURA 2. MASAS UNITARIAS SUeltas Y COMPACTAS. ....	41
FIGURA 3. PESO ESPECÍFICO PARA ABSORCIÓN DE LAS ARENAS FINAS Y GRUESAS. ....	43
FIGURA 4. ENSAYO DE MATERIA ORGÁNICA. ....	44
FIGURA 5. ENSAYO DE PESO ESPECÍFICO DEL CEMENTO. ....	46
FIGURA 6. ESQUEMA GENERAL DE LA MÁQUINA PRODUCTORA DE BLOQUES QFT 8-15. ....	55
FIGURA 7. TOLVAS .....	56
FIGURA 8. PARTES DE LA MÁQUINA PRODUCTORA QFT 8-15 PARA EL MEZCLADO. ....	57
FIGURA 9. PARTES DE LA MÁQUINA PRODUCTORA QFT 8-15 PARA LA DOSIFICACIÓN DEL CEMENTO .....	58
FIGURA 10. MÁQUINA PRODUCTORA QFT 8-15 UTILIZADA EN LA PRODUCCIÓN DE LOS BLOQUES. ....	59
FIGURA 11. MOLDE Y TROQUEL PARA LA ELABORACIÓN DEL BLOQUE. ....	60
FIGURA 12. PROCESO FINALIZADO DE LA PRODUCCIÓN DEL BLOQUE. ....	61
FIGURA 13. ENSAYO DE ABSORCIÓN Y CONTENIDO DE HUMEDAD PARA LOS BLOQUES .....	64
FIGURA 14. DIMENSIONAMIENTO DE LOS BLOQUES H-12. ....	65
FIGURA 15. ENSAYO DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN DEL BLOQUE H-12. ....	67
FIGURA 16. CURVA GRANULOMÉTRICA DEL AGREGADO FINO. ....	68
FIGURA 17. CURVA GRANULOMÉTRICA DEL AGREGADO GRUESO .....	69
FIGURA 18. DEMOSTRACIÓN DEL GRADO DE MATERIA ORGÁNICA EN LA ARENA MEDIANTE LA TABLA DE COLORES GARDNER. ....	75
FIGURA 19. DIMENSIONES DE LOS BLOQUES H-12. ....	78
FIGURA 20. DIMENSIONAMIENTO DE LOS BLOQUES H-12. ....	88

## LISTA DE TABLAS

TABLA 1. PARÁMETROS DE DENSIDAD EN KG/M <sup>3</sup> PARA MAMPOSTERÍA. ....	25
TABLA 2. PARÁMETROS DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN EN MPA PARA MAMPOSTERÍA. ....	26
TABLA 3. PARÁMETROS DE PORCENTAJE DE ABSORCIÓN. ....	27
TABLA 4. MEZCLA PATRÓN PILOTO 1.....	48
TABLA 5. MEZCLA PATRÓN PILOTO 3. ....	49
TABLA 6. MEZCLA PATRÓN PILOTO 5.....	51
TABLA 7. MEZCLA DEFINITIVA 1.....	52
TABLA 8. MEZCLA DEFINITIVA 2.....	53
TABLA 9. MEZCLA DEFINITIVA 3. ....	54
TABLA 10. REQUISITOS DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN, ABSORCIÓN DE AGUA Y CLASIFICACIÓN DEL PESO. ....	62
TABLA 11. CLASIFICACIÓN DE LOS BLOQUES SEGÚN SU PESO. ....	64
TABLA 12. PARÁMETROS DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN EN MPA PARA MAMPOSTERÍA. ....	66
TABLA 13. MASA UNITARIA SUELTA DEL AGREGADO FINO.....	70
TABLA 14. MASA UNITARIA SUELTA DEL AGREGADO GRUESO .....	71
TABLA 15. MASA UNITARIA COMPACTA PARA EL AGREGADO FINO.....	71
TABLA 16. MASA UNITARIA COMPACTA PARA EL AGREGADO GRUESO.....	72
TABLA 17. GRAVEDAD ESPECÍFICA APARENTE DEL AGREGADO FINO. ....	73
TABLA 18. PORCENTAJE DE ABSORCIÓN DEL AGREGADO FINO. ....	73
TABLA 19. GRAVEDAD ESPECÍFICA APARENTE DEL AGREGADO GRUESO. ....	74
TABLA 20. PORCENTAJE DE ABSORCIÓN DEL AGREGADO GRUESO. ....	74
TABLA 21. PESO ESPECÍFICO DEL CEMENTO .....	75
TABLA 22. PORCENTAJE DE ABSORCIÓN DE LOS BLOQUES DISEÑADOS CON LAS MEZCLAS SIN ADITIVO, CON CONTENIDO DE EUCON DC Y SIKA HC-1 CO COMO ADITIVOS. ....	76
TABLA 23. PORCENTAJE DEL CONTENIDO DE HUMEDAD DE LOS BLOQUES DISEÑADOS CON LAS MEZCLAS SIN ADITIVO, CON CONTENIDO DE EUCON DC Y SIKA HC-1 CO COMO ADITIVOS. ....	77
TABLA 24. CLASIFICACIÓN DE LOS BLOQUES H-12 SEGÚN SU PESO. ....	79
TABLA 25. RESISTENCIA A COMPRESIÓN A LOS 7 DÍAS DE EDAD DE LAS MEZCLAS PATRÓN. ....	80
TABLA 26. RESULTADOS DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN DE LOS BLOQUES H-12 A LOS 7, 14 Y 28 DÍAS DE EDAD DE LA MEZCLA 1 LA CUAL NO CONTIENE ADITIVO. ....	83
TABLA 27. VOLUMEN DEL BLOQUE H-12 MENOS SUS DOS ESPACIOS HUECOS. ....	89
TABLA 28. CLASIFICACIÓN NORMAL SEGÚN LA DENSIDAD DEL BLOQUE H-12.....	89
TABLA 29. PORCENTAJE DE ABSORCIÓN PARA EL BLOQUE H-12.....	90
TABLA 30. PARÁMETROS DE CONTROL Y CALIDAD ESTABLECIDOS POR LA NTC 4024.....	90
TABLA 31. COMPARACIÓN DE DENSIDAD VS PORCENTAJE DE ABSORCIÓN PARA BLOQUE H-12. ....	91
TABLA 32. CONTENIDO DE HUMEDAD DE LOS BLOQUES H-12 .....	92
TABLA 33. DISEÑO DE MEZCLA PATRÓN 1 Y RESISTENCIA A COMPRESIÓN A LOS 7, 14 Y 28 DÍAS DE EDAD. 92	
TABLA 34. DISEÑO DE MEZCLA 2 CON ADITIVO SIKA PAVER HC-1 CO Y SU RESISTENCIA A COMPRESIÓN A LOS 7, 14 Y 28 DÍAS DE EDAD. ....	93
TABLA 35. DISEÑO DE MEZCLA PATRÓN 3 Y SU RESISTENCIA A COMPRESIÓN A LOS 7, 14 Y 28 DÍAS DE EDAD. ....	93
TABLA 36. DISEÑO DE MEZCLA 4 CON ADITIVO EUCON DC Y SU RESISTENCIA A COMPRESIÓN A LOS 7, 14 Y 28 DÍAS DE EDAD. ....	93

TABLA 37. DISEÑO DE MEZCLA PATRÓN 5 Y SU RESISTENCIA A COMPRESIÓN A LOS 7, 14 Y 28 DÍAS DE EDAD.	94
TABLA 38. COMPARACIÓN DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN A LOS 28 DÍAS DE EDAD DE LAS MEZCLAS PATRÓN Y SU RESPECTIVA GRÁFICA DE BARRAS.	94
TABLA 39. COMPARACIÓN DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN A LOS 7 DÍAS DE EDAD DE LAS MEZCLA PATRÓN 1 Y LA MEZCLA 2 CON CONTENIDO DE SIKA HC-1 CO Y SU RESPECTIVA GRÁFICA DE BARRAS.	96
TABLA 40. COMPARACIÓN DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN A LOS 14 DÍAS DE EDAD DE LAS MEZCLA PATRÓN 1 Y LA MEZCLA 2 CON CONTENIDO DE SIKA HC-1 CO Y SU RESPECTIVA GRÁFICA DE BARRAS.	97
TABLA 41. COMPARACIÓN DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN A LOS 28 DÍAS DE EDAD DE LAS MEZCLA PATRÓN 1 Y LA MEZCLA 2 CON CONTENIDO DE SIKA HC-1 CO Y SU RESPECTIVA GRÁFICA DE BARRAS.	98
TABLA 42. COMPARACIÓN DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN A LOS 7 DÍAS DE EDAD DE LAS MEZCLA PATRÓN 5 Y LA MEZCLA 2 CON CONTENIDO DE SIKA HC-1 CO Y SU RESPECTIVA GRÁFICA DE BARRAS.	99
TABLA 43. COMPARACIÓN DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN A LOS 14 DÍAS DE EDAD DE LAS MEZCLA PATRÓN 5 Y LA MEZCLA 2 CON CONTENIDO DE SIKA HC-1 CO Y SU RESPECTIVA GRÁFICA DE BARRAS.	100
TABLA 44. COMPARACIÓN DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN A LOS 28 DÍAS DE EDAD DE LAS MEZCLA PATRÓN 5 Y LA MEZCLA 2 CON CONTENIDO DE SIKA HC-1 CO Y SU RESPECTIVA GRÁFICA DE BARRAS.	101
TABLA 45. DISEÑO DE MEZCLA 1 SIN ADITIVO	102
TABLA 46. DISEÑO DE MEZCLA 2 CON SIKA HC-1 CO	103
TABLA 47. DISEÑO DE MEZCLA 3 CON EUCON DC	104
TABLA 48. COMPARACIÓN DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN A LOS 7 DÍAS DE EDAD DE LAS MEZCLAS Y SU RESPECTIVA GRÁFICA DE BARRAS.	105
TABLA 49. COMPARACIÓN DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN A LOS 14 DÍAS DE EDAD DE LAS MEZCLAS Y SU RESPECTIVA GRÁFICA DE BARRAS.	106
TABLA 50. COMPARACIÓN DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN A LOS 28 DÍAS DE EDAD DE LAS MEZCLAS Y SU RESPECTIVA GRÁFICA DE BARRAS.	107
TABLA 51. RESISTENCIA A COMPRESIÓN EXIGIDA POR LA NTC 4026 A LOS 28 DÍAS DE EDAD.	108
TABLA 52. RESULTADOS DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN DE LOS BLOQUES H-12 INDIVIDUALMENTE A LOS 28 DÍAS DE EDAD DE CADA MEZCLA.	109
TABLA 53. RESULTADOS DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN EN PROMEDIO DE LOS BLOQUES H-12 A LOS 28 DÍAS DE EDAD DE CADA MEZCLA.	109

## LISTADO DE ANEXOS

ANEXO 1. ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE LOS AGREGADOS FINOS.....	115
ANEXO 2. ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE LOS AGREGADOS GRUESO .....	115
ANEXO 3. MASA UNITARIA SUELTA PARA EL AGREGADO FINO .....	116
ANEXO 4. MASA UNITARIA SUELTA PARA EL AGREGADO GRUESO .....	116
ANEXO 5. MASA UNITARIA COMPACTA PARA EL AGREGADO FINO.....	117
ANEXO 6. MASA UNITARIA COMPACTA PARA EL AGREGADO GRUESO.....	117
ANEXO 7. PESO ESPECÍFICO PARA ABSORCIÓN DEL AGREGADO FINO.....	118
ANEXO 8. PESO ESPECÍFICO PARA ABSORCIÓN DEL AGREGADO GRUESO .....	119
ANEXO 9. PORCENTAJE DE ABSORCIÓN Y CONTENIDO DE HUMEDAD DEL BLOQUE H-12.....	119
ANEXO 10. DENSIDAD DE LOS BLOQUES H-12 NTC 4024 .....	121
ANEXO 11. DISEÑOS DE LAS MEZCLAS PILOTO .....	122
ANEXO 12. DISEÑOS DE LAS MEZCLAS DEFINITIVAS.....	123
ANEXO 13. ÁREA ÚTIL DE LOS BLOQUES H-12 .....	125

## GLOSARIO

**MAMPOSTERÍA ESTRUCTURAL:** Es un sistema constructivo ejecutado con elementos individuales prefabricados, colocados en un orden determinado y unidos por medio de mortero.

**BLOQUE H-12:** Es un bloque de concreto, perteneciente al grupo de bloques macizos estructurales, cuya resistencia a los 28 días debe estar mínimo en 13 Mpa, según la Norma Técnica Colombiana 4026.

**SIKA PAVER HC-1 CO:** Es un aditivo de alta eficiencia para mejorar y facilitar la compactación de concretos semi secos con bajo contenido de cemento permitiendo un diseño de mezcla más económico y generando productos de alta calidad.

**EUCON DC:** Es un aditivo líquido, reductor de agua que mejora el desarrollo de resistencias iniciales del concreto en bloques, adoquines, tejas, ladrillos y tubos.

## RESUMEN

**TITULO:** EVALUACIÓN DEL SISTEMA DE CALIDAD DE LAS MEZCLAS DE CONCRETO PARA EL USO DE BLOQUES DE MAMPOSTERÍA ESTRUCTURAL EN LA EMPRESA BLOQUES Y ADOQUINES DE SANTANDER

**AUTORES:** Laura Melissa Rojas Pedroza

**FACULTAD:** Facultad de Ingeniería Civil

**DIRECTOR (A):** Ingeniera. MSc. Luz Marina Torrado Gómez.

La mampostería estructural es un sistema constructivo compuesto por elementos individuales prefabricados, como los bloques de concreto o ladrillos de arcilla y colocados en un orden determinado y unidos por medio de mortero. El bloque de concreto está fabricado con cemento, agregado fino, agregado grueso, agua y otros aditivos como los son los aditivos acelerantes.

Actualmente, este tipo de sistema constructivo es muy usual ejecutarlo en la construcción de edificaciones puesto que es un sistema rígido de bajo desplazamiento lateral en presencia de eventos sísmicos minimizando los daños en sus acabados. Para la utilización de la mampostería estructural se necesita constantemente producir una alta cantidad de bloques de concreto lo cual hace indispensable para la empresa Bloques y Adoquines de Santander dedicada a la fabricación y comercialización de este tipo de bloques encontrar una manera confiable y económica de diseñar una mezcla óptima de concreto disminuyendo la proporción de los agregados teniendo en cuenta los parámetros de control y calidad de la NTC 4024 y 4026.

Para llevar a cabo esta experimentación fue necesaria la caracterización del cemento a usar, de la arena fina y gruesa, realizar diseños de mezclas para una resistencia dada y posteriormente la elaboración de 90 bloques H-12 con tres dosificaciones distintas de arena gruesa, adicionando SIKA PAVER HC-1 CO y EUCON DC como acelerantes para lograr la resistencia de 13 Mpa exigida por la norma NTC 4026, a una edad temprana.

**PALABRAS CLAVES:** Mampostería estructural, bloque de concreto, SIKA PAVER HC-1 CO, EUCON DC.

## ABSTRACT

**TITTLE:** SYSTEM QUALITY EVALUATION OF CONCRETE MIXTURES FOR THE USE OF STRUCTURAL MASONRY AT BLOQUES Y ADOQUINES DE SANTANDER COMPANY.

**AUTHORS:** Laura Melissa Rojas Pedroza.

**FACULTY:** Facultad de Ingeniería Civil

**DIRECTOR:** (A) MSc. Engineer Luz Marina Torrado Gómez.

Structural masonry is a constructive system composed of individual-prefabricated elements such as concrete blocks or clay bricks. These are placed in a determined order and united by a mortar. The concrete block is made with cement, fine aggregated, thick aggregated, water and two other additives such as accelerating additives.

Currently, this type of constructive system is usually executed in the construction of buildings and edifications since it is rigidly steady with low lateral displacement in seismic events. It is used ingredients reduce damages from appearing in its composition. The utilization of structural masonry requires a high and constant production of concrete blocks which would make it indispensable for the Bloques y Adoquines de Santander company (company that manufactures and commercializes these types of concrete blocks) to find a trustworthy and affordable manner to design an optimal concrete mixture. The method here recommended aims to reduce the aggregated mixtures' proportion while abiding under its respective quality and control regulations. (NTC 4024 and 4026)

To execute this experiment it was necessary to choose the appropriate cement while keeping in mind elements such as the thickness or thinness of the sand used. It was also imperative to make designs of mixtures to reach a given resistance. Consequently the process comprehended the elaboration of 90 H-12 concrete blocks with three different dosages: thick aggregated, Sika Paver HC-1 CO and EUCON DC as accelerators; these were utilized to reach a 13 Mpa resistance which is demanded by norm NTC 4026 at an early age.

**KEY WORDS:** Structural masonry, concrete blocks, SIKA PAVER HC-1 CO y EUCON DC.

## INTRODUCCION

La mampostería estructural es un sistema constructivo compuesto por elementos individuales prefabricados, como los bloques de concreto o ladrillos de arcilla, colocados en un orden determinado y unidos por medio de mortero. El bloque de concreto ofrece una serie de beneficios en la construcción de muros, cimentaciones y otras estructuras. Es altamente resistente al fuego, los insectos y el moho y en general, se espera que dure por años con poco o ningún mantenimiento, se instala más rápido, lo que reduce considerablemente los costos de mano de obra y el uso de equipo especial asociado con la instalación. Está fabricado con cemento estructural, agregado fino, agregado grueso, agua y otros aditivos como los son los aditivos acelerantes cuyo propósito es lograr que el concreto desarrolle a edades tempranas su resistencia, acelerando el proceso de fraguado del cemento.

En la actualidad, este tipo de sistema constructivo es muy usual ejecutarlo en la construcción de edificaciones puesto que es un sistema rígido de bajo desplazamiento lateral en presencia de eventos sísmicos minimizando los daños en sus acabados. Para la utilización de la mampostería estructural se necesita constantemente producir una alta cantidad de bloques de concreto lo cual hace importante encontrar una manera confiable de diseñar una mezcla óptima de concreto disminuyendo la proporción de los agregados de esta manera minimizando costos por cantidad de material como también ahorrando tiempo mediante el uso de ciertos aditivos acelerantes para la obtención de la resistencia a compresión adecuada de 13 Mpa cuando la demanda del mercado exige a menor tiempo de edad este valor mínimo de resistencia a los 28 días estipulado en los parámetros de control y calidad de la NTC 4026 y 4024.

En este trabajo de grado para la fabricación de los bloques de concreto se empleó para el agregado grueso y fino arena de peña adquirida por Bloques y Adoquines de Santander, cemento de la empresa CEMEX almacenado en el silo de Bloques y Adoquines de Santander, SIKA PAVER HC-1 CO y EUCON DC como aditivos acelerantes.

Entre tanto, El SIKA HC-1 CO es un aditivo de alta eficiencia para mejorar y facilitar la compactación de concretos semi secos con bajo contenido de cemento permitiendo un diseño de mezcla más económico y generando productos de alta calidad. Los concretos semi secos son generalmente utilizados por empresas

dedicadas a elaborar elementos prefabricados es decir bloques, adoquines, tuberías y cámaras.

El EUCON DC es un aditivo líquido, reductor de agua y base policarboxilato para productos de concreto "DryCast". Este aditivo mejora el desarrollo de resistencias iniciales del concreto en bloques, adoquines, tejas, ladrillos y tubos. También promueve una eficiente hidratación, mejorando resistencias iniciales, finales e integridad a la unidad.

## GENERALIDADES

### 1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Actualmente en el país, se han venido construyendo edificios de gran altura con sistemas estructurales más rígidos con el objetivo de minimizar los desplazamientos laterales que ocasionen daños irreparables en las edificaciones poniendo en peligro la vida de los ocupantes ante un evento sísmico.

La mampostería estructural hace parte del sistema denominado muros de carga y como tal cumple apropiadamente la función de dar rigidez a los edificios altos de manera que puedan mantenerse en los límites de desplazamiento lateral durante movimientos sísmicos.

El bloque de concreto es por excelencia el elemento prefabricado con mayores ventajas para ser usado en la ejecución de la mampostería estructural, puesto que económicamente en comparación con cualquier otro sistema constructivo tradicional es más eficiente en el proceso de la ejecución de los trabajos y al finalizar la obra. Sin embargo el proceso diario de producción en planta de bloques de concreto requiere altas cantidades de material en diferentes dosificaciones según el diseño de mezcla obtenido para lograr la mínima resistencia a compresión deseada a los 28 días de edad que se encuentra estipulada en la NTC 4026 de 13 Mpa, lo cual hace que los costos de adquisición de los agregados y del cemento en altas cantidades sean elevadamente representativos.

Por otro lado, puede presentarse el caso en que ciertas constructoras exijan en menor tiempo de edad el valor mínimo de 13 Mpa como resistencia a compresión de los bloques de concreto, por ello también se hace necesario incluir ciertos aditivos acelerantes como el SIKA HC-1 CO y el EUCON DC dentro del diseño de mezcla.

Conociendo que la mampostería estructural es de gran utilidad en la construcción de edificaciones, para su ejecución se requiere una alta producción de bloques de concreto. En Bucaramanga, la empresa Bloques y Adoquines de Santander ha querido apoyar la iniciativa, bajo la modalidad de proyecto de investigación, que permita la fabricación de los bloques de una manera eficiente y confiable a partir de una mezcla optimizada que esté completamente diseñada y aprobada bajo los parámetros de control de calidad establecidos en las normas NTC 4026 y 4024.

Para ello se requiere tomar muestras para ser ensayadas en la prensa ubicada dentro del laboratorio de la empresa con el objetivo de verificar que efectivamente la resistencia a compresión está cumpliendo con la NTC 4026.

## 1.2 JUSTIFICACIÓN

La mampostería estructural elaborada con bloques de concreto permite desarrollar un sistema constructivo tradicional con mayor exactitud, rapidez, uniformidad en sus acabados, resistencia y durabilidad, lo cual provee un desperdicio en obra casi nulo. Los bloques contienen la suficiente resistencia mecánica lo cual asegura la adecuada transmisión de las cargas.

En cuanto a la fabricación en planta de estos elementos prefabricados, los costos adquisitivos del material para los diferentes diseños de mezcla adecuados para lograr la mínima resistencia a compresión de 13 Mpa a 28 días de edad estipulada en la NTC 4026, son elevados. También, suele suceder que ciertas constructoras exijan en menor tiempo de edad el valor mínimo de 13 Mpa como resistencia a compresión de los bloques de concreto, por ello también se hace necesario incluir ciertos aditivos acelerantes como el SIKA HC-1 CO y el EUCON DC dentro del diseño de mezcla.

El presente proyecto servirá como punto de partida para la búsqueda de optimización de los procesos en cuanto al diseño de mezcla para la fabricación de bloques de concreto fabricados en la empresa Bloques y Adoquines de Santander, tendientes a la implementación del sistema de calidad de la misma a fin de obtener un posicionamiento en el mercado.

Como producto de este trabajo la empresa se verá beneficiada desarrollando no solo una mezcla ideal para sus productos, sino que adicionalmente, se lograran determinar paralelos entre las resistencias a edades tempranas para optimizar sus procesos constructivos, realizando comparaciones con las especificaciones técnicas estipuladas en las normas NTC 4026 y 4024 buscando que los resultados obtenidos sean de gran utilidad y confiabilidad para la empresa.

## OBJETIVOS

### 1.2.1 OBJETIVO GENERAL

Desarrollar una optimización de diseño de mezcla a implementar en la fabricación de bloques de concreto usados en mampostería estructural fabricados por la empresa Bloques y Adoquines de Santander.

### 1.2.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Diseñar una mezcla óptima de concreto para bloques ejerciendo control de calidad en los mismos mediante la realización de ensayos establecidos en la NTC 4026 y 4024.
- Elaborar bloques fabricados con la mezcla diseñada, realizar los ensayos de compresión y durabilidad respectivos para medir la resistencia de la misma.
- Analizar los resultados obtenidos mediante la comparación con la norma.

## 2. MARCO DE REFERENCIA

Los bloques de concreto destinados a ser implementados en la mampostería estructural, deben de cumplir estándares estipulados en las NTC 4024 Y 4026.

Teniendo en cuenta que para la producción de bloques a gran escala en planta se hace necesario utilizar continuamente diferentes proporciones de agregados y cemento con el fin de obtener las mezclas de diseño que permitan que la resistencia a compresión de los bloques fabricados sea mínimo de 13 Mpa a los 28 días de edad, así como también el uso de aditivos acelerantes como el SIKA HC-1 CO y el EUCON DC cuando se requiere cumplir con 13 Mpa en menor tiempo de edad, se hace conveniente diseñar una mezcla optimizada que satisfaga las necesidades descritas.

A continuación se presenta una concisa descripción teórica respecto a los diferentes conceptos relacionados al diseño de mezclas para la producción de este tipo de unidad prefabricada usada en la mampostería estructural.

### 2.1 MAMPOSTERÍA

La mampostería es la construcción ejecutada mediante unidades individuales y que al ser colocadas, deben ser unidas por mortero. Hay factores importantes que influyen en su durabilidad como lo son la mano de obra, la calidad del mortero, los materiales utilizados en la mezcla para su fabricación y el patrón como son colocadas las unidades.

Dependiendo de la dosificación y tipos de agregados pueden ser livianos, pesados, de mayor o menor resistencia así como también puede ser caracterizado por propiedades acústicas y térmicas.<sup>1</sup>

#### 2.1.1 TIPOS DE MAMPOSTERIA

##### 2.1.1.1 MAMPOSTERÍA ESTRUCTURAL

---

<sup>1</sup> Rivera, Wilfredo. Materiales y procedimientos de construcción, mampostería. [En línea]. [Consulta: 10 de Nov, 2013].

Es un sistema de construcción rígido lo que implica que su desplazamiento lateral durante un evento sísmico es muy bajo y presenta daños mínimos en los acabados. Los muros que la conforman deben soportar tanto su propio peso como las cargas horizontales y verticales actuantes sobre sus planos.

Los bloques de cavidad de carga y bloques sólidos de carga, clasifican dentro de la mampostería estructural. Sus propiedades varían dependiendo de los agregados que se utilicen para su diseño de mezcla, es decir si el material utilizado es arena y grava, como propiedad generada está la gran resistencia a compresión, la baja absorción de agua y excelente densidad y durabilidad. Si se usa ceniza gruesa de carbón, le genera buena resistencia, mejores propiedades térmicas y acústicas, pero como aspecto negativo le aporta una mayor porosidad y absorción de agua. La arcilla como agregado le provee una alta resistencia, durabilidad y buenas propiedades térmicas y acústicas.

Es importante tener en cuenta la aplicación que se le vaya a dar a los bloques de concreto. La calidad del bloque se mide a partir de su resistencia y densidad, por tanto es de gran importancia que durante el diseño de la mezcla se haga la correcta aplicación de todos los parámetros indicados en la NTC 4024 (Muestreo y ensayos de bloques: Absorción, contenido de humedad, resistencia a la compresión y densidad), NTC 4026 (Bloques estructurales) y NTC 4076 (Bloques no estructurales), así como las usadas para la caracterización de los materiales.

#### **2.1.1.2 MAMPOSTERIA NO ESTRUCTURAL**

Es aquella en la cual los muros deben soportar tan solo su propio peso y sirven para separar espacios de la vivienda. Según el sitio donde se colocan los muros, se pueden llamar de fachada o divisorios.

### **2.2 FABRICACIÓN DE LOS BLOQUES DE CONCRETO**

A grosso modo se inicia con la elección del tipo de equipo de producción y del proceso del curado, almacenamiento y despacho, que sea adecuado para el proyecto que se va a iniciar. Posterior a ello, se hace la selección y caracterización de los agregados teniendo en cuenta que sean de buena calidad, limpios y con la granulometría adecuada según las dimensiones de las unidades, resistencia y textura esperada. También se hace necesario elegir los otros materiales que se van a utilizar, entre ellos se encuentran el cemento, en base a la resistencia final que se desee, los aditivos que a su vez se hace necesario que sean compatibles con el tipo de cemento seleccionado.

Se debe de formular una dosificación para todos los materiales seleccionados a usar en la mezcla y del agua, a partir de las características exigidas para el

producto final, para ellos se debe de realizar unos ensayos de laboratorio para medir la resistencia a compresión de la mezcla, ya que no es correcto asumir una dosificación estándar o convencional para cualquier tipo de estructura para la cual se estén fabricando los bloques de concreto.

Se utiliza una mezcladora para introducir los agregados en las proporciones calculadas y con su correcta secuencia, se va introduciendo a su vez el agua, no descuidando la humedad que va incorporada en los agregados, posteriormente adicionando los cementos que se van a utilizar.

Por lo general los aditivos se adicionan de manera líquida en la mezcladora, mezclados con agua, los colorantes si se desea poner como un material más en la mezcla, se deben adicionar en polvos o gránulos directamente en la mezcladora o en suspensión, incorporando a su vez parte del agua calculada. Cabe mencionar que según el tipo de producto que se desee, se seguirá un proceso de mezclado, secuencia y duración en particular hasta obtener la mezcla de concreto diseñada en un principio sin ignorar que lo ideal en la mezcla es que se logre una homogeneidad en composición y color.

Posterior al procedimiento descrito con anterioridad, la mezcla se pasa a una máquina vibro compresora para moldear las unidades a partir de la compresión y vibración, en molde de dimensiones controladas, una vez obtenidas las unidades se llevan al proceso de curado. Para el curado en máquina de vapor, las unidades se someten al curado inicial extendido a 24 horas, 18 horas o en otros casos a menos horas. Después de que las unidades estén secas, se agrupan para ser forrados con láminas de plástico para luego ser llevadas al sitio de almacenamiento, no olvidando que se debe de controlar su humedad.

Por otro lado cuando el curado se hace por riego de agua, en espacios abiertos, las unidades se dejan sobre las bandejas hasta que fragüen, se agrupan y se continua unos 7 días hasta que las unidades alcancen la resistencia adecuada para proceder a empacarlos para su comercialización, de esta manera no se obtienen unidades con control de humedad.<sup>2</sup>

### **2.3 TIPOS DE BLOQUE DE CONCRETO PARA MAMPOSTERIA**

El bloque de concreto es un elemento prefabricado, compuesto de cemento Portland, arena, agua y otros aditivos, con forma de prisma recto y con una o más perforaciones verticales que superan el 25% del área bruta. Es utilizado para

---

<sup>2</sup>Herrera, Angélica María y Madrid, Germán Guillermo. Manual de construcción de mampostería de concreto. [En línea]. <http://santafe-art.com/personal/Miguel%20gomez%20valencia/MANUAL%20ICPC%20-%20MAMPOSTERIA.pdf>. [Consulta: 11 de Nov, 2013].

elaborar mamposterías que a su vez dependen en gran parte de las características mecánicas y estéticas de los bloques de concreto.

Las unidades de mampostería estructural pueden ser de perforación vertical, horizontal ó macizas y deben de cumplir las especificaciones establecidas en las normas NTC 4026 expedidas por el Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación, INCONTEC.

Las unidades de concreto de resistencia clase baja, deben cumplir la norma NTC 4076.<sup>3</sup>

### **2.3.1 BLOQUES MACIZOS DIVISORIOS**

Los bloques macizos divisorios se encuentran en dos formatos los cuales son H-7 y H-9, según los requerimientos del mercado. Están diseñados con celdas verticales las cuales en la parte inferior se encuentran selladas permitiendo mayor adherencia y menos consumo de material de pega en obra, ahorrando dinero en tiempo y mano de obra. Debido al proceso industrializado por vibro compactado, su acabado liso y poro sellado permite el ahorro en material para friso permitiendo estucar directamente.

### **2.3.2 BLOQUES MACIZOS ESTRUCTURALES**

Responden a los requerimientos de resistencia exigidos por las normas técnicas colombianas como la NTC 4026. Sus dimensiones son exactas permitiendo que los muros queden plomados por ambas caras, ya que su textura lisa permite estucar directamente reduciendo los costos.

Poseen gran durabilidad, en sus celdas se puede colocar barras de refuerzo vertical así como tuberías eléctricas, hidrosanitarias y de telecomunicaciones, ya que funcionan como cámaras de aire aislante.

Poseen baja absorción de la humedad gracias al poro cerrado resultado del proceso industrializado vibrocompactado.

Los bloques H-12 y H-14 corresponden a los bloques macizos estructurales.<sup>4</sup>

---

<sup>3</sup> Norma Técnica Colombiana, NTC 4024. Prefabricados de concreto. Muestreo y ensayo de prefabricados de concreto no reforzados, vibrocompactados.

<sup>4</sup> Bloques y Adoquines de Santander. [En línea]  
<http://bloquesyadoquines.com/nosotros>. [consulta: 10 de Nov, 2013].

## 2.4 CONTROL Y CALIDAD

La función de control y calidad de las unidades de mampostería es verificar, mediante pruebas normalizadas el cumplimiento de las NTC 4026 para mampostería estructural y la NTC 4076 para unidades de concreto de resistencia clase baja.

Para las unidades de mampostería se deben realizar los ensayos establecidos en la NTC 4024 de absorción, contenido de humedad, resistencia a la compresión, densidad (cuando sea solicitado) y deben de verificarse los requisitos dimensionales y de acabado. Para la realización de los siguientes ensayos, se toman 5 unidades al azar como especímenes de ensayo.

### 2.4.1 DENSIDAD (D)

Depende fundamentalmente del peso de los agregados y del peso de fabricación es decir de la compactación dada a la mezcla. Debe buscarse la densidad máxima alcanzada por los materiales, dosificaciones y equipos disponibles ya que de ella dependen directamente todas las demás características de las unidades como la resistencia a compresión, la absorción, permeabilidad, durabilidad, entre otras.

Se han establecido tres clases de unidades de mampostería expuestas en la Tabla1 dada por la NTC 4024:

Tabla 1. Parámetros de densidad en Kg/m<sup>3</sup> para mampostería.

Absorción de agua (Aa) % según el peso (densidad) del concreto seco en horno, kg/m <sup>3</sup>		
Promedio de 3 unidades, máximo, %		
Peso liviano menos de 1 680 kg/m <sup>3</sup>	Peso mediano, de 1 680 kg/m <sup>3</sup> hasta menos de 2 000 kg/m <sup>3</sup>	Peso normal, 2 000 kg/m <sup>3</sup> o más
15%	12%	9%
18%	15%	12%

Fuente: Tomada y adaptada de la NTC-4024

## 2.4.2 RESISTENCIA A COMPRESION (Rc28)

En los bloques de concreto para mampostería estructural se tienen en cuenta las unidades de alta resistencia y las de baja resistencia. En la alta clasifican todas las unidades utilizadas en todo tipo de construcción incluyendo edificios. La baja es utilizada de uno y dos pisos.

La resistencia a la compresión está asignada para ser alcanzada a los 28 días sin embargo, las unidades pueden ser utilizadas a edades menores cuando se cuenta con un registro de evolución de la resistencia de las unidades pero con iguales características, donde indiquen que ellas alcanzaran la adecuada resistencia a los 28 días.

En la tabla 2 expuesta en la NTC 4026, se establecen los requisitos de resistencia a compresión para las unidades de mampostería:

Tabla 2. Parámetros de resistencia a compresión en Mpa para mampostería.

<b>Resistencia a la compresión a los 28 d (Rc28), evaluada sobre el área neta promedio (Anp)</b>		
<b>Mínimo, Mpa</b>		
<b>Clase</b>	<b>Promedio de 3 unidades</b>	<b>Individual</b>
Alta	13	11
Baja	8	7

Fuente: Tomada y adaptada de la NTC-4026

### 2.4.3 ABSORCION ( Aa%)

La tasa de absorción es la cantidad de agua que puede llegar a absorber una unidad por minuto. Es importante controlarla para evitar que la unidad le robe agua del mortero e influya críticamente en la reducción de su resistencia.<sup>5</sup>

Los límites para la absorción varían según el tipo de concreto con que esté elaborada la unidad.

Los porcentajes de absorción permitidos según la clasificación de los bloques por su peso se encuentran en la tabla 3 según la NTC 4024.

Tabla 3. Parámetros de porcentaje de absorción.

Resistencia a la compresión a los 28 d (Rc28), evaluada sobre el area neta promedia (Anp)			Absorción de agua (Aa) % según el peso (densidad) del concreto secado en horno, kg/m <sup>3</sup>		
Mínimo, Mpa			Promedio de 3 unidades, máximo, %		
Clase	Promedio de 3 unidades	Individual	Peso liviano menos de 1 680 kg/m <sup>3</sup>	Peso mediano, de 1 680 kg/m <sup>3</sup> hasta menos de 2 000 kg/m <sup>3</sup>	Peso normal, 2 000 kg/m <sup>3</sup> o más
Alta	13	11	15%	12%	9%
Baja	8	7	18%	15%	12%

Fuente: Tomada y adaptada de la NTC-4024

Es importante tener los menores niveles de absorción posibles ya que a mayor absorción de las unidades, estas sustraen más agua del mortero de pega y de inyección, reduciendo o anulando la hidratación del cemento en la superficie que los une, con lo cual se pierde adherencia y se originan fisuras. Por otro lado, las unidades totalmente impermeables evitan el intercambio de humedad y la creación de una superficie de adherencia, dando como resultado uniones de baja resistencia, que se manifiestan como fisuras y que son permeables al agua.

Una absorción baja, reduce el ingreso de agua dentro de la masa de la unidad, y por consiguiente el de materiales contaminantes que son contenidos dentro de esta, por lo cual es un requisito de calidad para la durabilidad.

<sup>5</sup>Vélez Moreno, Ligia María. Materiales y Normas para materiales y sistemas de mampostería. [En línea]. <http://es.scribd.com/doc/13138912/Mamposteria-Materiales-y-Sistemas>. [Consulta: 10 de Nov, 2013].

La absorción esta inversamente relacionada con la resistencia a compresión, por lo tanto se permiten niveles mayores para las unidades de resistencia baja.<sup>6</sup>

#### **2.4.4 CONTENIDO DE HUMEDAD (H)**

El contenido de humedad no es una propiedad del concreto de la unidad como tal sino un estado de presencia de humedad dentro de la masa del mismo, entre la saturación y el estado seco al horno.

El control de contenido de humedad de las unidades es muy importante ya que el concreto se expande y se contrae con el aumento y disminución de su humedad, la colocación de unidades muy húmedas producen su contracción posterior y la aparición de fisuras. Si los bloques se colocan en el muro con una humedad mayor que la del medio ambiente, pierden humedad hasta llegar al equilibrio con la humedad ambiente, y dado que los muros poseen restricciones de movimiento, aunque sea solo en su fundación, la contracción de las unidades origina fisuración de los muros, por compatibilidad de deformaciones. Por lo tanto es indispensable mantener el menor contenido de humedad posible en las unidades en todo momento.

##### **2.4.4.1 UNIDADES TIPO I - CON CONTROL DE HUMEDA**

Deben de tener un estricto control de secado, es decir, las unidades secas deben de protegerse con láminas de plástico hasta ser colocadas en el muro, el cual también debe de protegerse para que no reciba humedad proveniente de la lluvia o de otras actividades de construcción, con el propósito de reducir al mínimo o eliminar completamente la fisuración posterior de los muros.

##### **2.4.4.2 UNIDADES TIPO II – CON CONTROL DE HUMEDAD**

Estas unidades se curan con riego de agua y se almacenan a la intemperie en la planta y en la obra. Es decir que en ellas el control de humedad es muy mínimo, ya que no tienen parámetros a cumplir en cuanto a la humedad.

#### **2.4.5 TRANSPORTE**

---

<sup>6</sup> Normas Técnicas colombianas NTC 4024 y 4026 del año 2001 y 1997 respectivamente. Prefabricados de concreto. Muestreo y ensayo de prefabricados de concreto no reforzados, vibrocompactados. Ingeniería civil y arquitectura. Unidades (bloques y ladrillos) de concreto para mampostería estructural. [Consulta: 9 de enero de 2014].

El manejo y transporte de las unidades debe hacerse cuidadosamente evitando el deterioro o daño de los bloques. A partir del nivel de tecnificación que se tenga el transporte se hace unidad por unidad o a modo de estibas.

#### **2.4.6 RECEPCION**

Las unidades de mampostería deben de cumplir con todos los parámetros establecidos en la NTC 4026 o NTC 4076 en caso de ser mampostería no estructural. Es recomendable tomar una muestra testigo ya que en caso de incumplimiento de algunos de los valores, el proveedor puede pedir que la muestra sea ensayada y si esta cumple la norma se acepta el lote, de lo contrario se rechaza definitivamente.

#### **2.4.7 ALMACENAMIENTO**

Las unidades de concreto para mampostería nunca deben de mojarse ni antes, ni durante ni después del proceso de pega. Deben de protegerse contra la lluvia, la humedad proveniente del suelo y a su vez evitar que sean contaminados con tierra u otros materiales que afecten su adherencia con el mortero de pega.

Los arrumes de unidades puestas deben de tener una altura de 1,60 m como máximo para evitar que se derrumben y las unidades deben de ser puestas en hileras horizontales en las que cada unidad se traslapa con las de la hilera superior e inferior.

#### **2.4.8 MANEJO INTERNO**

Al tomar los bloques de los arrumes, estos no se deben arrojar sino que se deben ser colocados en carretillas para ser movilizados hasta el sitio de trabajo. Se recomienda que la carretilla tenga una superficie plana para lograr un mayor rendimiento en el transporte y un menor deterioro en los bloques.

### **2.5 CARACTERISTICAS ADICIONALES DE LOS BLOQUES DE CONCRETO**

#### **2.5.1 AISLAMIENTO ACUSTICO**

Al chocar con un muro las sondas de sonido son parcialmente reflejadas, absorbidas y transmitidas en cantidades variables dependiendo de la clase de superficie y la composición del muro.

A causa de las perforaciones verticales de los bloques de concreto, su área neta transversal varía entre el 40% y el 50% del área bruta, lo cual proporciona cámaras aislantes que pueden ser reforzadas en su función al ser rellenas con espuma, fibra de vidrio, entre otras.

La absorción de sonido, se acentúa en los bloques de concreto con textura abierta y disminuye hasta en un 3% cuando han sido recubiertos con acabados lisos que contribuyen a cerrar los poros.

### **2.5.2 AISLAMIENTO TÉRMICO**

Las perforaciones de los bloques funcionan como cámaras aislantes que bien pueden ser utilizadas para permitir la circulación de aire en su interior y aliviar la carga de almacenamiento térmico del muro; o, en sistemas cerrados, para ganar carga térmica bajo láminas de vidrio en colectores solares.

### **2.5.3 RESISTENCIA AL FUEGO**

La resistencia al fuego de un muro está relacionada con el diseño y las dimensiones de las unidades de mampostería, el tipo de agregados empleados en su fabricación, la relación cemento/agregados, el método del curado del concreto y su resistencia.

Esta resistencia se expresa en función del espesor equivalente, es decir, el espesor de material sólido existente en la trayectoria del flujo calórico. Dicho espesor, corresponde a un número de horas necesario para que se produzca la elevación máxima de temperatura que el bloque puede resistir.

## **2.6 CARACTERÍSTICAS DIMENSIONALES**

### **2.6.1 MODULARIDAD Y VARIACIONES**

El sistema de unidades de concreto para mampostería es rigurosamente modular, y dado su proceso de fabricación las medidas son muy precisas sin embargo pueden darse variaciones entre celdas de moldes o el desgaste de los mismos dando lugar a que existan diferencias entre unidades aparentemente iguales.

### **2.6.2 DIMENSIONES**

Las dimensiones de una unidad de mampostería están definidas como su espesor, altura y longitud. Para cada una de ellas existen tres tipos de dimensiones las cuales son:

- Dimensiones reales: Son las medidas directamente sobre la unidad en el momento de evaluar su calidad.
- Dimensiones estándar: Son las designadas por el fabricante en su catálogo.
- Dimensiones nominales: Son iguales a las dimensiones estándar, pero sumándoles 10 mm de más que representa el espesor de pega.

### **2.6.3 ACABADO Y APARIENCIA**

Todas las unidades deben de estar libres de fisuras considerables o cualquier otro tipo de defectos que interfieran con el proceso apropiado de colocación de los bloques, o que perjudiquen significativamente la resistencia o permanencia de la construcción.

Por otro lado, las fisuras menores, inherentes al método de fabricación, o las desportilladuras menores que resultan de los métodos usuales de manipulación de despacho y en la entrega, no son motivos de rechazo.

Cuando las unidades se van a utilizar en construcciones de mampostería expuesta, la pared o paredes de las unidades, que van a estar expuestas, no deben de tener desportilladuras ni grietas , ni otras imperfecciones visibles que puedan ser observadas desde una distancia igual o mayor de 6 metros, con una fuente de luz difusa.<sup>7</sup>

## **2.7 VENTAJAS Y DESVENTAJAS**

### **2.7.1 VENTAJAS**

La mampostería estructural es uno de los sistemas estructurales que más está influenciada por los controles que se puedan tener, tanto en el diseño como en la construcción. Por esta razón el sistema presenta indudables ventajas de orden económico y operacional cuando se han tenido condiciones adecuadas. Algunas ventajas son:

- Disminución de acabados.
- Condiciones eléctricas y sanitarias internas.

---

<sup>7</sup>Herrera, Angélica María y Madrid, Germán Guillermo. Manual de construcción de mampostería de concreto. [En línea]. <http://santafe-art.com/personal/Miguel%20gomez%20valencia/MANUAL%20ICPC%20-%20MAMPOSTERIA.pdf>. [Consulta: 11 de Nov, 2013].

- Aislamiento térmico y acústico.
- Utilización racional del cemento.
- Posibilidad de utilizar entrepisos prefabricados.
- Utilización de elementos de cierre como estructura.
- Reducción de formaletería y obra falsa.
- Daños secundarios menores ante presencia de un sismo.
- Eliminación de resanes y desperdicios.
- Reducción de costos.<sup>8</sup>

## 2.7.2 DESVENTAJAS

Por otro lado, las desventajas de la mampostería estructural están en los controles que no se hagan y en los aspectos generales para la construcción de estas estructuras. Algunas desventajas son:

- Requiere mano de obra calificada.
- Requiere controles de calidad rigurosos y sistemáticos.
- Requiere ejes fijos.
- Requiere fundaciones rígidas.
- Son estructuras poco dúctiles.
- Requiere entrepisos monolíticos en todas las estructuras.
- Utiliza mayores factores de seguridad.

## 2.8 ADITIVOS SIKA PAVER HC-1 Y EUCON DC

### 2.8.1 SIKA PAVER HC-1 CO

Es un aditivo de alta eficiencia para mejorar y facilitar la compactación de concretos semi secos en la elaboración de elementos prefabricados con bajo contenido de cemento.

#### 2.8.1.1 Usos del SIKA PAVER HC-1 CO

Es utilizado para concretos con bajo contenido de cemento y bajo contenido de humedad, para la elaboración de:

---

<sup>8</sup> Carlos Alberto Sánchez Cantillo. Metodologías de diseño para edificaciones en mampostería estructural basadas en la norma colombiana de diseño y construcción sismo -resistente, NSR 98. [En línea]. <http://repositorio.uis.edu.co/jspui/bitstream/123456789/1720/2/112659.pdf>. [Consulta: 21 de enero del 2014]

- Adoquines
- Bloques
- Tuberías
- Cámaras

#### **2.8.1.2 Ventajas**

- Eficiente dispersión de la pasta de cemento, aditivos y pigmentos dentro de la mezcla.
- Más rápido llenado de moldes
- Se optimiza la compactación con menor tiempo de prensado y menor ciclo de producción.
- Disminuye el desgaste de equipos y moldes
- Incrementa la capacidad de la mezcla fresca para mantener su forma, inmediatamente después del desmolde.
- Permite un diseño de mezcla más económica.

#### **2.8.1.3 Datos técnicos**

- Densidad: 1,01 kg/lt.
- pH: 7 (neutro).

#### **2.8.1.4 Aplicación consumo**

- 0,3 – 0,7 % del peso del cemento.

#### **2.8.1.5 Notas sobre aplicación**

- Puede ser mezclado junto con agua de amasado o agregado al final del proceso de mezclado.
- Se recomienda realizar pruebas preliminares para ajustar dosis y tiempos de mezclado.<sup>9</sup>

### **2.8.2 EUCON DC**

Aditivo líquido reductor de agua, base policarboxilato el cual se adiciona en unidades de consolidación para productos de concreto "DryCast".

#### **2.8.2.1 Usos del EUCONDC**

- Tubería de concreto
- Baldosas para cubiertas
- Adoquines
- Sistemas prefabricados de paredes
- Bloque de concreto

---

<sup>9</sup> Ficha técnica Sika. Sika paver HC-1 CO. Aditivo para prefabricados de mezcla semiseca.

- "DryCast" productos prefabricados con concretos frescos

#### **2.8.2.2 Ventajas**

- Mejora el ciclo y tiempo de alimentación.
- Produce ángulos más definidos.
- Mejora la resistencia a compresión.
- Aumenta la vida de los moldes.
- Reduce el costo por unidad.
- Educe el contenido de cemento.

#### **2.8.2.3 Datos técnicos**

- Densidad: 1,0 Kg/l +/- 0,01 kg/l
- Punto de congelación: -6,7 C°
- Color: Ámbar

#### **2.8.2.4 Dosificación**

- El rango de dosis está de 130 – 391 ml/ 100 kg de cemento (0,13 kg – 0,40 kg/100 kg de cemento).

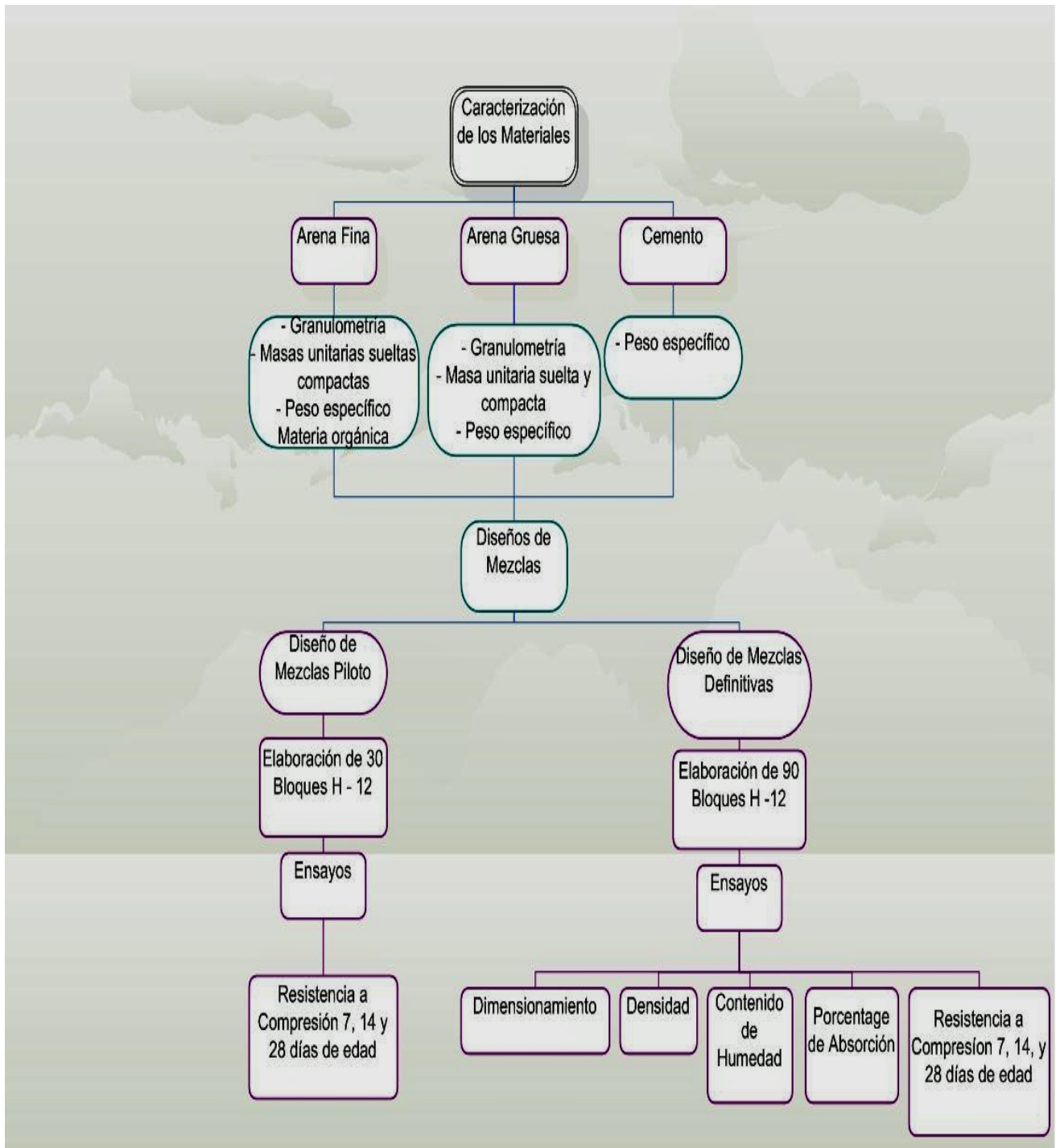
#### **2.8.2.5 Notas sobre aplicación**

- Deberá ser introducido en el agua inicial de mezcla pero nunca directamente sobre el cemento.
- Después que todos los materiales están mezclados, agitar agresivamente por un mínimo de tres minutos.<sup>10</sup>

---

<sup>10</sup> Ficha técnica de TOXEMENT. EUCON DC. Aditivo plastificante para productos "Dry Cast" de concreto.

### 3. METODOLOGÍA



### **3.1 MATERIALES EMPLEADOS**

#### **3.1.1 MATERIAL GRANULAR**

El material empleado como arena gruesa y arena fina para la realización de este proyecto tienen procedencia de la cantera ubicada en la vereda de San Isidro, en Lebrija, Santander.

##### **3.1.1.2 Ensayos a los materiales granulares**

Los ensayos respectivos para llevar a cabo la clasificación del agregado fino y grueso empleados en la fabricación de los bloques de concreto para mampostería estructural son los siguientes:

###### **Agregado fino:**

- Granulometría (NTC 174)
- Masas unitarias sueltas y compactas (NTC 92)
- Peso específico para absorción (NTC 237)
- Contenido de materia orgánica (NTC 127)

###### **Agregado grueso:**

- Granulometría (NTC 174)
- Masas unitarias sueltas y compactas (NTC 92)
- Peso específico para absorción (NTC 237)

##### **3.1.1.3 DESCRIPCIÓN DE LOS PROCEDIMIENTOS DE LA CARACTERIZACIÓN DE LOS MATERIALES GRANULARES**

###### **1. Granulometría de los agregados finos y gruesos NTC 174. Especificaciones de los Agregados para el Concreto.**

Siguiendo el procedimiento establecido en la norma NTC 174, se desarrollan ítems:

- ✓ El material de estudio se extiende sobre una superficie y manualmente se mezcla entre sí formando una homogeneidad en el material.
- ✓ Posteriormente, se procede a realizar el cuarteo sobre el agregado en el cual se toman 2/4 partes del material para ser lavado eliminando las impurezas que puedan pasar por el tamiz N 200.

- ✓ El agregado se somete a una temperatura de 110°C en el horno por 24 horas, después de cumplido este período se procede a seleccionar el material disponiendo de la serie de tamices correspondientes al agregado grueso y fino.
- ✓ Obtenidos los datos de peso retenido en cada tamiz, se realizan los cálculos correspondientes en la tabla establecida para la clasificación del material determinando el tamaño máximo nominal perteneciente al agregado grueso, y el módulo de finura correspondiente al agregado fino y a su vez se realiza la gráfica granulométrica.<sup>11</sup>

El siguiente registro fotográfico muestra el procedimiento desarrollado en el ensayo de granulometría:

---

<sup>11</sup> Norma Técnica Colombiana. NTC 174, 2000. Especificaciones de los agregados para concreto.

Figura 1. Ensayo de granulometría.



Fuente: Propia

## 2. Masas unitarias sueltas y compactas NTC 92. Ingeniería Civil y Arquitectura. Determinación de la Masa Unitaria y los Vacíos entre Partículas de Agregados.

La norma NTC 92 determina la masa unitaria en condición compactada o suelta y el cálculo de los vacíos entre las partículas de agregados finos, gruesos o mezclados. Esta norma se aplica a agregados que no exceden los 150 mm de tamaño máximo nominal.

A partir de lo establecido por las normas NTC 92, se desarrollan los siguientes procedimientos para la realización de este ensayo:

### Masas unitarias sueltas:

- ✓ Se toma un molde cilíndrico al cual se le calcula el volumen, y se registra su peso.
- ✓ A una altura de 10 cm se deja caer el agregado completamente seco dentro del molde, hasta llenarlo completamente, se enraza y se prosigue a obtener

su peso evitando la presencia de vibrado durante el desplazamiento hacia la balanza.

- ✓ Este procedimiento se ejecuta tres veces.
- ✓ Finalizado el registro de las masas obtenidas, se realiza un promedio el cual se divide sobre el volumen, obteniendo así el valor para masa unitaria suelta.

### **Masas unitarias compactas:**

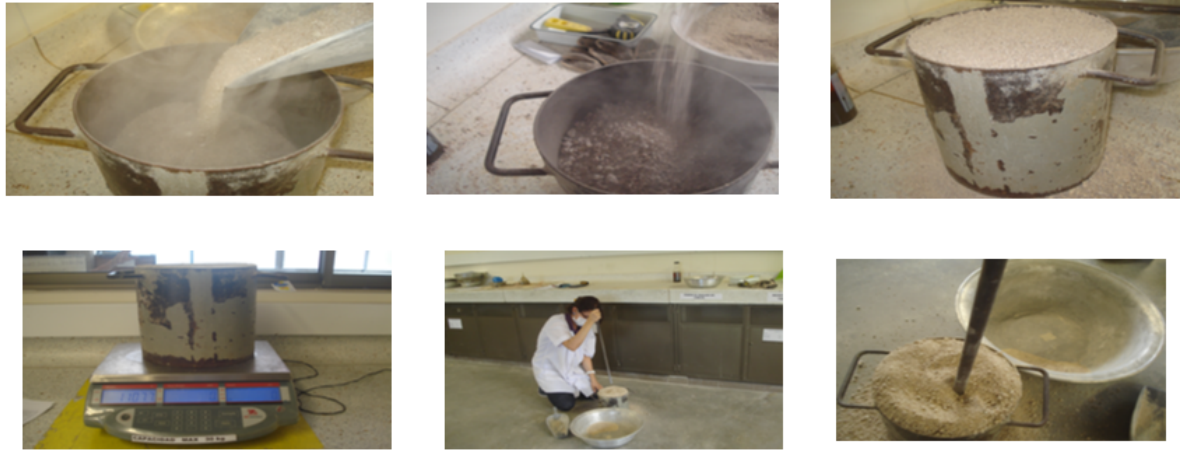
- ✓ Se toma un molde cilíndrico, para el cual se registra su volumen y su peso.
- ✓ Se llena el recipiente con el agregado en tres capas teniendo en cuenta que cada capa debe recibir 25 golpes con una varilla.
- ✓ Llenadas las tres capas, se enraza el molde y se procede a obtener su peso.
- ✓ Este procedimiento se ejecuta tres veces.
- ✓ Finalizado el registro de las masas obtenidas, se realiza un promedio el cual se divide sobre el volumen, obteniendo así el valor para masa unitaria compacta.<sup>12</sup>

El siguiente registro fotográfico muestra el procedimiento desarrollado en el ensayo de masas unitarias sueltas y compactas respectivamente:

---

<sup>12</sup> Norma Técnica Colombiana. NTC 92. Ingeniería civil y arquitectura. Determinación de la masa unitaria y los vacíos entre partículas de agregados, 1995.

Figura 2. Masas unitarias sueltas y compactas.



Fuente: Propia

### 3. **Peso específico para absorción NTC 237. Ingeniería Civil y Arquitectura. Método para Determinar la Densidad y la Absorción del Agregado Fino.**

La densidad aparente es la característica que se usa generalmente para calcular el volumen ocupado por el agregado en varias mezclas que contienen agregados incluyendo el concreto de cemento hidráulico, el concreto bituminoso, y otras mezclas que son dosificadas o analizadas con base en el volumen absoluto.

Los valores de la absorción se usan para calcular el cambio en la masa de un agregado debido al agua absorbida en los espacios de los poros saturables, comparado con la condición seca, cuando se considera que el agregado ha estado en contacto con el agua el tiempo suficiente para satisfacer la mayoría del potencial de absorción.

- **Desarrollo del ensayo:**

- ✓ Se pesan 800 gramos del material y se deja sumergidos en agua por 24 horas.
- ✓ Posteriormente se extiende sobre una superficie plana para comenzar el proceso de secado moderado.
- ✓ A medida que el material va obteniendo un secado homogéneo, se va realizando la prueba del cono colocando una porción de la muestra en tres capas con 25 golpes cada una.
- ✓ Una vez llenado el molde, se levanta verticalmente, para observar si el agregado ha alcanzado la condición de superficie seca.

- ✓ En caso de que la muestra aun conserve un exceso de humedad, se debe continuar con el secado del agregado e ir repitiendo la prueba del cono, hasta alcanzar un desmoronamiento superficial que indica que el material ya alcanzó la condición de secado deseable.
- ✓ Se procede a tomar una muestra de 500 gramos del agregado para envasarla en el picnómetro llenándolo con agua a 23°C hasta más o menos 250 cms<sup>3</sup>, luego se hace girar el picnómetro para eliminar todas las burbujas de aire posibles. Se procede a cuantificar el peso del picnómetro en la balanza anotando su respectivo valor.
- ✓ Al término de este paso, se embaza la muestra en un recipiente y se pone en el horno durante 24 horas.
- ✓ Al día siguiente se saca el recipiente del horno y se pesa la muestra registrando el valor de masa obtenido.
- ✓ Finalmente se divide el peso obtenido del material seco sobre la suma del peso del picnómetro más agua, peso del material del suelo seco y peso del picnómetro más agua más material.
- ✓ Obteniendo gravedad específica aparente.<sup>13</sup>

El siguiente registro fotográfico muestra el procedimiento desarrollado en el ensayo peso específico para absorción:

---

<sup>13</sup> Norma Técnica Colombiana, NTC 237. Ingeniería civil y arquitectura. Método para determinar la densidad y absorción del agregado fino, 1995.

Figura 3. Peso específico para absorción de las arenas finas y gruesas.



Fuente: Propia

#### 4. Contenido de materia orgánica NTC 127. Método de Ensayo para Determinar las Impurezas Orgánicas en Agregado Fino para Concreto.

La NTC 127 señala el procedimiento a seguir para determinar aproximadamente la presencia de impurezas orgánicas perjudiciales para el agregado fino usado en mortero de cemento hidráulico o en concreto.

- **Desarrollo del ensayo:**

- ✓ En un frasco de vidrio especial para realizar este ensayo, se agregan 6 gramos de soda caustica.
- ✓ Se introducen 130 ml de material.
- ✓ Se adicionan 200 ml de agua
- ✓ Una vez introducidos estos tres elementos, se agita el frasco fuertemente y se deja reposar por 24 horas.
- ✓ Finalmente, se compara el color de la muestra con la carta de colores Gardner designándose así un nivel de materia orgánica.<sup>14</sup>

El siguiente registro fotográfico muestra el procedimiento desarrollado en el ensayo de contenido de materia orgánica:

Figura 4. Ensayo de materia orgánica.



Fuente: Propia

<sup>14</sup> Norma Técnica Colombiana, NTC 127. Método de ensayo para determinar las impurezas orgánicas en agregado fino para concreto, 2000.

### 3.1.2 CEMENTO ESTRUCTURAL

El cemento usado en la elaboración de los bloques es de uso estructural, producido por la empresa CEMEX y es ideal para la producción de elementos prefabricados de todo tipo y concretos de alta resistencia.

#### 3.1.2.2 Ensayo al cemento estructural

- **Peso específico del cemento NTC 221. Ingeniería Civil y Arquitectura. Cementos. Método de Ensayo para Determinar la Densidad del Cemento Hidráulico.**

El peso específico del cemento no es indicador de la calidad de este material, pero es muy importante conocer este dato para realizar los cálculos que definen las proporciones en volumen de los diseños de mezcla.

#### 3.1.2.3 Descripción del ensayo de peso específico del cemento

- ✓ Se pesan 64 gramos del cemento a usar en la elaboración del diseño de la mezcla.
- ✓ Se toma un frasco de Le Chatelier y se llena con kerosene hasta alcanzar un punto de las marcas establecidas en el frasco que están entre 0ml y 1,3 ml.
- ✓ La temperatura del kerosene debe de estar en 23°C.
- ✓ Se comienza a introducir los 64 gramos de cemento cuidadosamente evitando que el material se adhiera a las paredes interiores del frasco Le Chatelier, en la parte sobre el nivel del líquido.
- ✓ Una vez en el fondo del frasco se encuentren los 64 gramos de cemento, se hace girar el matraz en una posición inclinada hasta que termine el desprendimiento de burbujas de aire.
- ✓ Finalmente se registra el dato del volumen final alcanzado por el kerosene.
- ✓ La diferencia  $V_2 - V_1$  es el volumen del líquido desplazado por el peso del cemento usado en el ensayo.
- ✓ Teniendo en cuenta que el peso específico del cemento varía entre 2.9 y 3.15 [gr/cm<sup>3</sup>].<sup>15</sup>
- ✓

---

<sup>15</sup> Norma Técnica Colombiana, NTC 221. Ingeniería civil y arquitectura. Método de ensayo para determinar la densidad del cemento hidráulico, 2011.

En la Figura 5 se muestra el procedimiento desarrollado en el ensayo de peso específico para el cemento:

Figura 5. Ensayo de Peso específico del cemento.



Fuente: Propia

### 3.2 ELABORACIÓN DE LOS BLOQUES DE CONCRETO

Los bloques se realizaron a partir de la mezcla diseñada con los materiales caracterizados y los aditivos SIKA PAVER HC-1 CO y EUCON DC.

Para el control y calidad de la fabricación de los elementos prefabricados para mampostería estructural se realizó un riguroso seguimiento de los parámetros establecidos en las normas NTC 4026 y 4024. La elaboración de los bloques H- 12 se realizó en la empresa Bloques y Adoquines de Santander.

#### 3.2.1 DISEÑO DE MEZCLAS PRUEBA PILOTO

Inicialmente se elaboraron cinco diseños de mezclas piloto para fabricar bloques H-12.

Por otro lado los tres diseños de mezcla sin aditivo pero con diferentes proporciones de relación agua cemento y materiales (Mezcla 1, mezcla 3 y mezcla 5) fueron denominadas mezclas patrón puesto que de ellas se escogería la mezcla idónea para elaborar los 90 bloques del presente proyecto. Las dos mezclas restantes (Mezcla 2 y mezcla 4) incluyeron SIKA HC-1 CO y EUCON DC respectivamente.

La relación agua cemento y proporciones de los materiales de la mezcla con SIKA HC-1 CO fueron los mismos que la mezcla 1, mientras que los de la mezcla con EUCON DC contiene la misma relación agua cemento y proporciones de la mezcla 3.

Se fabricaron seis bloques por cada mezcla. Para fallar dos de estos especímenes por cada mezcla a los 7, 14 y 28 días de edad para observar cuáles alcanzaban a cumplir los 13 Mpa de resistencia a compresión como lo establece la norma NTC 4026, de esta manera teniendo mayor certeza en los resultados que se obtendrían en la elaboración de los 90 especímenes finales del proyecto.

Para cada diseño de mezcla, se tuvieron en cuenta los siguientes datos:

- **Tipo de mezcla:** Se definió que la mezcla fuera de consistencia seca.
- **Contenido de agua:** el contenido de agua seleccionado fue de 180 ml.
- **Valor de asentamiento:** 25 mm.
- **Volumen de aditivo:** Se determinó a partir del cálculo de % de peso del cemento de acuerdo a lo estipulado en la ficha técnica
- **Volumen del agregado grueso:** Este se calculó a partir de la masa unitaria compacta del agregado grueso, la gravedad específica aparente del agregado grueso y el módulo de finura del agregado fino.
- **Volumen del agregado fino:** Este se calculó a partir del cálculo del volumen total de la mezcla de concreto menos todos los componentes calculados anteriormente.
- **Densidad de los materiales:** Fue determinado a partir de los ensayos de peso específico para absorción. Del ensayo de peso específico del cemento, se obtuvo la densidad de este material, por último las densidades de los aditivos SIKA HC-1 CO y EUCON DC se definieron a partir de las fichas técnicas de cada aditivo.
- **Peso del cemento, agregado fino y grueso:** Para el cemento, este valor se obtiene a partir de la relación agua/ cemento. De la fórmula densidad igual a masa sobre volumen, se adquiere el peso de la arena fina y gruesa.
- **Peso del aditivo SIKA HC-1 CO:** La ficha técnica de este aditivo establece un parámetro de aplicación 0,3% - 0,7% del peso del

cemento. Para el diseño de mezcla del proyecto de grado, se utilizó la ficha técnica de SIKA.

- **Peso del aditivo EUCON DC:** El rango de dosis utilizado puede estar entre 0,13 kg – 0,40 kg por cada 100 kg de cemento, para el presente diseño se utilizó la ficha técnica de TOXEMENT.

### 3.2.1.1 Diseño de mezcla 1 con relación agua cemento de 0,85 para bloque H-12

Tabla 4. Mezcla patrón piloto 1

<b>b=</b>	0,42	<b>bo=</b>	0,60
<b>bo=</b>	(Muc/Dens aparente)	<b>B=</b>	0,251
<b>B=</b>	b*bo		

<b>Muc Agregado Grueso=</b>	1543 Kg	<b>D= m/v</b>
<b>Gsa Agregado grueso=</b>	2581 Kg	

<b>Relación a/c=</b>	0,85	<b>DISEÑO 1</b>		
<b>a=</b>	180 litros	<b>Bloques</b>	<b>H-12</b>	
<b>c=</b>	212 Kg			
<b>Materiales</b>	<b>Peso (kg)</b>	<b>Densidad (kg/m3)</b>	<b>Vol (m3)</b>	<b>Kg lineales</b>
Cemento	212	2940	0,072	71
Agregado Fino	639	2536	0,251	213
Agregado Grueso	1280	2581	0,496	427
Agua	180	100	1,800	

Fuente: Propia

### 3.2.1.2 Diseño de mezcla 2 con relación agua cemento de 0,85 mas SIKA HC-1 CO como aditivo para bloque H-12.

El presente diseño de mezcla, se elaboró con las mismas cantidades de agregado y cemento de la mezcla 1, pero adicionando SIKA HC-1 CO como aditivo.

- **Proporción de aditivo SIKA HC-1 CO**

La proporción utilizada estuvo entre los rangos de 250 ml de SIKA HC-1 CO por cada 80 kg de cemento, por tanto, para 71 kg de cemento se usó 222 ml de aditivo.



Fuente: Propia

### 3.2.1.3 Diseño de mezcla 3 con relación agua cemento de 0,96 para bloque H-12.

Tabla 5. Mezcla patrón piloto 3.

<b>b=</b>	0,42		<b>bo=</b>	0,60
<b>bo=</b>	(Muc/Dens aparente)		<b>B=</b>	0,251
<b>B=</b>	b*bo			
<b>Muc Agregado Grueso=</b>	1543	<b>D= m/v</b>		
<b>Gsa Agregado grueso=</b>	2581			
<b>Relación a/c=</b>	0,96		<b>DISEÑO 3</b>	
<b>a=</b>	180 litros		<b>Bloques</b>	<b>H-12</b>
<b>c=</b>	187,5 Kg			
<b>Materiales</b>	<b>Peso (kg)</b>	<b>Densidad (kg/m3)</b>	<b>Vol (m3)</b>	<b>Kg lineales</b>
Cemento	188	2940	0,064	63
Agregado Fino	639	2536	0,251	213
Agregado Grueso	1301	2581	0,504	434
Agua	180	100	1,800	

Fuente: propia

#### 3.2.1.4 Diseño de mezcla 4 con relación agua cemento de 0,96mas EUCON DC como aditivo para bloque H-12.

El presente diseño de mezcla, se elaboró con las mismas cantidades de agregado y cemento de la mezcla 3, pero adicionando EUCON DC como aditivo.

- **Proporción de aditivo EUCON DC**

La cantidad de aditivo utilizada se encontró entre los rangos de 260 ml de EUCON DC por cada 100 kg de cemento, con lo cual para 63 kg de cemento se implementó 164 ml.



Fuente: Propia

### 3.2.1.5 Diseño de mezcla 5 con relación agua cemento de 0,75 para bloque H-12.

Tabla 6. Mezcla patrón piloto 5

<b>b=</b>	0,42	<b>bo=</b>	0,60
<b>bo=</b>	(Muc/Dens aparente)	<b>B=</b>	0,251
<b>B=</b>	b*bo		

<b>Muc Agregado Grueso=</b>	1543 Kg	<b>D= m/v</b>
<b>Gsa Agregado grueso=</b>	2581 Kg	

<b>Relación a/c=</b>	0,75	<b>DISEÑO 5</b>		
<b>a=</b>	180 litros	<b>Bloques</b>	<b>H-12</b>	
<b>c=</b>	240 Kg			
<b>Materiales</b>	<b>Peso (kg)</b>	<b>Densidad (kg/m3)</b>	<b>Vol (m3)</b>	<b>Kg lineales</b>
Cemento	240	2940	0,082	80
Agregado Fino	639	2536	0,251	213
Agregado Grueso	1254	2581	0,486	418
Agua	180	100	1,800	

Fuente: Propia

### 3.2.2 DISEÑO DE MEZCLA DEFINITIVO

A partir de los resultados de resistencia a compresión a los 28 días de edad, obtenidos de los bloques H-12 fabricados con el diseño de las mezclas anteriores, se observó que la mezcla patrón1 con relación agua cemento de 0,85 presentó alta resistencia a los 28 días de edad con una cantidad de cemento menor que la mezcla 5.

Por tanto, Se fabricaron 90 especímenes de concreto, los cuales fueron distribuidos en los tres diseños de mezcla, es decir 30 bloques fueron elaborados con el diseño de mezcla 1 escogido a partir de los ensayos anteriores pero adicionando EUCON DC como aditivo, otros 30 bloques de la misma mezcla con aditivo SIKA HC-1 CO y finalmente los otros 30 bloques con el mismo diseño de mezcla pero sin ningún aditivo, utilizados como mezcla patrón para que sirviera de base comparativa.

### 3.2.2.1 Diseño de mezcla 1 sin aditivo para bloque H-12.

Tabla 7. Mezcla definitiva 1

<b>b=</b>	0,42	<b>bo=</b>	0,60
<b>bo=</b>	(Muc/Dens aparente)	<b>B=</b>	0,251
<b>B=</b>	b*bo		

<b>Muc Agregado Grueso=</b>	1543 Kg	<b>D= m/v</b>
<b>Gsa Agregado grueso=</b>	2581 Kg	

#### MEZCLA 1

<b>Relación a/c=</b>	0,85	<b>C=</b>	212 Kg
<b>Cantidad de agua=</b>	180 litros		

<b>Materiales</b>	<b>Peso (kg)</b>	<b>Densidad (kg/m<sup>3</sup>)</b>	<b>Vol (m<sup>3</sup>)</b>	<b>Kg lineales</b>
Cemento	212	2940	0,072	71
Arena Fina	637	2536	0,251	213
Arena Gruesa	1282	2581	0,497	427
Agua	180	1000	0,18	60

Fuente: Propia

### 3.2.2.2 Diseño de mezcla 2 con SIKA HC-1 CO PARA BLOQUE H-12.

Para obtener la cantidad de aditivo a agregar a la mezcla, se tuvo en cuenta la aplicación para consumo establecida en la ficha técnica del aditivo mencionado.

La aplicación de consumo oscila de 0,3 % a 0,7 % del peso del cemento. para este diseño de mezcla, se usó el mínimo del 0,3%.

Tabla 8. Mezcla definitiva 2

<b>b=</b>	0,42
<b>bo=</b>	(Muc/Dens aparente)
<b>B=</b>	b*bo

<b>bo=</b>	0,60
<b>B=</b>	0,251

<b>Muc Agregado Grueso=</b>	1543 Kg	<b>D= m/v</b>
<b>Gsa Agregado grueso=</b>	2581 Kg	

**MEZCLA 2**

<b>Relación a/c=</b>	0,85	<b>C=</b>	212 Kg
<b>Cantidad de agua=</b>	180 litros		

<b>Materiales</b>	<b>Peso (kg)</b>	<b>Densidad (kg/m<sup>3</sup>)</b>	<b>Vol (m<sup>3</sup>)</b>	<b>Kg lineales</b>
Cemento	212	2940	0,072	71
Arena Fina	637	2536	0,251	213
Arena Gruesa	1281	2581	0,496	427
Agua	180	1000	0,18	60
Aditivo SIKA HC-1 CO	0,636	1010	0,000630	0,212

<b>Proporción SIKA HC-1 =</b>	(0,3% * Peso cemento) /100
<b>SIKA HC-1 CO</b>	0,3

Fuente: Propia

### 3.2.2.3 Diseño de mezcla 3 con EUCON DC para bloque H-12.

En la ficha técnica del aditivo mencionado, se establece un rango de dosis de 130 a 391 ml por cada 100 kg de cemento, es decir de 0,13 kg a 0,40 kg de aditivo por cada 100 kg de cemento.

Para el diseño de esta mezcla, 0,13 kg fue la dosis aplicada.

Tabla 9. Mezcla definitiva 3.

<b>b=</b>	0,42	<b>bo=</b>	0,60
<b>bo=</b>	(Muc/Dens aparente)	<b>B=</b>	0,251
<b>B=</b>	b*bo		

<b>Muc Agregado Grueso=</b>	1543 Kg	<b>D= m/v</b>
<b>Gsa Agregado grueso=</b>	2581 Kg	

#### MEZCLA 3

<b>Relación a/c=</b>	0,85	<b>C=</b>	212 Kg
<b>Cantidad de agua=</b>	180 litros		

Materiales	Peso (kg)	Densidad (kg/m <sup>3</sup> )	Vol(m <sup>3</sup> )	Kg lineales
Cemento	212	2940	0,072	71
Arena Fina	637	2536	0,251	213
Arena Gruesa	1282	2581	0,497	427
Agua	180	1000	0,18	60
Aditivo EUCON DC	0,276	1000	0,000276	0,092

<b>Proporción EUCON DC=</b>	100	0,13	Kg
	212	<b>x</b>	Kg
<b>x=</b>	0,276		

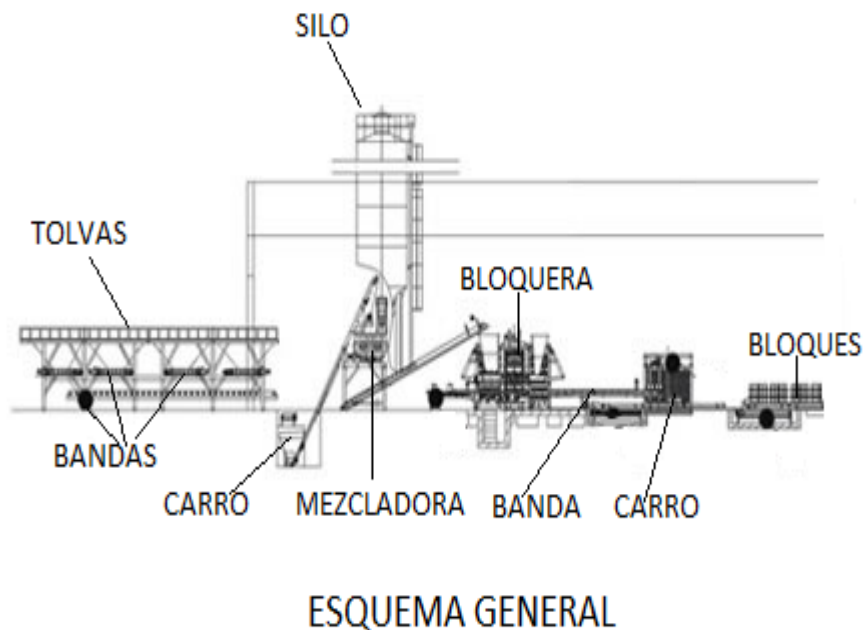
Fuente: Propia

### 3.3 PROCESO DE ELABORACIÓN DE LOS BLOQUES H-12 DE CONCRETO EN LA MÁQUINA PRODUCTORA QFT 8-15

Bloques & Adoquines de Santander está en capacidad de producir bloques de concreto para la construcción de mampostería estructural, adoquines en colores o natural y losetas.

El proceso a manera general consiste en mezclar arena, cemento, agua, moldear y secar. A continuación se hará la descripción detallada de la fabricación de los bloques.

Figura 6. Esquema general de la máquina productora de bloques QFT 8-15.



Fuente: Bloques y Adoquines de Santander

#### 3.3.1 LLENADO DE LAS TOLVAS Y DOSIFICACION DE LA ARENA

Se utiliza arena de peña que ha sido clasificada previamente en el sitio de extracción y transportada a la fábrica. Cada una de las tres tolvas de alimentación tiene capacidad volumétrica de 2.2 metros cúbicos, aproximadamente tres toneladas y media para un total de 10.5 toneladas.

Dos tolvas se llenan con arena gruesa o triturado mientras la tercera alberga arena fina. Cada una de las tres tolvas de almacenamiento descarga en la tolva de pesaje por medio de una banda transportadora. Las tres bandas son controladas conjuntamente por un PLC (Programmable Logic Controller) que además controla el sensor determinante de peso.

El sensor define en cada una de las bandas, la cantidad de arena, en kilogramos que forma parte del bache de mezcla. Generalmente cada bache contiene setecientos kilogramos (700 Kg) conformados en la mayoría de los casos por cuatrocientos kilogramos (400 Kg) de arena gruesa y trescientos (300 Kg) de arena fina, según las proporción de los agregados del diseño de mezcla.

La tolva de pesaje descarga sobre un recipiente que extrae por cernido los elementos no deseados como piedras de tamaño superior al definido o impurezas contenidas en la arena. El vaciado de la tolva de pesaje al recipiente o “carro elevador” se hace por medio de una banda transportadora encendida de manera manual con el fin de avanzar cuando el bache anterior ya ha sido enviado a la máquina “bloquera”, es decir, a la que produce los bloques, desde la mezcladora.

Figura 7. Tolvas



Fuente: Bloques y Adoquines de Santander

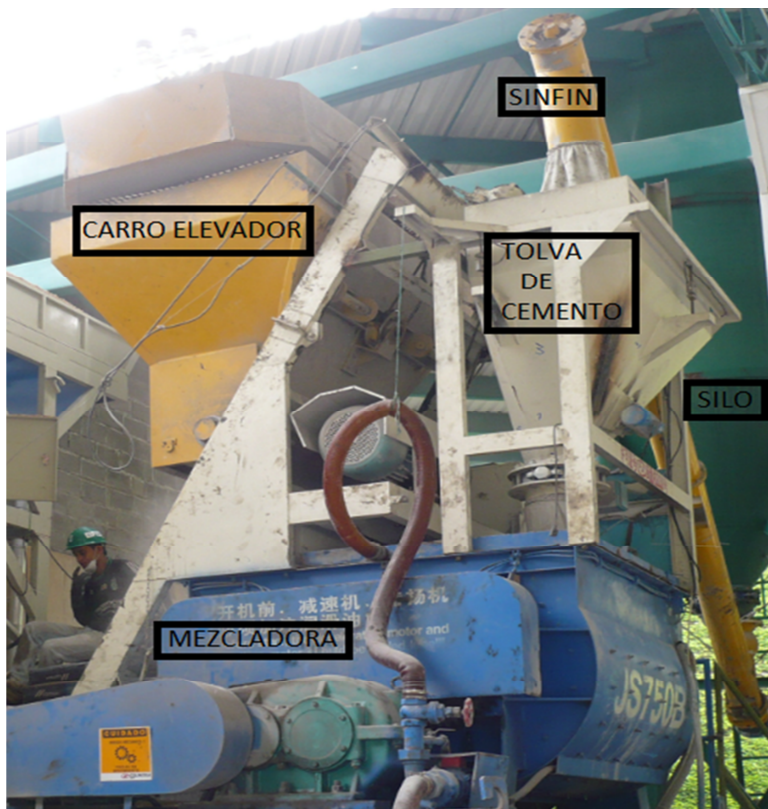
### 3.3.2 MEZCLADO

El carro elevador, sube al nivel de la mezcladora y descarga en ella los setecientos kilogramos (700 Kg) de arena.

La mezcladora es la encargada de preparar el concreto para la fabricación de los bloques. Esta máquina es relativamente robusta conformada por una camisa cilíndrica que tiene en su interior dos ejes paralelos entre sí y con respecto al eje de la máquina. Los ejes soportan 5 brazos cada uno y estos a su vez tienen en el extremo unas paletas de fundición de hierro que se encargan de revolver los ingredientes y raspar las superficies para evitar que se adhiera la mezcla y forme bloques masi-formes dentro de la máquina. Los dos ejes son movidos por un motor de treinta kilovatios (30 KW) a través de un reductor y dos piñones anti-inercia. Además de la arena, la mezcladora recibe el cemento en una cantidad aproximada al 10% en peso y la cantidad de agua suficiente para lograr la humedad apropiada

Una vez preparada la mezcla queda disponible para ser enviada a la prensa o máquina bloquera.

Figura 8. Partes de la máquina productora QFT 8-15 para el mezclado.



Fuente: Bloques y Adoquines de Santander

### 3.3.3 DOSIFICACION DEL CEMENTO

El cemento es adquirido a granel y depositado en un silo con capacidad para 50 toneladas.

Desde el silo se traslada a la mezcladora conducido por un tornillo sin fin que descarga en la tolva dosificadora y ésta en la mezcladora por la apertura de la válvula mariposa. La cantidad de cemento es del orden del 10% en peso con respecto a la arena y calculada en la tolva que tiene un sistema de sensores controlado electrónicamente.

En el momento en que la máquina productora de bloques requiere mezcla, el operador pone en operación la banda transportadora que lleva el material desde la mezcladora hasta la tolva de alimentación.

Figura 9. Partes de la máquina productora QFT 8-15 para la dosificación del cemento



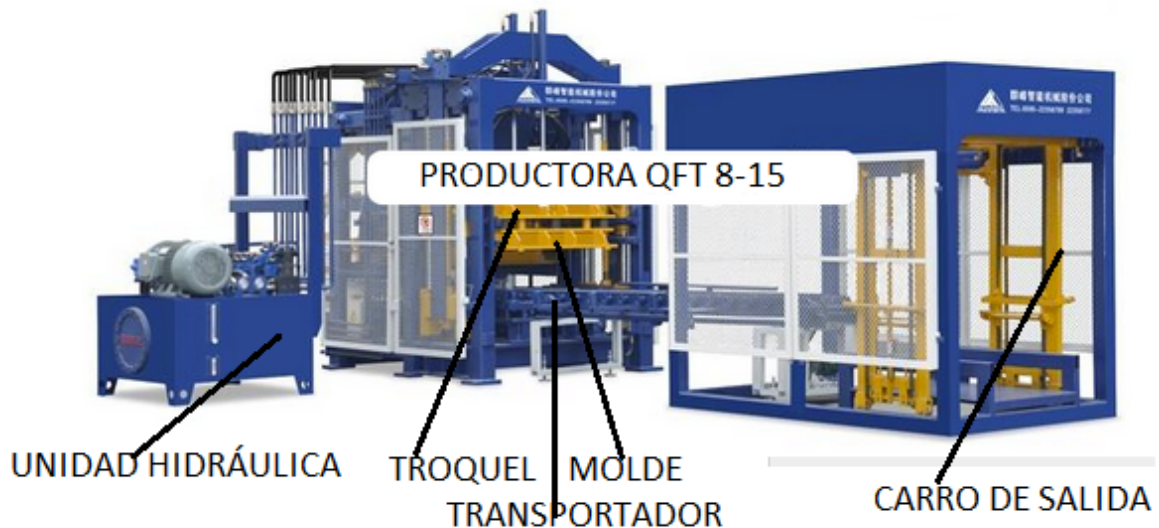
Fuente: Bloques y Adoquines de Santander

### 3.3.4 ELABORACION DEL BLOQUE

La máquina productora trabaja de manera semiautomática y el proceso se desarrolla en varias etapas:

- Alimentación
- Llenado del molde
- Compresión y vibrado
- Desmolde
- Transporte de bloques.
- 

Figura 10. Máquina productora QFT 8-15 utilizada en la producción de los bloques.



Fuente: Bloques y Adoquines de Santander

- a) **Alimentación:** La tolva de alimentación que se ha llenado, descarga una cantidad no definida de mezcla al carro dosificador. Este carro es una caja rectangular, construida en lámina metálica sin fondo y sin tapa que posee en su interior un conjunto de dedos soportados por dos ejes paralelos cuya función es formar una capa uniforme sobre el planchón. La cantidad debe ser regulada para evitar irregularidad en el llenado y disminuir el desperdicio por rebose cuando se llena demasiado.
- b) **Llenado del molde:** El carro dosificador, impulsado por un cilindro hidráulico, se mueve en vaivén sobre el molde y en cada desplazamiento deposita dentro de los espacios una cierta cantidad de mezcla y simultáneamente se genera una vibración producida por la caja vibradora

ubicada en el fondo de la mesa, para evacuar el aire y lograr un llenado uniforme.

- c) **Compresión y vibrado:** Automáticamente, cuando el carro alimentador termina los recorridos programados, el bloque de troqueles, activado por el pistón central de la máquina, desciende para penetrar en el molde y comprimir la mezcla con una presión de 125 Kg/cm<sup>2</sup>. En esta posición se inicia el vibrado de compactación.
- d) **Desmolde:** Automáticamente, el molde es elevado por la acción de los pistones hidráulicos laterales mientras el troquel permanece estático para permitir la salida de los bloques de concreto ya conformados. Cuando el molde llega a su altura máxima de elevación se activa nuevamente el pistón central que lleva el troquel a su posición original dejando totalmente libre la tabla con los bloques para hacer su recorrido de salida.

Figura 11. Molde y troquel para la elaboración del bloque.



Fuente: Bloques y Adoquines de Santander

- e) **Transporte de salida:** La tabla porta bloques, es entregada a un transportador conformado por dos correas trapezoidales guiadas por poleas. Al final del transportador la tabla se detiene para que empiece a actuar el carro apilador. Este carro tiene como característica especial el ser controlado por sensores de movimiento y tanto el arranque como la parada son lentos para evitar que los bloques sufran algún desperfecto. Una vez

detenida la tabla, el carro inicia el ascenso para separarla del transportador; luego se mueve horizontalmente y al final del recorrido desciende hasta depositarlo en la zorra que lo transporta al patio de secado.<sup>16</sup>

Figura 12. Proceso finalizado de la producción del bloque.



Fuente: Bloques y Adoquines de Santander

### **3.4 ENSAYOS REALIZADOS A LOS BLOQUES H-12 DE CONCRETO COMO PARÁMETROS DE CONTROL Y CALIDAD ESTABLECIDOS EN LA NORMA NTC 4024 y 4026.**

Para el control y calidad de las unidades de mampostería, los ensayos establecidos en la NTC 4024 a realizar son de absorción, contenido de humedad, densidad (cuando sea solicitado), resistencia a compresión a los 3, 14 y 28 días de edad de los especímenes, deben de verificarse los requisitos dimensionales, de acabado y apariencia y el valor vigente de la contratación lineal por secado, suministrado por el fabricante. Para la realización de los siguientes ensayos, se tomaron dos bloques de cada mezcla al azar.

<sup>16</sup> Leonardo Virviescas. Manual para el proceso de elaboración de los bloques, máquina productora QFT 8-15.

### 3.4.1 ENSAYO PARA DETERMINAR EL PORCENTAJE DE ABSORCIÓN ASTM C 642.

La absorción es la propiedad que posee el elemento fabricado de concreto para absorber agua hasta llegar al punto de saturación. Está directamente relacionado con la permeabilidad de la unidad es decir el paso del agua a través de sus paredes.

La absorción de agua afecta la durabilidad de la unidad y la mampostería.<sup>17</sup>

Las unidades de mampostería estructural de bloques de concreto, deben de cumplir con los requisitos de absorción de agua en 24 h de inmersión promedio establecidos por la NTC 4024 tabla 10.

Tabla 10. Requisitos de resistencia a la compresión, absorción de agua y clasificación del peso.

Resistencia a la compresión a los 28 d (Rc28), evaluada sobre el area neta promedia (Anp)			Absorción de agua (Aa) % según el peso (densidad) del concreto secado en horno, kg/m <sup>3</sup>		
Mínimo, Mpa			Promedio de 3 unidades, máximo, %		
Clase	Promedio de 3 unidades	Individual	Peso liviano menos de 1 680 kg/m <sup>3</sup>	Peso mediano, de 1 680 kg/m <sup>3</sup> hasta menos de 2 000 kg/m <sup>3</sup>	Peso normal, 2 000 kg/m <sup>3</sup> o más
Alta	13	11	15%	12%	9%
Baja	8	7	18%	15%	12%

Fuente: Tomada y adaptada de la NTC-4024

#### 3.4.1.1 Descripción del ensayo de absorción y contenido de humedad de los bloques de concreto ASTM C 642.

- ✓ Los bloques seleccionados se sumergen en agua por un período de 24 horas.
- ✓ Cumplido este tiempo, se obtiene el peso del bloque sumergido y suspendido (Pss).

<sup>17</sup> Nelson Afanador García, Gustavo Guerrero Gómez y Richard Monroy Sepúlveda. Propiedades físicas mecánicas de ladrillos macizos cerámicos para mampostería. Ciencia e ingeniería neogranadina, vol 22-1, pp 43-58. Bogotá Junio 2012. [En línea]. [Consulta: 21 de enero del 2014].

- ✓ Una vez obtenido el dato anterior, se saca del agua y se deja reposar sobre una malla de alambre por un minuto, se les seca el agua superficial con un paño, y se pesan nuevamente para obtener el peso saturado (Ph).
- ✓ Posteriormente los bloques son colocados en un horno a una temperatura entre 110°C y 115°C, durante 24 horas hasta obtener un peso constante. Se sacan del horno, se pesan obtener el peso seco (Ps).
- ✓ Finalmente, mediante la fórmula  $Ab = \frac{Ph - Ps}{Ph - P_{SS}} 100$ , se obtiene el porcentaje de absorción de la muestra.<sup>18</sup>

Por otro lado, el contenido de humedad conlleva este mismo proceso, pero se obtiene a través de la fórmula:  $Contenido\ de\ humedad = \frac{Pm - Ps}{Ph - Ps} 100$ , donde Pm es el peso natural del elemento.

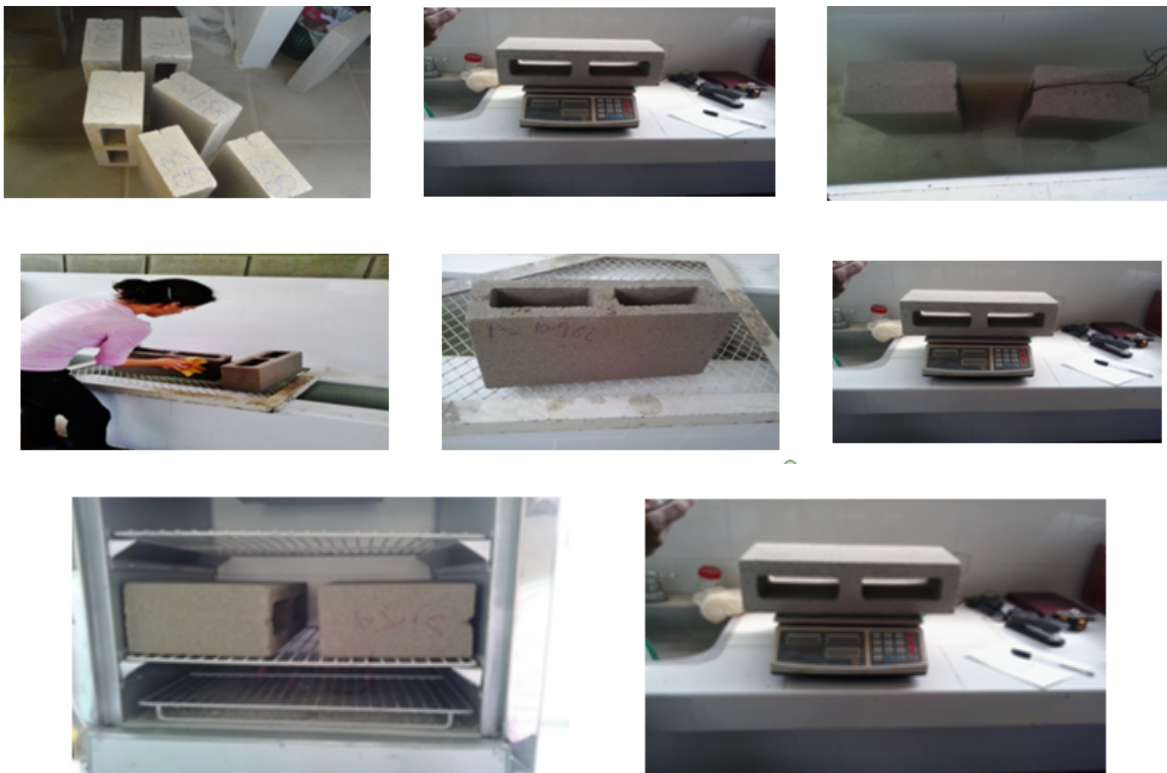
El siguiente registro fotográfico muestra el procedimiento desarrollado en el ensayo de % de absorción para control y calidad de los bloques según la norma ASTM C 642:

El presente procedimiento se realizó tomando dos especímenes de cada mezcla, es decir 6 en total.

---

<sup>18</sup> Norma ASTM C 642. Método de prueba estándar para la densidad, absorción y vacíos en el concreto endurecido, 1997.

Figura 13. Ensayo de absorción y contenido de humedad para los bloques



Fuente: Propia

### 3.4.1.2 Descripción del ensayo de densidad ASTM C 642

Este ensayo permite clasificar a las unidades de mampostería según su peso en liviano, mediano o peso normal. Para ello se seleccionan los bloques al azar y en promedio de tres unidades, deben de cumplir con los valores establecidos en la Tabla 11 de la NTC 4024.

Tabla 11. Clasificación de los bloques según su peso.

Absorción de agua (Aa) % según el peso (densidad) del concreto secado en horno, kg/m <sup>3</sup>		
Promedio de 3 unidades, máximo, %		
Peso liviano menos de 1 680 kg/m <sup>3</sup>	Peso mediano, de 1 680 kg/m <sup>3</sup> hasta menos de 2 000 kg/m <sup>3</sup>	Peso normal, 2 000 kg/m <sup>3</sup> o más
15%	12%	9%
18%	15%	12%

Fuente: Tomada y adaptada de la NTC-4024

### 3.4.1.3 Descripción del dimensionamiento de los bloques H-12

Las dimensiones reales de un bloque, pertenecen a aquellas medidas directamente tomadas sobre la unidad al momento de evaluar su calidad.

Del bloque, se obtuvieron su altura, espesor y longitud. Adicionalmente se tomaron las medidas del ancho y la longitud de los dos espacios rectangulares huecos que el bloque contiene. En el ensayo se tomaron 6 bloques al azar entre los fabricados para el presente proyecto.

Mediante el siguiente registro fotográfico se observará las dimensiones reales medidas sobre el bloque H-12.

Figura 14. Dimensionamiento de los bloques H-12.



Fuente: Propia

### 3.4.1.4 Descripción del ensayo de resistencia a compresión para bloques de concreto.

La resistencia a la compresión está asignada para ser alcanzada a los 28 días sin embargo, las unidades prefabricadas pueden ser utilizadas a edades menores cuando se cuenta con un registro de evolución de la resistencia de las unidades pero con iguales características, donde indiquen que ellas alcanzaran la adecuada resistencia a los 28 días.

En la tabla 12 expuesta en la NTC 4026, se establecen los requisitos de resistencia a compresión para las unidades de mampostería:

Tabla 12. Parámetros de resistencia a compresión en Mpa para mampostería.

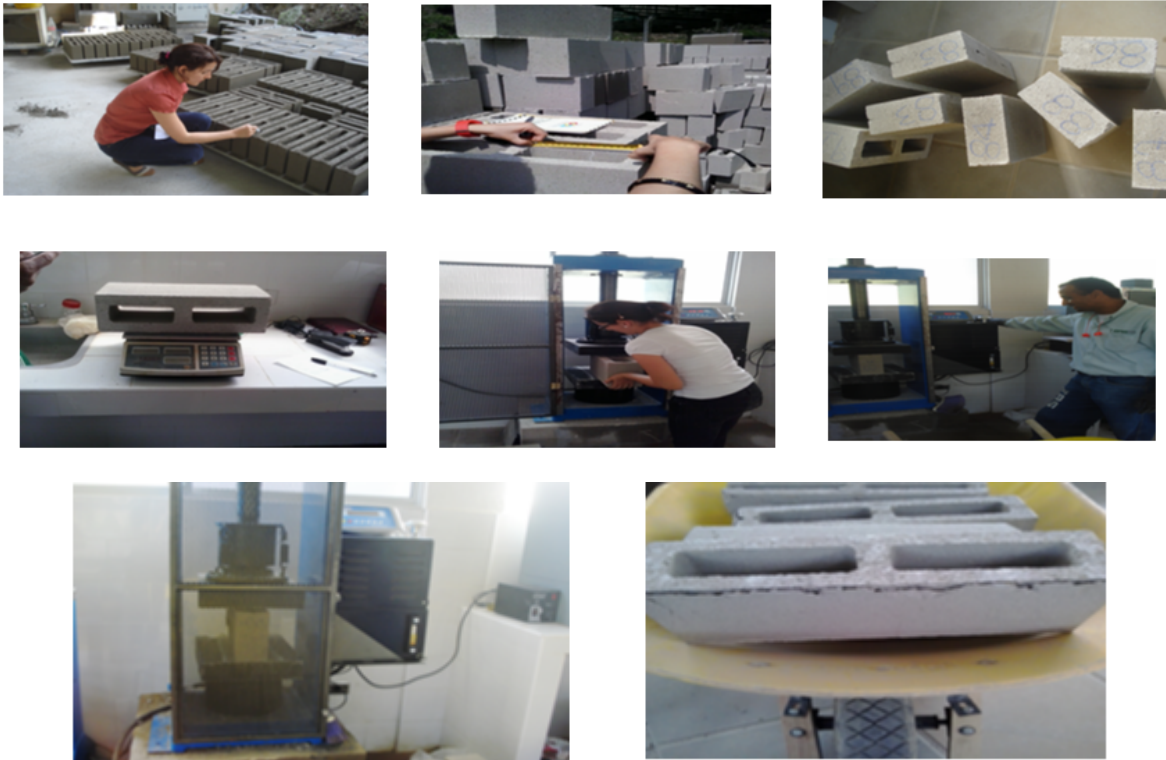
Resistencia a la compresión a los 28 d (Rc28), evaluada sobre el área neta promedio (Anp)			Absorción de agua (Aa) % según el peso (densidad) del concreto secado en horno, kg/m <sup>3</sup>		
Mínimo, Mpa			Promedio de 3 unidades, máximo, %		
Clase	Promedio de 3 unidades	Individual	Peso liviano menos de 1 680 kg/m <sup>3</sup>	Peso mediano, de 1 680 kg/m <sup>3</sup> hasta menos de 2 000 kg/m <sup>3</sup>	Peso normal, 2 000 kg/m <sup>3</sup> o más
Alta	13	11	15%	12%	9%
Baja	8	7	18%	15%	12%

Fuente: Tomada y adaptada de la NTC-4026

- ✓ El bloque seleccionado para este ensayo debe de estar totalmente seco.
- ✓ Se toman las dimensiones de los espacios huecos rectangulares del bloque como también las necesarias para calcular el área.
- ✓ Se halla el área útil del bloque, la cual se deriva de la resta del área total del bloque menos el área de los dos espacios huecos del espécimen.
- ✓ Se pesa el bloque por separado, y se registran los datos.
- ✓ Antes de ser colocado en la prensa, se observa el bloque detalladamente buscando si tiene alguna quebradura que afecte el resultado de resistencia a compresión. También debe asegurarse que la máquina esté muy bien calibrada.
- ✓ Se procede a colocar el bloque el cual va centrado sobre el plato inferior de la prensa para luego comenzar a bajar el plato superior hasta casi el punto de tocar el espécimen.
- ✓ Se comienza a ejercer carga sobre el bloque en unidades de Kn. A medida que transcurre el tiempo, la carga va aumentando hasta el punto de causar la falla de la unidad de concreto.
- ✓ Se registra la carga soportada por el bloque, y finalmente se procede a calcular la resistencia a compresión mediante la fórmula  $S = (P/A) \cdot 10$  para unidades de Mpa, donde P es la carga máxima soportada y A es el área útil correspondiendo al elemento ensayado.

El siguiente registro fotográfico muestra el procedimiento desarrollado en el ensayo de resistencia a compresión para control y calidad de los bloques según la norma NTC 4026.

Figura 15. Ensayo de resistencia a compresión del bloque H-12



Fuente: Propia

## 4. RESULTADOS

Este estudio permitió la caracterización de materiales para la preparación de mezclas de concreto sin aditivo, con SIKA HC-1 CO y EUCON DC. Los resultados obtenidos a partir de los diferentes ensayos realizados se presentarán a continuación.

Por otro lado, los resultados están detalladamente expuestos en la sección de los anexos.

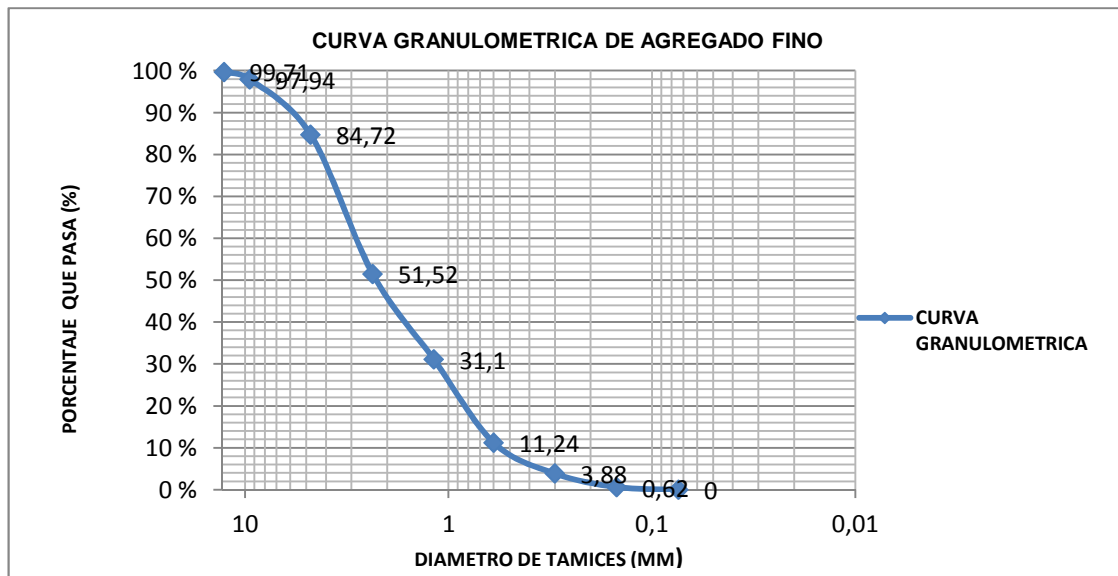
### 4.1 CARACTERIZACIÓN DE LOS MATERIALES QUE CONFORMAN EL DISEÑO DE MEZCLA

Con el objetivo de realizar el respectivo control y calidad establecido en las normas NTC 4024 Y 4026 para diseñar las mezclas a usar en la fabricación de los bloques de concreto H-12, y a su vez demostrar una optimización de las mismas, se desarrollaron los ensayos correspondientes a la caracterización de cada material implementado.

#### 4.1.1 GRANULOMETRÍA DE AGREGADO GRUESO Y FINO NTC 174.

Para la granulometría del agregado fino y grueso, se llevaron a cabo los ensayos expuestos en la NTC 174.

Figura 16. Curva granulométrica del agregado fino.



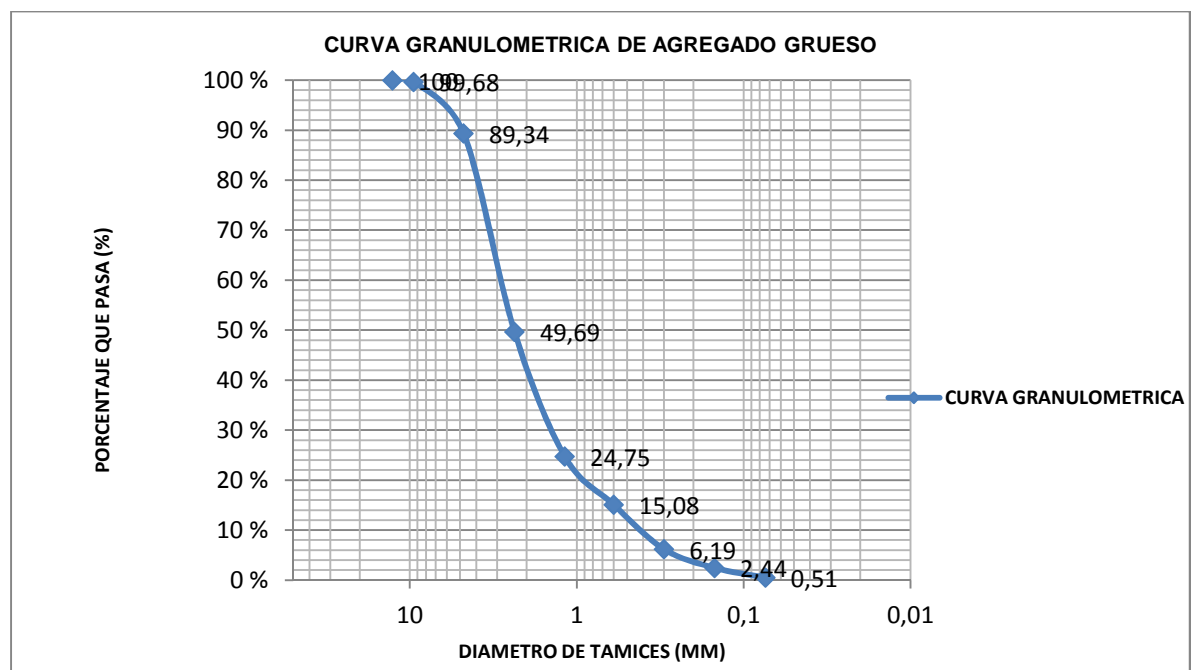
Fuente: Propia

El ensayo de granulometría para la caracterización fue realizado teniendo en cuenta los tamices establecidos en la norma anteriormente mencionada. Los datos obtenidos mediante este ensayo en el laboratorio fueron graficados para observar que tanto porcentaje del material total pasó por cada tamiz. En el anexo 1 están registrados los valores del porcentaje graficado en la curva.

Mediante el desarrollo de este ensayo, también se pudo calcular el módulo de finura ( $M_f$ ) del agregado fino, sumando el porcentaje retenido total hasta el tamiz número 100 y dividiendo este resultado entre 100.

El  $M_f$  obtenido fue 3,2. En el anexo uno se encuentra claramente expuesto este valor.

Figura 17. Curva granulométrica del agregado grueso



Fuente: Propia

Para la caracterización del agregado grueso, se realizó el ensayo conforme a lo establecido en la NTC 174, los datos obtenidos del total de porcentaje que pasa por cada tamiz fue graficado. En el anexo dos están registrados los valores del porcentaje representados en la curva.

Con este ensayo se consiguió definir el tamaño máximo y el tamaño máximo nominal del agregado grueso cuyos resultados fueron  $\frac{1}{2}$  y 4 respectivamente. En el anexo dos se encuentra claramente expuesto estos valores.

#### 4.1.2 MASAS UNITARIAS SUELTAS Y COMPACTAS NTC 92.

##### 4.1.2.1 Masa unitaria suelta para el agregado fino

Tabla 13. Masa unitaria suelta del agregado fino

MASA UNITARIA SUELTA	
Masa suelta del agregado fino + molde (gr)	10033
	10091
	10167
Masa suelta del agregado fino (gr)	6951,9
	7009,9
	7085,9
Promedio de masa suelta del agregado fino (gr)	<b>7015,9</b>

Masa Unitaria Suelta =	1,305	gr/cm <sup>3</sup>
------------------------	-------	--------------------

Fuente: Propia

Como se puede observar cada parámetro establecido en la tabla requiere de ser realizado tres veces como la norma NTC 92 lo exige.

Cada masa suelta del agregado fino se obtiene de la resta entre el dato correspondiente a la primer subdivisión de la tabla (Masa suelta del agregado fino + molde (gr)) y el peso del molde cilíndrico.

La masa unitaria suelta se calcula a partir del promedio de masa suelta del agregado fino dividido en el diámetro del molde. En el anexo 3 se demuestran todos los datos requeridos para obtener este valor, entre ellos el peso del molde, y las dimensiones del mismo para calcular el volumen.

#### 4.1.2.2 Masa unitaria suelta para el agregado grueso

Tabla 14. Masa unitaria suelta del agregado grueso

MASA UNITARIA SUELTA	
Masa suelta del agregado grueso + molde (gr)	10783
	10768
	10814
Masa suelta del agregado grueso (gr)	7701,9
	7686,9
	7732,9
Promedio de masa suelta del agregado grueso (gr)	<b>7707,2</b>

Masa Unitaria Suelta =	1,434	gr/cm <sup>3</sup>
------------------------	-------	--------------------

Fuente: Propia

El mismo procedimiento descrito anteriormente para hallar la masa unitaria suelta del agregado fino, se aplica al agregado grueso.

En el anexo cuatro se muestran las tablas con todos los datos requeridos para obtener este valor, entre ellos el peso del molde, y las dimensiones del mismo para calcular su volumen.

#### 4.1.2.3 Masa unitaria compacta para el agregado fino

Tabla 15. Masa unitaria compacta para el agregado fino

MASA UNITARIA COMPACTA	
Masa compacta del agregado fino + molde (gr)	11094
	11099
	11132
Masa compacta del agregado fino (gr)	8012,9
	8017,9
	8050,9
Promedio de masa compacta del agregado fino (gr)	<b>8027,2</b>

Masa Unitaria Compacta=	1,493	gr/cm <sup>3</sup>
-------------------------	-------	--------------------

Fuente: Propia

El desarrollo de este ensayo, se realizó bajo los parámetros exigidos en la NTC 92 realizándose tres veces cada paso.

Para hallar del resultado de la masa unitaria compacta, se divide el promedio de masa compacta del agregado fino entre el diámetro del molde.

En el anexo cinco se encuentra el peso del molde y sus dimensiones necesarias para calcular el volumen del cilindro, así como los demás datos obtenidos para realizar los cálculos correspondientes a la masa unitaria compacta del agregado fino.

#### 4.1.2.4 Masa unitaria compacta para el agregado grueso

Tabla 16. Masa unitaria compacta para el agregado grueso

MASA UNITARIA COMPACTA	
Masa compacta del agregado grueso + molde (gr)	11379
	11369
	11375
Masa compacta del agregado grueso (gr)	8297,9
	8287,9
	8293,9
Promedio de masa compacta del agregado grueso (gr)	<b>8293,2</b>

Masa Unitaria Compacta =	1,543	gr/cm <sup>3</sup>
--------------------------	-------	--------------------

Fuente: Propia

El procedimiento a seguir del ensayo para la masa unitaria compacta del agregado grueso, es exactamente el mismo que se desarrolló para el agregado fino. Por tanto, en el anexo 6 se encuentran los datos completos exigidos por la NTC 92 para elaborar correctamente este ensayo.

#### 4.1.3 PESO ESPECÍFICO PARA ABSORCIÓN DEL AGREGADO FINO Y GRUESO NTC 237.

Para llevar a cabo todos los pasos necesarios para obtener el resultado de gravedad específica aparente, se hizo necesario seguir los parámetros mostrados en la NTC 237.

#### 4.1.3.1 Peso específico para absorción del agregado fino

Tabla 17. Gravedad específica aparente del agregado fino.

GRAVEDAD ESPECÍFICA APARENTE	
Gsa 23/23°C sp gr=	$A / (B+A-C)$
2,536	gr

Fuente: Propia

Tabla 18. Porcentaje de absorción del agregado fino.

ABSORCIÓN (%)	
3,48	$((S-A) / (A))*100$

Fuente: propia

La norma NTC 327 establece que el cálculo necesario para conseguir el resultado de gravedad específica aparente es mediante la división de  $A / (B+A-C)$  en donde:

- A= La masa final del suelo seco.
- B= El peso del picnómetro más el agua contenida en él.
- C= El peso del picnómetro con el agua más el material introducido.

Por otra parte, el % de absorción surge de la fórmula  $((S-A) / (A))*100$  en donde:

- S= La masa de suelo inicial
- A= La masa final del suelo seco.

Con este ensayo, también se logra conocer:

1. La gravedad específica Bulk =  $A / (B+S-C)$
2. La gravedad específica Bulk saturada=  $S / (B+S-C)$

En el anexo siete se encuentran la tabla en la cual está todos los datos necesarios hallados para aplicar la fórmula correspondiente a cada tipo de gravedad específica así como también los resultados obtenidos para las mismas.

#### 4.1.3.2 Peso específico para absorción del agregado grueso

Tabla 19. Gravedad específica aparente del agregado grueso.

GRAVEDAD ESPECÍFICA APARENTE	
Gsa 23/23°C sp gr=	$A / (B+A-C)$
2,581	Gr

Fuente: Propia

Tabla 20. Porcentaje de absorción del agregado grueso.

ABSORCIÓN (%)	
2,63	$((S-A) / (A))*100$

Fuente: Propia

Los procedimientos necesarios para lograr conseguir los resultados para cada gravedad específica y porcentaje de absorción, son exactamente iguales a los descritos para el agregado fino.

En el caso del agregado grueso, para el diseño de mezcla, la gravedad específica aparente es la que se toma en cuenta.

La tabla que se encuentra en el anexo ocho están los datos necesarios para aplicar la fórmula correspondiente a cada tipo de gravedad específica así como también los resultados obtenidos para las mismas.

#### 4.1.4 CONTENIDO DE MATERIA ORGANICA NTC 127.

La norma NTC 127 señala el procedimiento a seguir para determinar aproximadamente la presencia de impurezas orgánicas perjudiciales para el agregado fino usado en mortero de cemento hidráulico o en concreto.

Mediante la cartilla de colores de Gardner, se describe la arena con el grado más mínimo de materia orgánica.

Figura 18. Demostración del grado de materia orgánica en la arena mediante la tabla de colores Gardner.



Fuente: Propia

#### 4.1.5 PESO ESPECIFICO DEL CEMENTO NTC 221

La NTC 221 permite conocer el procedimiento experimental para calcular el peso específico del cemento, con el cual se realizan los cálculos que definen las proporciones en volumen de los diseños de mezcla.

Tabla 21. Peso específico del cemento

PESO ESPECÍFICO DEL CEMENTO				
Peso muestra (gr)	Temperatura C°	Lo (ml)	Lf (ml)	Peso específico (gr/cm <sup>3</sup> )
64	23	1,2	23	2,94

Fuente: Propia

## 4.2 PARÁMETROS DE CONTROL Y CALIDAD EN LOS BLOQUES DE CONCRETO PARA MAMPOSTERÍA ESTRUCTURAL ESTABLECIDOS EN LAS NORMAS NTC 4024 Y 4026.

### 4.2.1 PORCENTAJE DE ABSORCIÓN Y CONTENIDO DE HUMEDAD ASTM C 642

La ASTM C 642, da a conocer los pasos a seguir para realizar el ensayo que determine el porcentaje de absorción de los elementos de concreto.

La absorción es la propiedad que posee el elemento fabricado de concreto para absorber agua hasta llegar al punto de saturación. Está directamente relacionado con la permeabilidad de la unidad es decir el paso del agua a través de sus paredes.

Para la realización del ensayo de % de absorción y contenido de humedad, se tomaron dos bloques al azar de cada mezcla diseñada.

Tabla 22. Porcentaje de absorción de los bloques diseñados con las mezclas sin aditivo, con contenido de EUCON DC y SIKA HC-1 CO como aditivos.

# DE ESPECÍMENES CORRESPONDIENTES A CADA DISEÑO DE MEZCLA		
SIN ADITIVO	EUCON DC	SIKA HC-1 CO
1	3	5
2	4	6

REPRESENTACIÓN DEL PORCENTAJE DE ABSORCIÓN EN BLOQUES H-12 PARA CADA MEZCLA DE DISEÑO						
# Espécimen	1	2	3	4	5	6
% de Absorción	13,24	13,38	13,96	13,91	13,65	13,82

Fuente: Propia

El porcentaje de absorción es calculado mediante la fórmula de  $Ab = \frac{Ph - Ps}{Ph - Pss}$  100 donde:

Ph= Peso saturado

Ps= Peso seco

Pss= Peso sumergido

Tabla 23. Porcentaje del contenido de humedad de los bloques diseñados con las mezclas sin aditivo, con contenido de EUCON DC y SIKA HC-1 CO como aditivos.

# DE ESPECÍMENES CORRESPONDIENTES A CADA DISEÑO DE MEZCLA		
SIN ADITIVO	EUCON DC	SIKA HC-1 CO
1	3	5
2	4	6

REPRESENTACIÓN DEL PORCENTAJE DE CONTENIDO DE HUMEDAD EN BLOQUES H-12 PARA CADA MEZCLA						
# Espécimen	1	2	3	4	5	6
% Contenido de humedad	4,48	2,72	5,35	4,01	4,29	5,06

Fuente: Propia

El porcentaje de humedad es calculado mediante la fórmula:  

$$\text{contenido de humedad} = \frac{P_m - P_s}{P_h - P_s} 100$$
 donde Pm es el peso natural del espécimen.

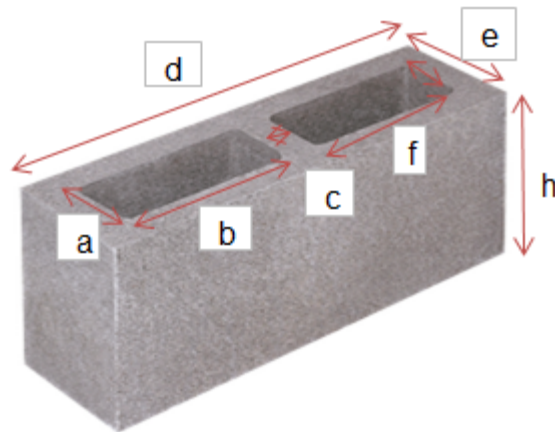
En el anexo nueve se encuentran las tablas correspondientes a los datos determinados en este ensayo.

#### 4.2.2 DIMENSIONAMIENTO DE LOS BLOQUES H-12

Las dimensiones reales de un bloque, pertenecen a aquellas medidas directamente tomadas sobre la unidad al momento de evaluar su calidad.

Las dimensiones obtenidas de los seis bloques tomados al azar corresponden a su espesor, altura y longitud. Sin embargo, también se tomaron las medidas en cuanto a longitud y anchura de los dos espacios huecos que cada bloque contiene.

Figura 19. Dimensiones de los bloques H-12.



MUESTREO DIMENSIONES REALES DEL BLOQUE DE CONCRETO H-12 EN CM								
Bloque #	a	b	c	d	e	f	g	h
1	6,3	15,3	3	39	12	15,3	6,3	19
2	6,33	15,3	3	39	12	15,3	6,33	19
3	6,3	15,2	3	39	12	15,2	6,3	19
4	6,32	15,3	3	39	12	15,3	6,32	19
5	6,3	15,3	3	39	12	15,3	6,3	19
6	6,32	15,2	3	39	12	15,2	6,32	19

Fuente: Propia

#### 4.2.3 DENSIDAD DE LOS BLOQUES H-12 NTC 4024

Con el presente ensayo se clasifican las unidades de mampostería según su peso en liviano, mediano o normal. Los datos necesarios a tener en cuenta para desarrollar el presente ensayo son el volumen del bloque restandole el volumen de los dos espacios huecos. Posteriormente, se divide el peso del bloque entre el valor obtenido a través de la operación descrita anteriormente.

Para la realización del procedimiento se tomaron 6 especímenes al azar de los 90 bloques H-12 elaborados para el presente proyecto.

Tabla 24. Clasificación de los bloques H-12 según su peso.

Resistencia a compresión Mínima a los 28 días, Mpa			Porcentaje de absorción y clasificación del bloque según su densidad		
Clase	Promedio de 3 unidades	Individual	Peso liviano menos de 1 680 kg/m <sup>3</sup>	Peso mediano, de 1 680 kg/m <sup>3</sup> hasta menos de 2 000 kg/m <sup>3</sup>	Peso normal, 2 000 kg/m <sup>3</sup> o más
Alta	13	11	15%	12%	9%
Baja	8	7	18%	15%	12%

Fuente: Propia

En el anexo diez se encuentran las tablas con el contenido necesario de volumen y dimensionamiento de los bloques y de sus espacios huecos.

#### 4.2.4 RESISTENCIA A COMPRESIÓN DE LOS BLOQUES H-12 NTC 4026

##### 4.2.4.1 Resultados de la prueba piloto

Se realizaron cinco diseños de mezcla; tres diseños sin contenido de aditivo a los cuales se les denominaron mezclas patrón ya que de estas tres se escogería la mezcla idónea para fabricar los 90 especímenes H-12 del presente proyecto de grado; Las dos mezclas restantes se diseñaron con SIKA HC-1 CO y EUCON DC como aditivos.

La mezcla uno se diseñó con una relación agua - cemento de 0,85 y sin ningún aditivo. La mezcla dos tuvo exactamente las mismas proporciones de la mezcla 1 en su diseño pero con la diferencia de que le fue adicionado 222 ml de SIKA HC-1 CO. La mezcla tres tuvo una relación agua - cemento de 0,96. La mezcla cuatro se diseñó igual a la mezcla tres pero con 164 ml de EUCON DC y finalmente la mezcla cinco se diseñó con una relación agua - cemento de 0,75.

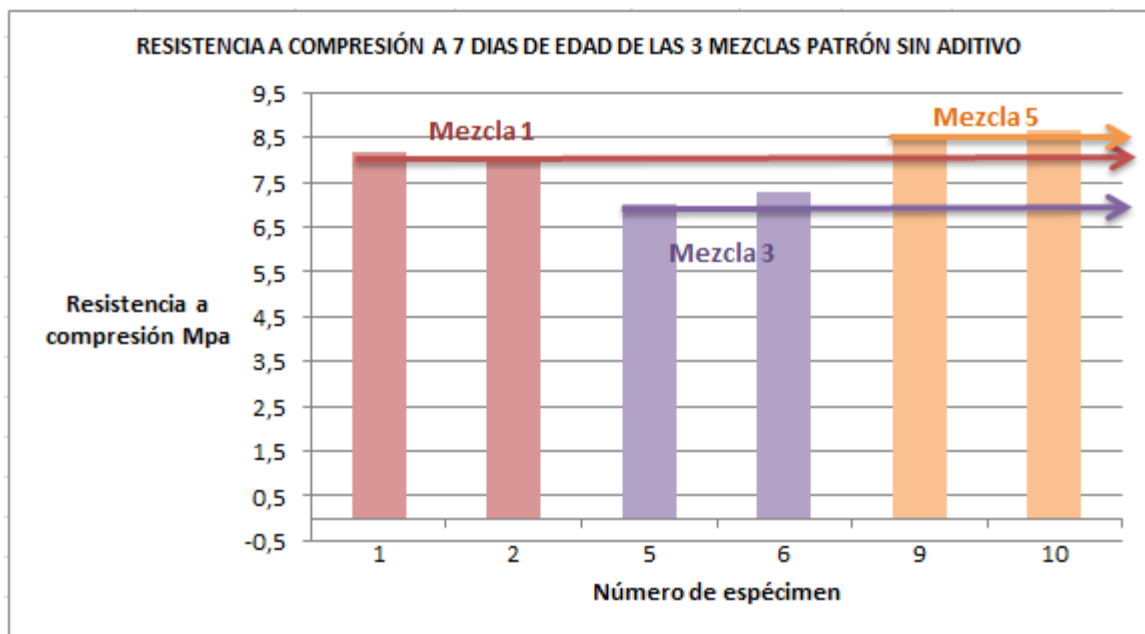
En el anexo once se encontrarán las tablas con los diseños descritos anteriormente.

A continuación se presentarán las gráficas en las que se compara los resultados obtenidos de resistencia a compresión de cada mezcla patrón es decir de la mezcla 1, 3 y 5 a los 7, 14 y 28 días de edad de los bloques H-12.

Tabla 25. Resistencia a compresión a los 7 días de edad de las mezclas patrón.

COMPARACIÓN DE LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN A LOS 7 DIAS DE EDAD DE LAS 3 MEZCLAS PATRÓN SIN ADITIVO		
	Número de espécimen	Resistencia compresión Mpa
Mezcla 1	1	8,16
	2	8,03
mezcla 3	5	7,04
	6	7,27
mezcla 5	9	8,48
	10	8,65

Fuente: Propia

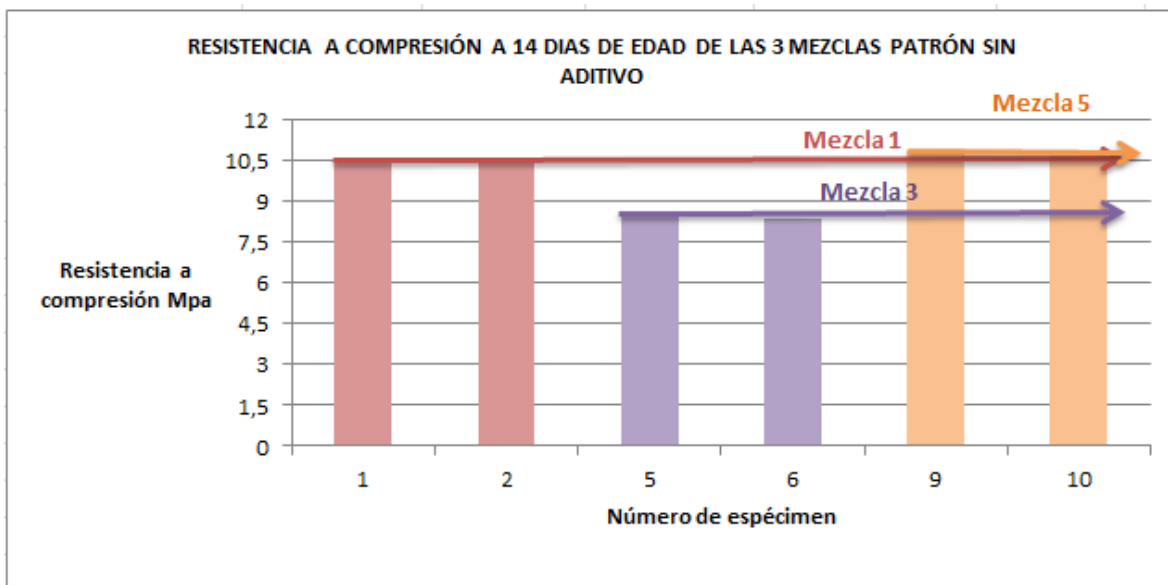


Fuente: Propia

Tabla 25.1. Resistencia a compresión a los 14 días de edad de las mezclas patrón.

COMPARACIÓN DE LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN A LOS 14 DÍAS DE EDAD DE LAS 3 MEZCLAS PATRÓN SIN ADITIVO		
	Número de espécimen	Resistencia compresión Mpa
Mezcla 1	1	10,4
	2	10,37
mezcla 3	5	8,64
	6	8,38
mezcla 5	9	10,86
	10	10,64

Fuente: Propia

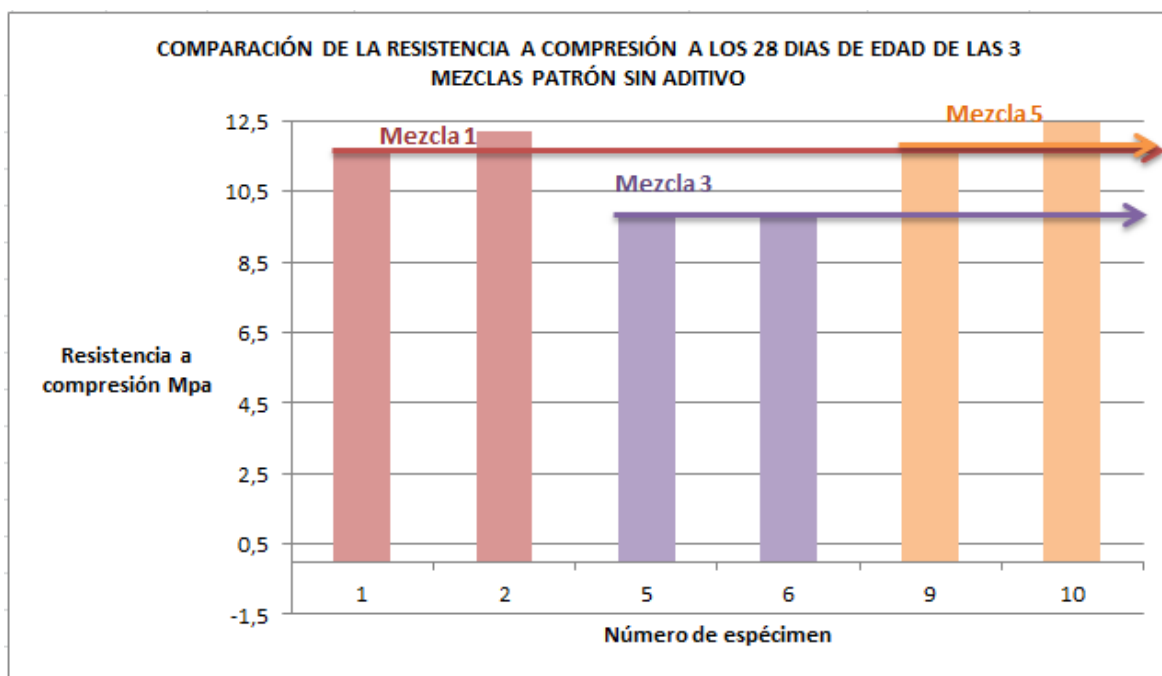


Fuente: Propia

Tabla 25.2. Resistencia a compresión a los 28 días de edad de las mezclas patrón.

COMPARACIÓN DE LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN A LOS 28 DÍAS DE EDAD DE LAS 3 MEZCLAS PATRÓN SIN ADITIVO		
	Número de espécimen	Resistencia compresión Mpa
<b>Mezcla 1</b>	1	11,56
	2	12,19
<b>mezcla 3</b>	5	9,74
	6	9,82
<b>mezcla 5</b>	9	11,8
	10	12,45

Fuente: Propia



Fuente: Propia

#### 4.2.4.2 Resultados del diseño de mezcla definitivo

La mezcla definitiva para la fabricación de los 90 bloques de concreto H-12 usados en mampostería estructural, fue seleccionada a partir de las mezclas patrón piloto anteriores, por lo tanto la mezcla 1 fue la escogida para la elaboración de los especímenes finales. 30 bloques fueron elaborados para cada una de las 3 mezclas.

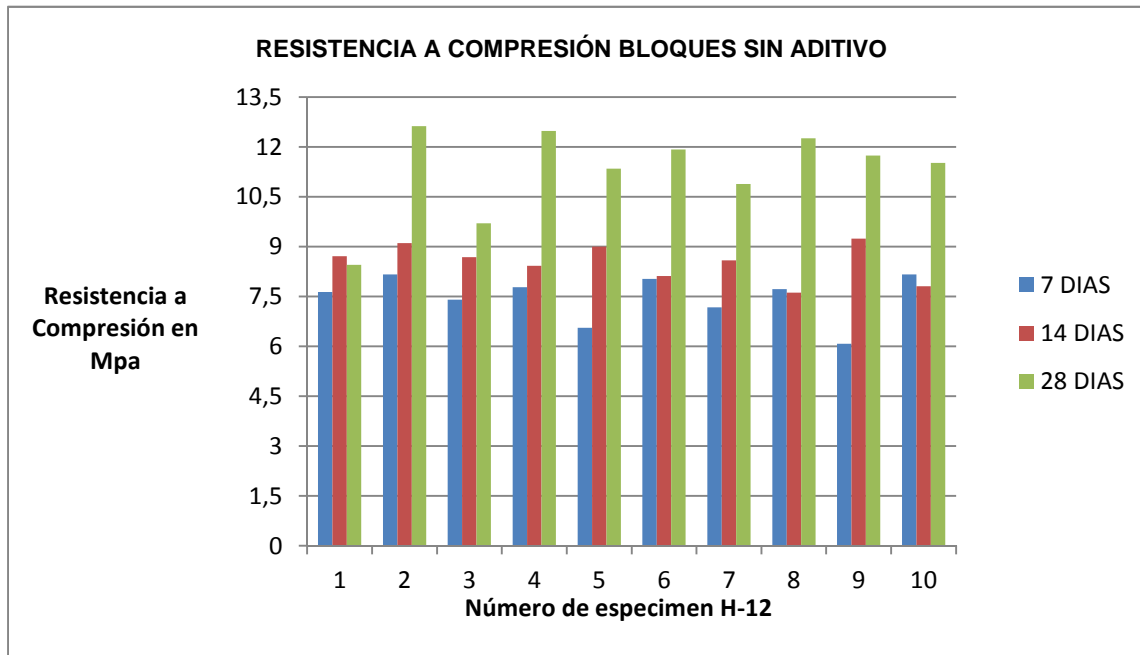
A partir de la mezcla patrón 1 con relación agua - cemento de 0,85, se diseñaron dos mezclas más, una con aditivo SIKA HC- 1 CO y la otra con EUCON DC.

A continuación se presentarán las gráficas en las cuales se observa la resistencia a compresión obtenida por cada una de las tres mezclas definitivas a los 7, 14 y 28 días de edad.

Tabla 26. Resultados de resistencia a compresión de los bloques H-12 a los 7, 14 y 28 días de edad de la mezcla 1 la cual no contiene aditivo.

<b>RESULTADOS DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN MEZCLA SIN ADITIVO BLOQUE H-12</b>			
<b># Especimen</b>	<b>días de edad del bloque</b>		
	<b>Mpa</b>		
	<b>7</b>	<b>14</b>	<b>28</b>
<b>1</b>	7,63	8,71	8,45
<b>2</b>	8,16	9,1	12,62
<b>3</b>	7,4	8,68	9,7
<b>4</b>	7,78	8,42	12,48
<b>5</b>	6,56	9	11,34
<b>6</b>	8,03	8,11	11,92
<b>7</b>	7,17	8,58	10,88
<b>8</b>	7,72	7,61	12,26
<b>9</b>	6,08	9,24	11,74
<b>10</b>	8,16	7,81	11,52
<b>promedio</b>	7,47	8,53	11,29
<b>S=</b>	0,69	0,54	1,31

Fuente: Propia

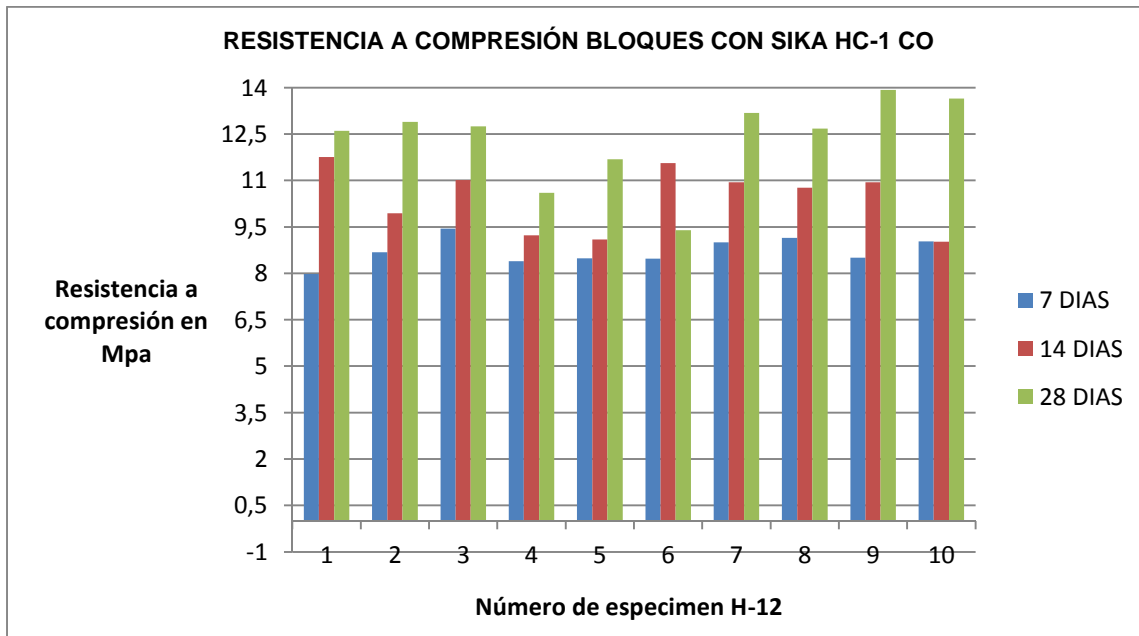


Fuente: Propia

Tabla 26.1. Resultados de resistencia a compresión de los bloques H-12 a los 7, 14 y 28 días de edad de la mezcla 2 con SIKA HC-1 CO.

<b>RESULTADOS DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN MEZCLA CON SIKA HC-1 CO BLOQUE H-12</b>			
# Espécimen	días de edad del bloque Mpa		
	7	14	28
1	7,98	11,76	12,6
2	8,68	9,94	12,89
3	9,44	11,01	12,75
4	8,39	9,23	10,6
5	8,48	9,09	11,68
6	8,47	11,56	9,39
7	9	10,94	13,18
8	9,14	10,77	12,68
9	8,5	10,94	13,92
10	9,03	9,02	13,65
<b>promedio</b>	8,71	10,43	12,33
<b>S=</b>	0,43	1,03	1,40

Fuente: Propia

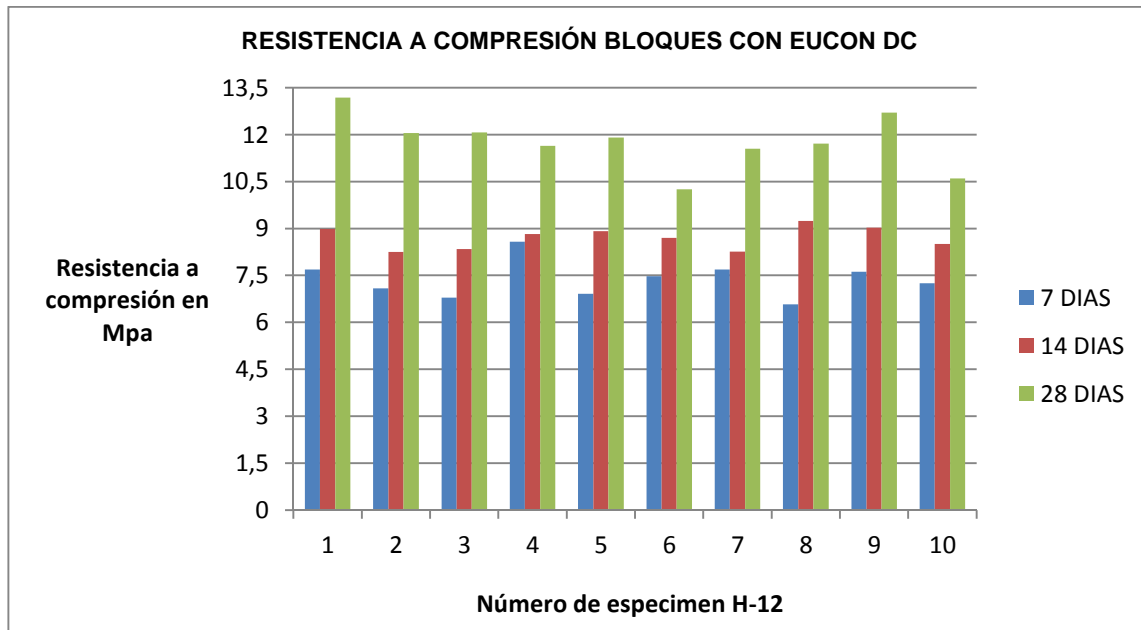


Fuente: Propia

Tabla 26.2. Resultados de resistencia a compresión de los bloques H-12 a los 7, 14 y 28 días de edad de la mezcla 3 con EUCON DC.

<b>RESULTADOS DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN MEZCLA CON EUCON DC BLOQUE H-12</b>			
# Espécimen	días de edad del bloque Mpa		
	7	14	28
1	7,69	8,99	13,18
2	7,09	8,25	12,05
3	6,79	8,34	12,07
4	8,58	8,82	11,64
5	6,91	8,91	11,9
6	7,47	8,7	10,25
7	7,69	8,26	11,55
8	6,58	9,24	11,71
9	7,62	9,03	12,7
10	7,25	8,51	10,6
<b>promedio</b>	7,37	8,71	11,77
<b>S=</b>	0,58	0,35	0,87

Fuente: Propia



Fuente: Propia

En el anexo 12 Se encuentran las tablas con los 3 diseños de mezcla definitivos.

Por otro lado, en el anexo 12 se encuentra la tabla con los datos de las dimensiones del H-12 con las cuales se obtuvieron el área útil del bloque usada para determinar el valor de resistencia a compresión mediante la fórmula:  $S = P/A$ , donde P= carga máxima aplicada al objeto y A= área del objeto.

## 5 ANÁLISIS DE RESULTADOS

En Bucaramanga, la empresa Bloques y Adoquines de Santander bajo la modalidad de proyecto de investigación permitió la fabricación de los bloques de concreto H-12 para el presente el proyecto de grado buscando desarrollar una optimización de diseño de mezcla a implementar en la fabricación de los elementos aprobados por los parámetros de control de calidad establecidos en las normas NTC 4026 y 4024.

Para ello, se realizó la debida caracterización de los materiales a usar en el diseño de mezcla óptimo elegido para la elaboración de los bloques H-12, como a su vez los respectivos ensayos de control y calidad en los elementos prefabricados.

### 5.1 CARACTERIZACIÓN DEL MATERIAL GRANULAR Y DEL CEMENTO ESTRUCTURAL

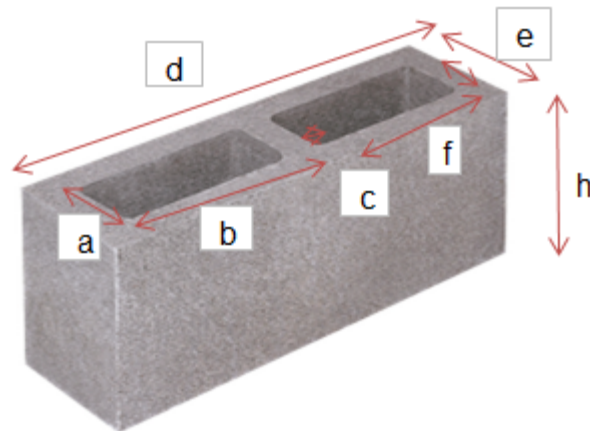
Las normas NTC 4024 Y 4026 no estipulan ningún parámetro de calidad en cuanto a los agregados finos y gruesos del material a utilizar en los diseños de mezcla para la fabricación de los bloques de concreto utilizados en la mampostería estructural.

### 5.2 DIMENSIONAMIENTO DE LOS BLOQUES H-12

Al momento de evaluar la calidad de los bloques, es importante tomar las medidas reales del bloque, es decir aquellas tomadas directamente del elemento prefabricado.

En la figura 20, se observa la uniformidad en las medidas de profundidad, altura y longitud del bloque, así como en el dimensionamientos de los dos espacios huecos que contiene el mismo.

Figura 20. Dimensionamiento de los bloques H-12



MUESTREO DIMENSIONES REALES DEL BLOQUE DE CONCRETO H-12 EN CM								
Bloque #	a	b	c	d	e	f	g	h
1	6,3	15,3	3	39	12	15,3	6,3	19
2	6,33	15,3	3	39	12	15,3	6,33	19
3	6,3	15,2	3	39	12	15,2	6,3	19
4	6,32	15,3	3	39	12	15,3	6,32	19
5	6,3	15,3	3	39	12	15,3	6,3	19
6	6,32	15,2	3	39	12	15,2	6,32	19

Fuente: Propia

### 5.3 DENSIDAD DE LOS BLOQUES H-12

La clasificación asignada a los bloques H-12 fue determinada a partir de los datos del volumen del bloque restándole el volumen de los dos espacios huecos del mismo como se observará en la figura 20, para luego el resultado dividirlo entre el peso del bloque obtenido por una balanza en unidades de kilogramos.

En la tabla 28, se observará que los bloques H-12 pertenecen a la clasificación de Normal cuyo rango de densidad va desde 2 000 kg/m<sup>3</sup> ó más, según lo establecido en la norma TNC 4024.

Tabla 27. Volumen del bloque H-12 menos sus dos espacios huecos.

Número de espécimen	Vol Bloque H-12 m <sup>3</sup>	Vol de los 2 Espacios huecos m <sup>3</sup>	Volumen bloque-Volumen espacios huecos m <sup>3</sup>
1	8892	3662,82	0,00523
2	8892	3680,262	0,00521
3	8892	3638,88	0,00525
4	8892	3674,448	0,00522
5	8892	3662,82	0,00523
6	8892	3650,432	0,00524

Fuente: Propia

Tabla 28. Clasificación Normal según la densidad del bloque H-12

DENSIDAD BLOQUE H-12 Kg/ m <sup>3</sup>			
# espécimen	Peso kg	Densidad en kg/m <sup>3</sup>	Clasificación
1	10,9	2084	Normal
2	10,46	2000	Normal
3	10,78	2062	Normal
4	10,8	2065	Normal
5	10,69	2044	Normal
6	10,76	2058	Normal
<b>Promedio</b>	10,73	2052	Normal

Fuente: Propia

Resistencia a compresión Mínimo a los 28 días, Mpa			Porcentaje de absorción y clasificación del bloque según su densidad		
Clase	Promedio de 3 unidades	Individual	Peso liviano menos de 1 680 kg/m <sup>3</sup>	Peso mediano, de 1 680 kg/m <sup>3</sup> hasta menos de 2 000 kg/m <sup>3</sup>	Peso normal, 2 000 kg/m <sup>3</sup> o más
Alta	13	11	15%	12%	9%
Baja	8	7	18%	15%	12%

Fuente: Tomada y adaptada de la NTC 4024

En promedio, el valor de densidad obtenido del bloque H-12 es de 2052 kg/m<sup>3</sup>, lo cual le permite clasificar en la categoría de peso normal.

#### 5.4 PORCENTAJE DE ABSORCIÓN Y CONTENIDO DE HUMEDAD

Para el porcentaje de absorción se compararon los resultados obtenidos del presente ensayo con los parámetros establecidos de la NTC 4024 como control de calidad de los bloques H-12, para lo cual se tuvo en cuenta la resistencia a compresión de los bloques alcanzada a los 28 días de edad de 13 Mpa y la clasificación normal según la densidad de los mismos. Las figuras 37y 38 indican lo descrito anteriormente.

En la tabla 31 se observa una comparación de peso en Kg Vs porcentaje de absorción.

Por otro lado, el contenido de humedad obtenido fue mínimo, como se indica en la tabla 32.

Tabla 29. Porcentaje de absorción para el bloque H-12

(% ) ABSORCION		(% ) ABSORCION		(% ) ABSORCION	
1	13,24	3	13,96	5	13,65
2	13,38	4	13,91	6	13,82

Fuente: Propia

Tabla 30. Parámetros de control y calidad establecidos por la NTC 4024

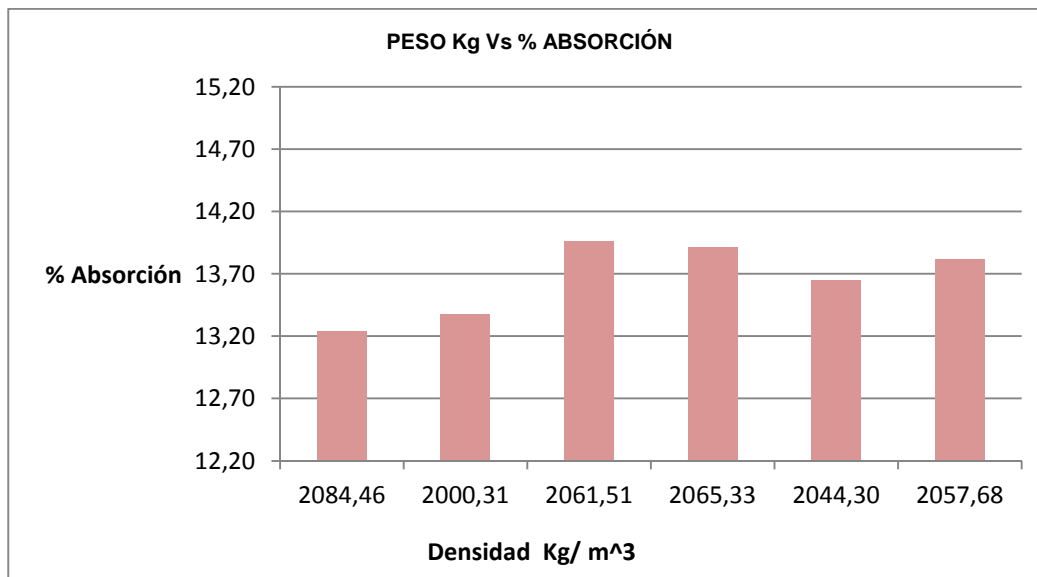
Resistencia a compresión Mínima a los 28 días, Mpa			Porcentaje de absorción y clasificación del bloque según su densidad		
Clase	Promedio de 3 unidades	Individual	Peso liviano menos de 1 680 kg/m <sup>3</sup>	Peso mediano, de 1 680 kg/m <sup>3</sup> hasta menos de 2 000 kg/m <sup>3</sup>	Peso normal, 2 000 kg/m <sup>3</sup> o más
Alta	13	11	15%	12%	9%
Baja	8	7	18%	15%	12%

Fuente: Tomada y adaptada de la NTC 4024

Tabla 31. Comparación de densidad Vs porcentaje de absorción para bloque H-12.

RELACIÓN DE DENSIDAD CON ABSORCIÓN BLOQUE H-12		
# Especimen	Densidad Kg/m <sup>3</sup>	% Absorción
1	2084,46	13,24
2	2000,31	13,38
3	2061,51	13,96
4	2065,33	13,91
5	2044,30	13,65
6	2057,68	13,82

Fuente: Propia



Fuente: Propia

Al contemplarse los resultados del porcentaje de absorción se observa que el promedio es de 13,66 lo cual no cumple con lo establecido por la NTC 4024 cuyo valor es del 9% para bloques de 13 Mpa de resistencia a compresión a los 28 días y de clasificación normal en cuanto a su densidad.

Tabla 32. Contenido de humedad de los bloques H-12

CONTENIDO DE HUMEDAD %		CONTENIDO DE HUMEDAD %		CONTENIDO DE HUMEDAD %	
1	4,48	3	5,35	5	4,29
2	2,72	4	4,01	6	5,06

Fuente: Propia

## 5.5 RESISTENCIA A COMPRESIÓN DE LAS MEZCLAS PILOTO

Con la realización de los siguientes diseños de mezcla patrón, se buscó conocer cuál sería el indicado para lograr 13 Mpa a los 28 días de edad del bloque como lo establece la norma NTC 4026.

A continuación se presentarán las tabas 33 a la 37 pertenecientes a cada diseño de mezcla con sus respectivas proporciones y resistencia a compresión obtenida a los 7, 14 y 28 días de edad.

Tabla 33. Diseño de mezcla patrón 1 y resistencia a compresión a los 7, 14 y 28 días de edad.

Prueba piloto de mezcla patrón SIN ADITIVO para bloque H-12MEZCLA 1						
Relación agua cemento=		0,85			Resistencia a compresión Mpa	
# Espécimen	ARENA F (Kg)	ARENA G (Kg)	CEMENTO (Kg)	7	14	28
1	213	427	71	8,16	10,4	11,56
2	213	427	71	8,03	10,37	12,19

Fuente: Propia

Tabla 34. Diseño de mezcla 2 con aditivo SIKA PAVER HC-1 CO y su resistencia a compresión a los 7, 14 y 28 días de edad.

Prueba piloto de mezcla CON 222 ml de SIKA HC-1 CO para bloque H-12 MEZCLA 2						
Relación agua cemento=		0,85			Resistencia a compresión Mpa	
# Espécimen	ARENA F (Kg)	ARENA G (Kg)	CEMENTO (Kg)	7	14	28
3	213	427	71	10,7	11,13	12,83
4	213	427	71	9,45	11,46	13,24

Fuente: Propia

Tabla 35. Diseño de mezcla patrón 3 y su resistencia a compresión a los 7, 14 y 28 días de edad.

Prueba piloto de mezcla patrón SIN ADITIVO para bloque H-12 MEZCLA 3						
Relación agua cemento=		0,96			Resistencia a compresión Mpa	
# Espécimen	ARENA F (Kg)	ARENA G (Kg)	CEMENTO (Kg)	7	14	28
5	213	434	63	7,04	8,64	9,74
6	213	434	63	7,27	8,38	9,82

Fuente: Propia

Tabla 36. Diseño de mezcla 4 con aditivo EUCON DC y su resistencia a compresión a los 7, 14 y 28 días de edad.

Prueba piloto de mezcla con 164 ml de EUCON DC para bloque H-12 MEZCLA 4						
Relación agua cemento=		0,96			Resistencia a compresión Mpa	
# Espécimen	ARENA F (Kg)	ARENA G (Kg)	CEMENTO (Kg)	7	14	28
7	213	434	63	8,1	10,55	11,36
8	213	434	63	7,43	10,05	10,64

Fuente: Propia

Tabla 37. Diseño de mezcla patrón 5 y su resistencia a compresión a los 7, 14 y 28 días de edad.

Prueba piloto de mezcla patrón SIN ADITIVO para bloque H-12 MEZCLA 5						
Relación agua cemento=		0,75			Resistencia a compresión Mpa	
# Espécimen	ARENA F (Kg)	ARENA G (Kg)	CEMENTO (Kg)	7	14	28
9	213	418	80	8,48	10,86	11,8
10	213	418	80	8,65	10,64	12,45

Fuente: Propia

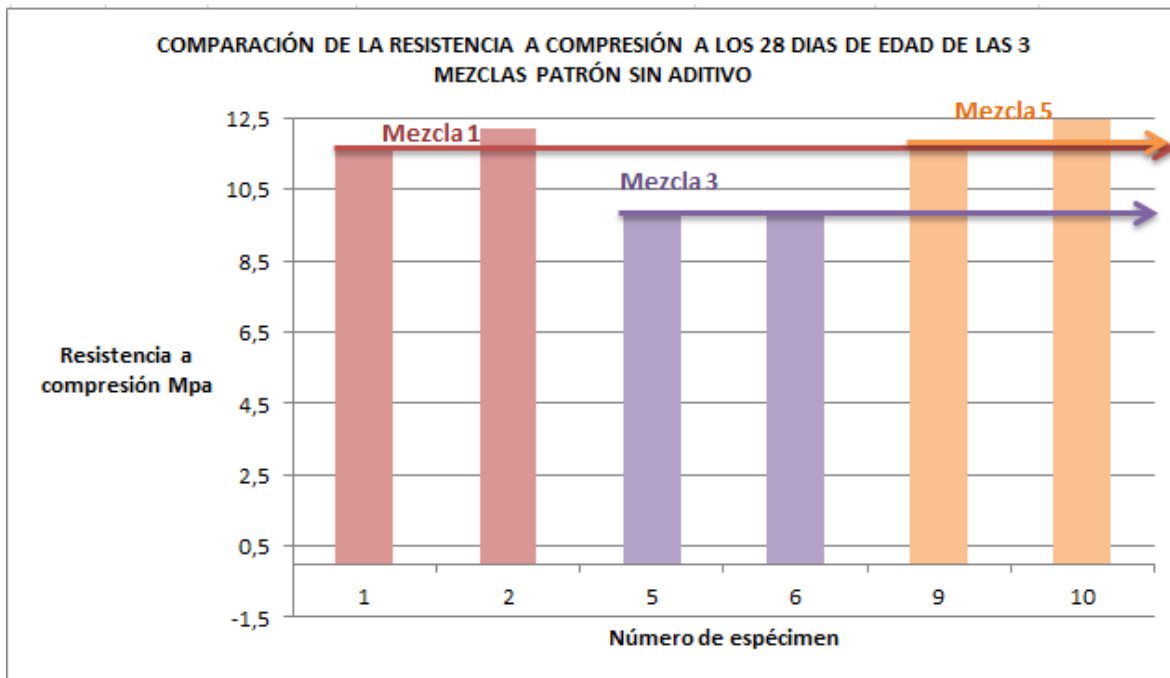
Las mezclas a tener en cuenta para diseñar la mezcla patrón definitiva, fueron las mezclas 1, 3 y 5.

En la Tabla 38 se muestra la comparación de los resultados a los 28 días de edad de estas tres mezclas, con su respectiva gráfica de barras.

Tabla 38. Comparación de resistencia a compresión a los 28 días de edad de las mezclas patrón y su respectiva gráfica de barras.

COMPARACIÓN DE LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN A LOS 28 DÍAS DE EDAD DE LAS 3 MEZCLAS PATRÓN SIN ADITIVO		
	Número de espécimen	Resistencia compresión Mpa
Mezcla 1	1	11,56
	2	12,19
mezcla 3	5	9,74
	6	9,82
mezcla 5	9	11,8
	10	12,45

Fuente: Propia



Fuente: Propia

Como puede observarse, la mezcla patrón número 5 con relación agua- cemento de 0,75 y con una cantidad de cemento de 80 Kg como lo muestra anteriormente la figura 45, fue la que obtuvo una mayor resistencia a compresión a los 28 días de edad de 12, 45 Mpa. Sin embargo, se tomó como mezcla patrón la número uno, con relación agua- cemento de 0,85 y cantidad de cemento de 71 Kg, tal como la muestra anteriormente la figura 42.

Por otro lado, la razón por la cual se tomó la mezcla patrón 1 para diseño definitivo de los 90 bloques H-12, fue porque de esta mezcla se diseñaron otras dos mezclas a las cuales se les adicionó SIKA PAVER HC-1 CO y EUCON DC separadamente.

En la tabla 39 hasta la 41 con su respectiva gráfica de barras, se hace la comparación de resistencia a compresión a los 7, 14 Y 28 días de edad de las mezclas 1 y 2, para observar como el aditivo SIKA HC-1 CO ayuda a mejorar la resistencia a compresión de la mezcla 1.

Tabla 39. Comparación de resistencia a compresión a los 7 días de edad de las mezcla patrón 1 y la mezcla 2 con contenido de SIKA HC-1 CO y su respectiva gráfica de barras.

RESISTENCIA A COMPRESIÓN MEZCLA 1 Y MEZCLA 2 A LOS 7 DIAS DE EDAD		
	# Espécimen	Resistencia a compresión Mpa
Mezcla 1	1	8,16
	2	8,03
Mezcla 2	3	10,7
	4	9,45

Fuente: Propia

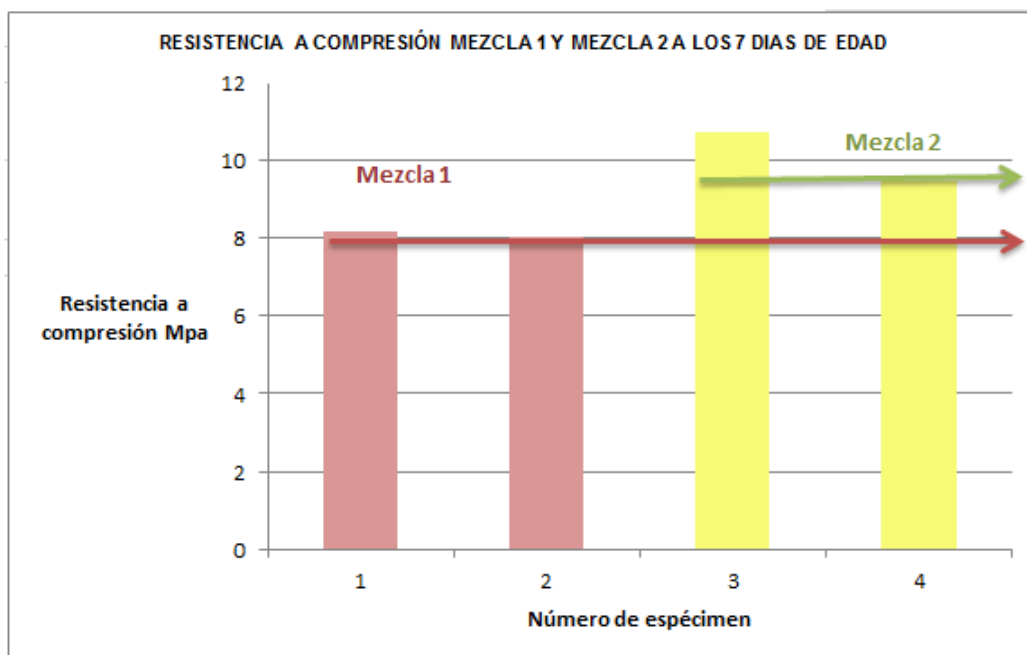
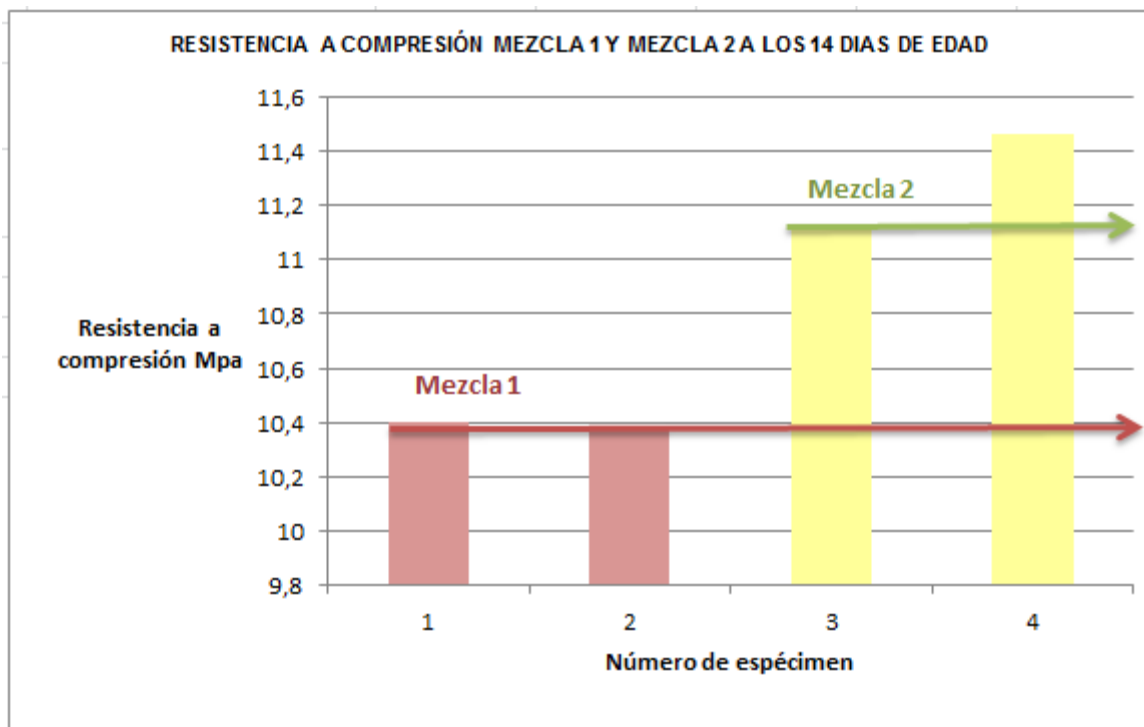


Figura: Propia

Tabla 40. Comparación de resistencia a compresión a los 14 días de edad de las mezcla patrón 1 y la mezcla 2 con contenido de SIKA HC-1 CO y su respectiva gráfica de barras.

RESISTENCIA A COMPRESIÓN MEZCLA 1 Y MEZCLA 2 A LOS 14 DIAS DE EDAD		
	# Espécimen	Resistencia a compresión Mpa
Mezcla 1	1	10,4
	2	10,37
Mezcla 2	3	11,13
	4	11,46

Fuente: Propia

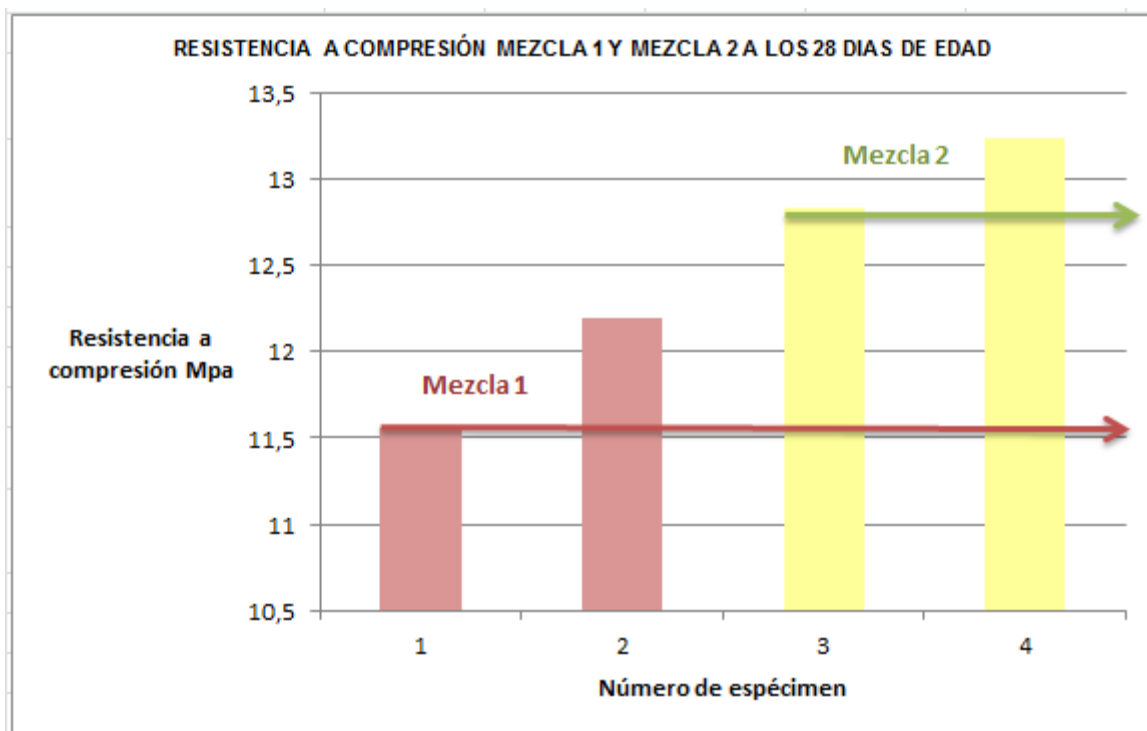


Fuente: Propia

Tabla 41. Comparación de resistencia a compresión a los 28 días de edad de las mezcla patrón 1 y la mezcla 2 con contenido de SIKA HC-1 CO y su respectiva gráfica de barras.

RESISTENCIA A COMPRESIÓN MEZCLA 1 Y MEZCLA 2 A LOS 28 DÍAS DE EDAD		
	# Espécimen	Resistencia a compresión Mpa
Mezcla 1	1	11,56
	2	12,19
Mezcla 2	3	12,83
	4	13,24

Fuente: Propia



Fuente: Propia

Claramente se pudo observar como el SIKA HC-1 CO ayudó a aumentar la resistencia a compresión de los bloques H-12 en cada uno de sus respectivos días de edad en los que fueron fallados.

Sin embargo, se quiso demostrar como la mezcla 2 con las mismas proporciones de la mezcla patrón 1 pero adicionándole SIKA HC-1 CO lograba aún mejor

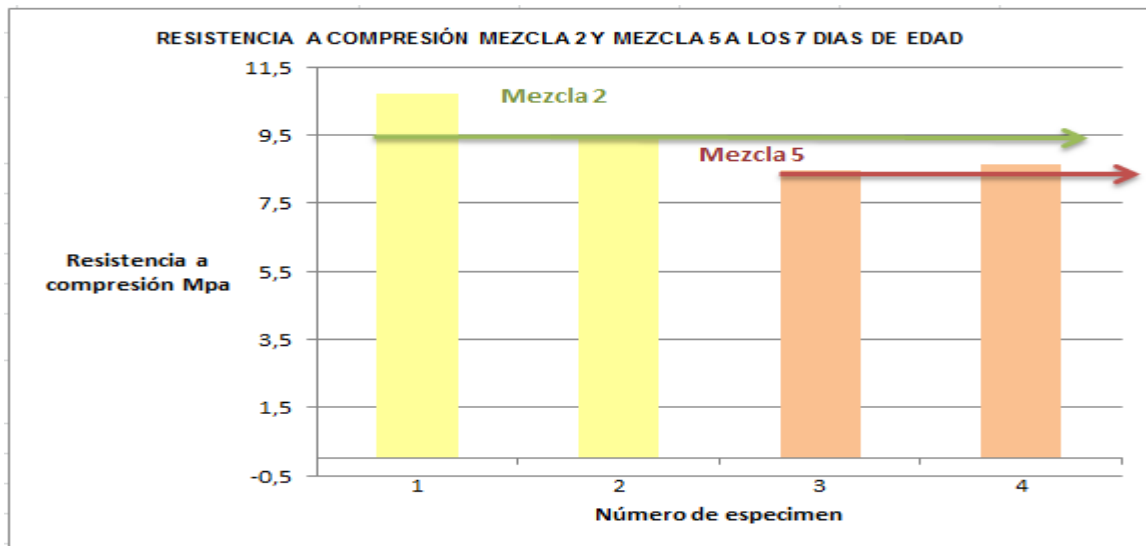
resistencia a compresión en cada 7, 14 y 28 días de edad en comparación a la mezcla 5 la cual contenía mayor cantidad de cemento que la mezcla 2 tal como lo señalan las tablas 34 y 37 logrando optimizar la proporción de cemento en el diseño de mezcla.

En la tabla 42 hasta la 44, se observará lo descrito anteriormente.

Tabla 42. Comparación de resistencia a compresión a los 7 días de edad de las mezcla patrón 5 y la mezcla 2 con contenido de SIKA HC-1 CO y su respectiva gráfica de barras.

RESISTENCIA A COMPRESIÓN MEZCLA 2 Y MEZCLA 5 A LOS 7 DIAS DE EDAD		
	# Espécimen	Resistencia a compresión Mpa
Mezcla 2	1	10,7
	2	9,45
Mezcla 5	3	8,48
	4	8,65

Fuente: Propia

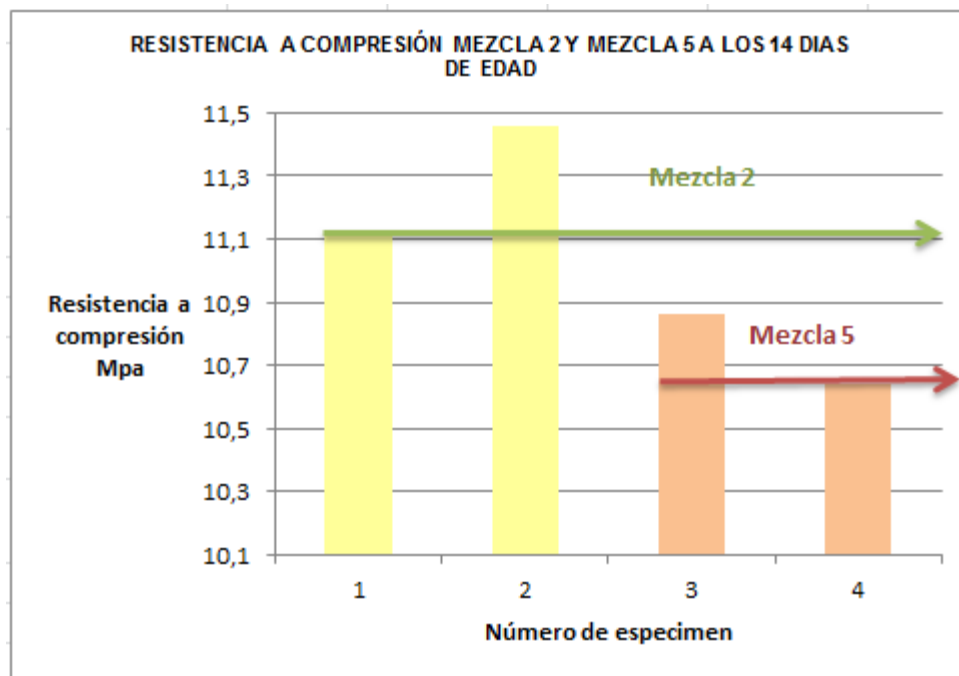


Fuente: Propia

Tabla 43. Comparación de resistencia a compresión a los 14 días de edad de las mezcla patrón 5 y la mezcla 2 con contenido de SIKA HC-1 CO y su respectiva gráfica de barras.

RESISTENCIA A COMPRESIÓN MEZCLA 2 Y MEZCLA 5 A LOS 14 DÍAS DE EDAD		
	# Espécimen	Resistencia a compresión Mpa
Mezcla 2	1	11,13
	2	11,46
Mezcla 5	3	10,86
	4	10,64

Fuente: Propia

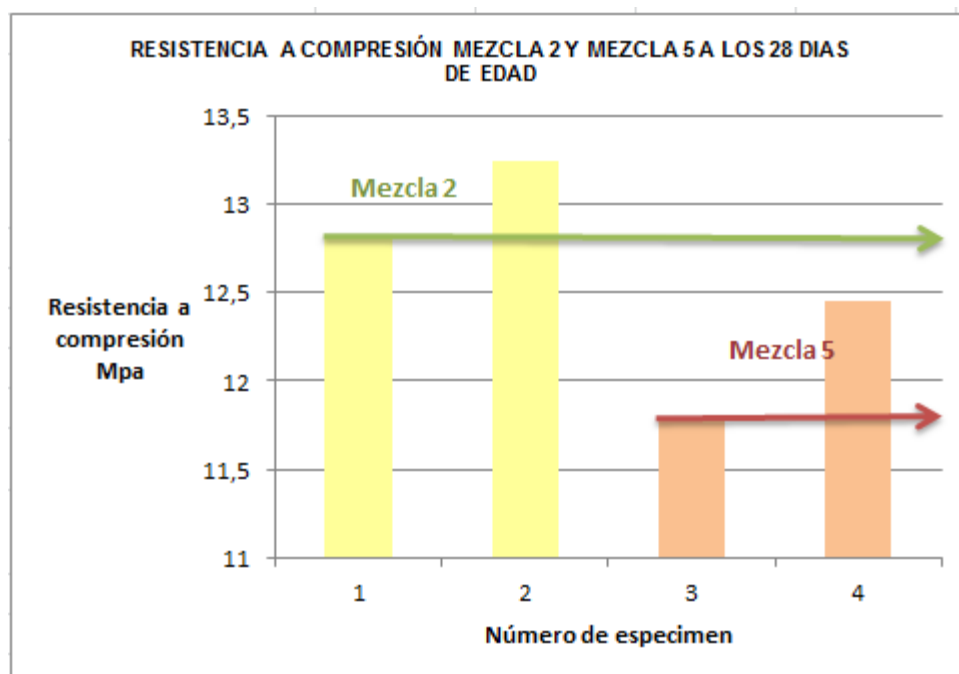


Fuente: Propia

Tabla 44. Comparación de resistencia a compresión a los 28 días de edad de las mezcla patrón 5 y la mezcla 2 con contenido de SIKA HC-1 CO y su respectiva gráfica de barras.

RESISTENCIA A COMPRESIÓN MEZCLA 2 Y MEZCLA 5 A LOS 28 DÍAS DE EDAD		
	# Espécimen	Resistencia a compresión Mpa
Mezcla 2	1	12,83
	2	13,24
Mezcla 5	3	11,8
	4	12,45

Fuente: Propia



Fuente: Propia

Notoriamente se pudo observar como el SIKA HC-1 CO de la mezcla 2 ayudó a aumentar la resistencia a compresión de los bloques H-12 en cada uno de sus respectivos días de edad en los que fueron fallados, en comparación a la mezcla patrón 5 la cual había arrojado mayores resultados de resistencia entre las 3 mezclas patrón (1,3 y 5), es decir las que no contenían aditivo.

## 5.6 RESISTENCIA A COMPRESIÓN DE LAS MEZCLAS DEFINITIVAS

A partir de las mezclas patrón piloto (1,3 y 5) descritas anteriormente, la seleccionada para el elaborar los 90 bloques del proyecto fue la mezcla (1) con relación agua-cemento de 0,85. La razón por la cual se escogió fue la optimización del cemento comparado con la mezcla patrón 5, a su vez la buena resistencia a compresión que presentó a los 28 días de edad al adicionarle SIKA HC-1 CO permitiéndole lograr 13,04 Mpa en promedio cumpliendo con lo exigido en la norma NTC 4026 y consiguiendo mejor resistencia que la mezcla patrón cinco a los 28 días de edad la cual obtuvo como resultado promedio 12,13 Mpa.

A partir de la mezcla piloto 1, se diseñaron otras dos mezclas con aditivo SIKA HC-1 CO y EUCON DC separadamente. La cantidad de bloques H-12 fabricados para cada una de ellas fueron 30, fallados a los 7,14 y 28 días de edad.

En la tabla 45 a la 47, se muestran los diseños de mezcla.

Tabla 45. Diseño de mezcla 1 sin aditivo

<b>b=</b>	0,42	<b>bo=</b>	0,60
<b>bo=</b>	(Muc/Dens aparente)	<b>B=</b>	0,251
<b>B=</b>	b*bo		

<b>Muc Agregado Grueso=</b>	1543 kg
<b>Gsa Agregado grueso=</b>	2581 kg

<b>Relación a/c=</b>	0,85	<b>C=</b>	212 kg
<b>Cantidad de agua=</b>	180 litros		

<b>Materiales</b>	<b>Peso (kg)</b>	<b>Densidad (kg/m<sup>3</sup>)</b>	<b>Vol (m<sup>3</sup>)</b>	<b>Kg lineales</b>
Cemento	212	2940	0,072	71
Arena Fina	637	2536	0,251	213
Arena Gruesa	1282	2581	0,497	427
Agua	180	1000	0,18	60

Fuente: Propia

Tabla 46. Diseño de mezcla 2 con SIKA HC-1 CO

<b>b=</b>	0,42	<b>bo=</b>	0,60
<b>bo=</b>	(Muc/Dens aparente)	<b>B=</b>	0,251
<b>B=</b>	b*bo		

<b>Muc Agregado Grueso=</b>	1543 Kg	Kg
<b>Gsa Agregado grueso=</b>	2581 Kg	Kg

**MEZCLA 2**

<b>Relación a/c=</b>	0,85	<b>C=</b>	212 kg
<b>Cantidad de agua=</b>	180 litros		

<b>Materiales</b>	<b>Peso (kg)</b>	<b>Densidad (kg/m<sup>3</sup>)</b>	<b>Vol (m<sup>3</sup>)</b>	<b>Kg lineales</b>
Cemento	212	2940	0,072	71
Arena Fina	637	2536	0,251	213
Arena Gruesa	1281	2581	0,496	427
Agua	180	1000	0,18	60
Aditivo SIKA HC-1 CO	0,636	1010	0,000630	0,212

<b>Proporción SIKA HC-1 =</b>	(0,3% * Peso cemento) /100
<b>SIKA HC-1 CO</b>	0,3

Fuente: Propia

Tabla 47. Diseño de mezcla 3 con EUCON DC

<b>b=</b>	0,42	<b>bo=</b>	0,60
<b>bo=</b>	(Muc/Dens aparente)	<b>B=</b>	0,251
<b>B=</b>	b*bo		

<b>Muc Agregado Grueso=</b>	1543	Kg
<b>Gsa Agregado grueso=</b>	2581	Kg

**MEZCLA 3**

<b>Relación a/c=</b>	0,85	<b>C=</b>	212 kg
<b>Cantidad de agua=</b>	180 litros		

<b>Materiales</b>	<b>Peso (kg)</b>	<b>Densidad (kg/m<sup>3</sup>)</b>	<b>Vol(m<sup>3</sup>)</b>	<b>Kg lineales</b>
Cemento	212	2940	0,072	71
Arena Fina	637	2536	0,251	213
Arena Gruesa	1282	2581	0,497	427
Agua	180	1000	0,18	60
Aditivo EUCON DC	0,276	1000	0,000276	0,092

<b>Proporción EUCON DC=</b>	100	0,13	Kg
	212	<b>x</b>	Kg
<b>x=</b>	0,276		

Fuente: Propia

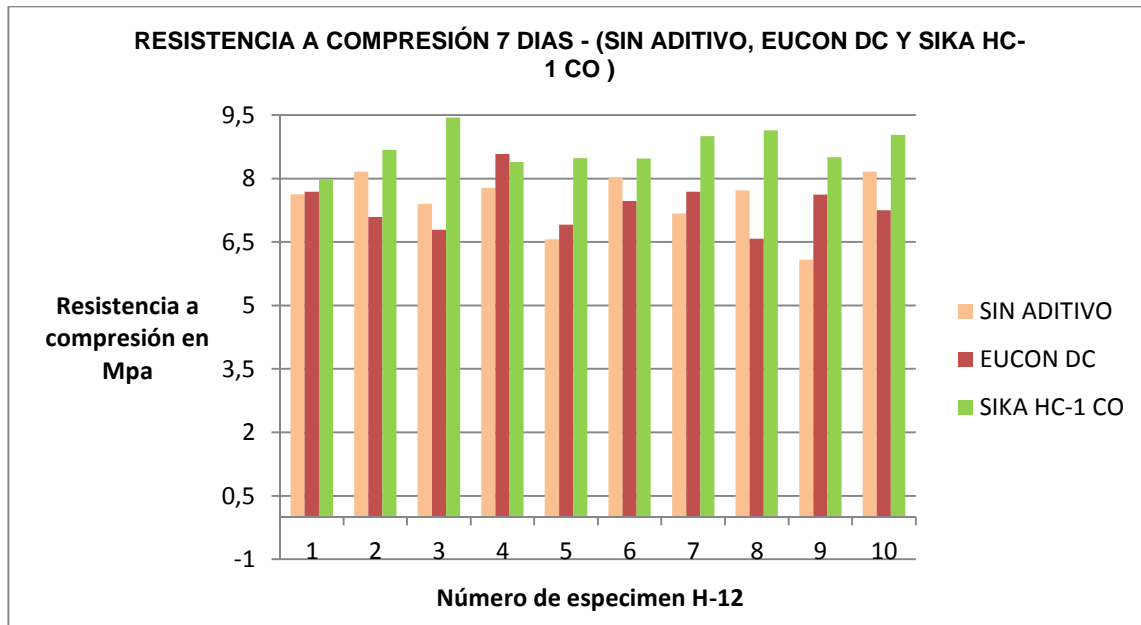
Para observar claramente, cuál de los 3 diseños de mezcla mostrados en las anteriores figuras, se realizaron unas tablas comparativas con sus respectivas gráficas de barras de las 3 mezclas a los 7,14 y 28 días de edad.

En la tabla 48 a la 50 se consecutivamente se expondrán los resultados comparativos de los 3 diseños de mezcla.

Tabla 48. Comparación de resistencia a compresión a los 7 días de edad de las mezclas y su respectiva gráfica de barras.

Tabla comparativa de resistencia a compresión a los 7 días de edad de las mezclas sin aditivo, con EUCON DC y SIKA HC-1 CO BLOQUE H-12			
# Espécimen	Sin aditivo Mpa	EUCON DC Mpa	SIKA HC-1 CO Mpa
1	7,63	7,69	7,98
2	8,16	7,09	8,68
3	7,4	6,79	9,44
4	7,78	8,58	8,39
5	6,56	6,91	8,48
6	8,03	7,47	8,47
7	7,17	7,69	9
8	7,72	6,58	9,14
9	6,08	7,62	8,5
10	8,16	7,25	9,03
Promedio	7,47	7,37	8,71
S=	0,69	0,58	0,43

Fuente: Propia

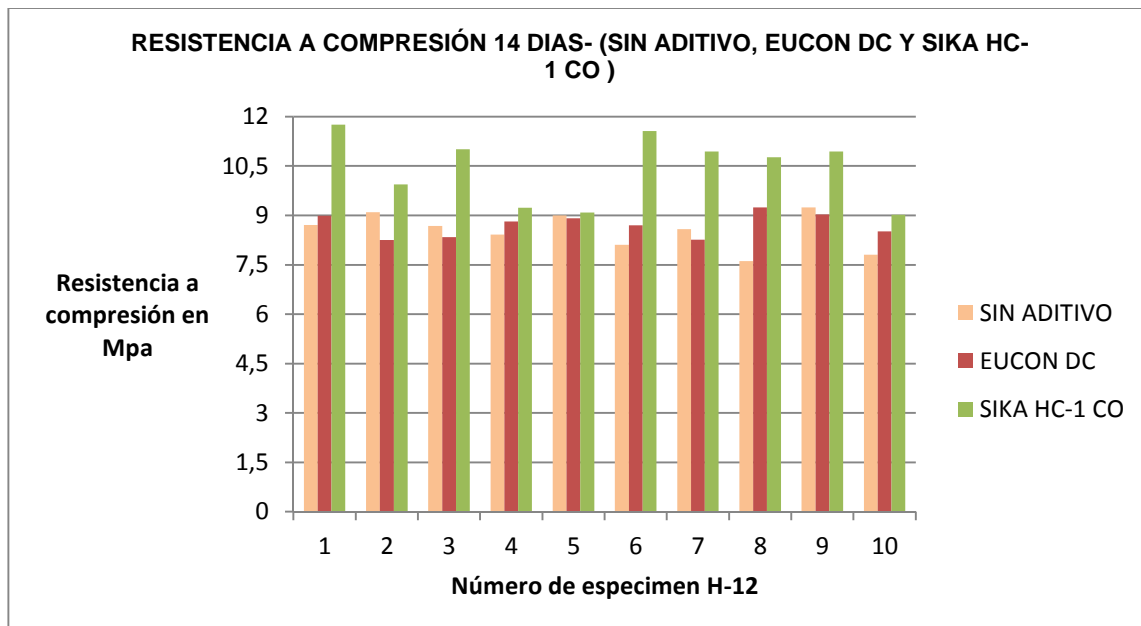


Fuente: Propia

Tabla 49. Comparación de resistencia a compresión a los 14 días de edad de las mezclas y su respectiva gráfica de barras.

Tabla comparativa de resistencia a compresión a los 14 días de edad de las mezclas sin aditivo, con EUCON DC y SIKA HC-1 CO BLOQUE H-12			
# Espécimen	Sin aditivo Mpa	EUCON DC Mpa	SIKA HC-1 CO Mpa
1	8,71	8,99	11,76
2	9,1	8,25	9,94
3	8,68	8,34	11,01
4	8,42	8,82	9,23
5	9	8,91	9,09
6	8,11	8,7	11,56
7	8,58	8,26	10,94
8	7,61	9,24	10,77
9	9,24	9,03	10,94
10	7,81	8,51	9,02
Promedio	8,53	8,71	10,43
S=	0,54	0,35	1,03

Fuente: Propia

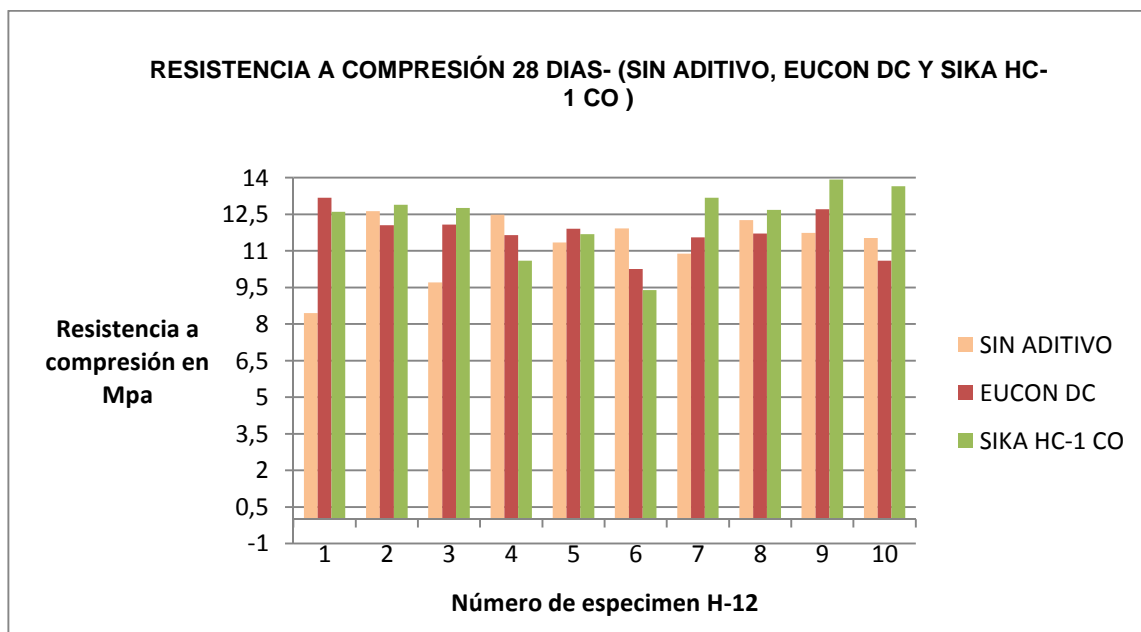


Fuente: Propia

Tabla 50. Comparación de resistencia a compresión a los 28 días de edad de las mezclas y su respectiva gráfica de barras.

Tabla comparativa de resistencia a compresión a los 28 días de edad de las mezclas sin aditivo, con EUCON DC y SIKA HC-1 CO BLOQUE H-12			
# Espécimen	Sin aditivo Mpa	EUCON DC Mpa	SIKA HC-1 CO Mpa
1	8,45	13,18	12,6
2	12,62	12,05	12,89
3	9,7	12,07	12,75
4	12,48	11,64	10,6
5	11,34	11,9	11,68
6	11,92	10,25	9,39
7	10,88	11,55	13,18
8	12,26	11,71	12,68
9	11,74	12,7	13,92
10	11,52	10,6	13,65
Promedio	11,29	11,77	12,33
S=	1,31	0,87	1,40

Fuente: Propia



Fuente: Propia

Teniendo en cuenta los resultados registrados y graficados, se puede claramente notar que el aditivo SIKA HC-1 CO es el que mejor logra resistencia a compresión

a los 7, 14 y 28 días de edad comparada con la mezcla sin aditivo y aquella con EUCON DC.

Al mismo tiempo, los resultados fueron comparados con lo exigido en la NTC 4026 en cuanto a los 13 Mpa mínimo que los bloques de clase alta deben de cumplir a los 28 días de edad como resistencia a compresión.

En la tabla 51 se encuentra la tabla de la NTC 4026.

En la tabla 52 se muestra la resistencia a compresión de los bloques H-12 individualmente a los 28 días de edad de cada mezcla.

En la Tabla 53. Se encuentra los resultados de resistencia a compresión en promedio a los 28 días de edad de los bloques H-12 de cada mezcla.

Tabla 51. Resistencia a compresión exigida por la NTC 4026 a los 28 días de edad.

<b>Resistencia a la compresión a los 28 d (Rc28), evaluada sobre el area neta promedia (Anp)</b>		
<b>Mínimo, Mpa</b>		
<b>Clase</b>	<b>Promedio de 3 unidades</b>	<b>Individual</b>
Alta	13	11
Baja	8	7

Fuente: Tomada y adaptada de la NTC 4026

Tabla 52. Resultados de resistencia a compresión de los bloques H-12 individualmente a los 28 días de edad de cada mezcla.

<b>Tabla comparativa de resistencia a compresión a los 28 días de edad de las mezclas sin aditivo, con EUCON DC y SIKA HC-1 CO BLOQUE H-12</b>			
<b># Espécimen</b>	<b>Sin aditivo Mpa</b>	<b>EUCON DC Mpa</b>	<b>SIKA HC-1 CO Mpa</b>
1	8,45	13,18	12,6
2	12,62	12,05	12,89
3	9,7	12,07	12,75
4	12,48	11,64	10,6
5	11,34	11,9	11,68
6	11,92	10,25	9,39
7	10,88	11,55	13,18
8	12,26	11,71	12,68
9	11,74	12,7	13,92
10	11,52	10,6	13,65
Promedio	11,29	11,77	12,33
S=	1,31	0,87	1,40

Fuente: Propia

Tabla 53. Resultados de resistencia a compresión en promedio de los bloques H-12 a los 28 días de edad de cada mezcla.

<b>PROMEDIO DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN (Mpa) A LOS 28 DÍAS DE EDAD</b>		
<b>SIN ADITIVO</b>	<b>EUCON DC</b>	<b>SIKA HC-1 CO</b>
11,29	11,77	12,33

Fuente: Propia

Con los resultados de la figura 46, se puede decir que los bloques individualmente para cada mezcla cumplieron con la NTC 4026, ya que el mínimo exigido por esta norma para bloques de clase alta es de mínimo 11 Mpa de resistencia a compresión a los 28 días de edad, y los resultados mayormente obtenidos de las unidades ensayadas de cada mezcla fueron 11 Mpa.

En contraste a lo anterior, los bloques en promedio no alcanzaron los 13 Mpa como mínimo a los 28 días de edad exigidos por la NTC 4026, más sin embargo, los bloques elaborados con SIKA HC-1 CO lograron resultados cercanos a los 13 Mpa, en comparación a aquellos elaborados sin aditivo y con EUCON DC.

## 6. CONCLUSIONES

Respecto a los diseños de mezcla, claramente se pudo observar que aquellas mezclas con contenido de SIKA HC- 1 CO y EUCON DC comparadas con la mezcla sin aditivo lograron mayor resistencia a compresión en los bloques de concreto H-12 a los 7, 14 y 28 días de edad. Sin embargo, cabe mencionar que el SIKA HC-1 CO notablemente permitió un ascenso mayor de resistencia a compresión.

Según la carta técnica del SIKA PAVER HC-1 CO se recomienda usar el aditivo con una baja proporción de cemento dentro de la mezcla, por esta razón, la mezcla piloto seleccionada fue aquella con relación agua-cemento del 0,85 y 71 Kg de cemento. Vale la pena mencionar que la mezcla patrón piloto con relación agua-cemento de 0,96 y 63 Kg de cemento, que si bien es la que contuvo la menor cantidad de este material, presentó resultados no satisfactorios de resistencia a compresión a los 28 días de edad lo cual fue inconveniente para no ser seleccionada como mezcla definitiva.

Por otro lado, a partir del ensayo de densidad para clasificar los bloques en liviano, mediano o normal se debe de seguir los parámetros establecidos en la norma NTC 4024. El promedio calculado de densidad de los bloques H-12 fue 2052 Kg/m<sup>3</sup> con lo cual quedan catalogados en peso normal, teniendo en cuenta que para asignar esta clasificación debe de estar en el rango de (2000 kg/m<sup>3</sup> o más).

En cuanto a la absorción presentada en los bloques, los resultados obtenidos a partir del ensayo para determinarla, fueron relativamente altos teniendo en cuenta lo establecido en la tabla de la NTC 4024. Se sabe que la resistencia a compresión a los 28 días de edad buscada por los elementos prefabricados es alta cumpliendo con un mínimo de 13 Mpa en promedio de 3 unidades y de densidad normal, por consiguiente la absorción máxima admitida es del 9%. El porcentaje de absorción obtenido en los especímenes ensayados fue del 13,66 %.

Referente a la humedad, los resultados en porcentaje del ensayo realizado en promedio de 6 unidades, fue del 4,32%. A pesar que el control de humedad realizado en la empresa Bloques y Adoquines de Santander clasifica en tipo II ya que no tiene un seguimiento riguroso, como parámetro de control y calidad establecido por la NTC 4024, este ensayo debe llevarse a cabo.

Considerando que en la mampostería, la calidad en cuanto a la homogeneidad de los bloques utilizados es indispensable, se comprobó, a través de la prueba de dimensionamiento real en los bloques H-12, que la empresa Bloques y Adoquines de Santander con su proceso industrializado satisface este parámetro de calidad

de las unidades prefabricadas ya que no se presentó ninguna disparidad dimensional en los bloques comparados.

Por otra parte, para la resistencia a compresión alta a los 28 días de edad según la NTC 4026 debe de cumplir en promedio de 3 unidades un mínimo de 13 Mpa y un mínimo de 11 Mpa por unidad. Con los resultados obtenidos individualmente se cumple con lo establecido en la norma, pero, en promedio de las unidades, queda relativamente bajo con aproximadamente 12 Mpa.

Finalmente, el aporte realizado con el presente proyecto para la empresa Bloques y Adoquines de Santander fue crear conciencia de la importancia de realizar los respectivos ensayos para la caracterización de los materiales utilizados en la mezcla, así como los ensayos establecidos en las normas NTC 4024 Y 4026 para control y calidad de las unidades de concreto utilizadas en mampostería. También se hizo énfasis en lo indispensable que es tener un diseño de mezcla definido para cada producción de bloques, distinto al método de la prueba y error.

## **7. RECOMENDACIONES PARA LA EMPRESA BLOQUES Y ADOQUINES DE SANTANDER**

Se debe rediseñar las mezclas de concreto elaboradas para la fabricación de los bloques, cada vez que se empleen nuevos agregados y tipo de cemento, teniendo en cuenta los datos obtenidos a partir de la realización de los ensayos correspondientes a la caracterización de los materiales.

En cuanto a parámetros de control y calidad aplicados a los bloques, se deben considerarlos establecidos por las normas NTC 4024 Y 4026, correspondientes al porcentaje de absorción, dimensionamiento, humedad, densidad y resistencia a compresión a los 28 días de edad.

Cuando se desee usar una baja proporción de cemento en la mezcla se recomienda usar como aditivo SIKA PAVER HC-1 CO para lograr la resistencia a compresión bien sea de clase alta o baja exigida por la norma NTC 4026 a los 28 días de edad.

Referente al porcentaje de absorción relativamente alto presentado en los bloques de concreto H-12, se aconseja aumentar la matriz experimental con la elaboración de especímenes para hacer seguimiento a las características de los agregados finos y gruesos.

## 8. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Bloques y Adoquines de Santander. [En línea] <http://bloquesyadoquines.com/nosotros>. [consulta: 10 de Nov, 2013].
- Carlos Alberto Sánchez Cantillo. Metodologías de diseño para edificaciones en mampostería estructural basadas en la norma colombiana de diseño y construcción sismo -resistente, NSR 98. [En línea]. <http://repositorio.uis.edu.co/jspui/bitstream/123456789/1720/2/112659.pdf>. [Consulta: 21 de enero del 2014]
- Ficha técnica Sika. Sika paver HC-1 CO. Aditivo para prefabricados de mezcla semiseca.
- Ficha técnica de TOXEMENT. EUCON DC. Aditivo plastificante para productos "DryCast" de concreto.
- Herrera, Angélica María y Madrid, Germán Guillermo. Manual de construcción de mampostería de concreto. [En línea]. <http://santafe-art.com/personal/Miguel%20gomez%20valencia/MANUAL%20ICPC%20-%20MAMPOSTERIA.pdf>. [Consulta: 11 de Nov, 2013].
- Leonardo Virviescas. Manual para el proceso de elaboración de los bloques, máquina productora QFT 8-15.
- Nelson Afanador García, Gustavo Guerrero Gómez y Richard Monroy Sepúlveda. Propiedades físicas mecánicas de ladrillos macizos cerámicos para mampostería. Ciencia e ingeniería neogranadina, vol 22-1, pp 43-58. Bogotá Junio 2012. [En línea]. [Consulta: 21 de enero del 2014].
- Norma Técnica Colombiana. NTC 92. Ingeniería civil y arquitectura. Determinación de la masa unitaria y los vacíos entre partículas de agregados, 1995.
- Norma Técnica Colombiana, NTC 127. Método de ensayo para determinar las impurezas orgánicas en agregado fino para concreto, 2000.
- Norma Técnica Colombiana. NTC 174. Especificaciones de los agregados para concreto, 2000.
- Norma Técnica Colombiana, NTC 221. Ingeniería civil y arquitectura. Método de ensayo para determinar la densidad del cemento hidráulico, 2011.
- Norma Técnica Colombiana, NTC 237. Ingeniería civil y arquitectura. Método para determinar la densidad y absorción del agregado fino, 1995.
- Norma Técnica Colombiana, NTC 4024. Prefabricados de concreto. Muestreo y ensayo de prefabricados de concreto no reforzados, vibrocompactados, 2001.

- Normas Técnica colombiana 4026. Ingeniería civil y arquitectura. Unidades (bloques y ladrillos) de concreto para mampostería estructural. [Consulta: 9 de enero de 2014], 1997.
- Norma ASTM C 642. Método de prueba estándar para la densidad, absorción y vacíos en el concreto endurecido.
- Rivera, Wilfredo. Materiales y procedimientos de construcción, mampostería. [En línea]. [Consulta: 10 de Nov, 2013].
- Vélez Moreno, Ligia María. Materiales y Normas para materiales y sistemas de mampostería. [En línea]. <http://es.scribd.com/doc/13138912/Mamposteria-Materiales-y-Sistemas>. [Consulta: 10 de Nov, 2013].

## 9. ANEXOS

### Anexo 1. Análisis granulométrico de los agregados finos

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO PARA AGREGADO FINO					
Peso total de muestra =	2000 gr				
No tamiz	Abertura (mm)	Peso retenido (gr)	% Retenido	% Ret Total	% Pasa total
Tres octavos	12,7	5,8	0,29	0,29	99,71
N 4	9,5	35,4	1,77	2,06	97,94
8	4,76	264,4	13,22	15,28	84,72
16	2,36	664	33,2	48,48	51,52
30	1,18	408,4	20,42	68,9	31,1
50	0,6	397,2	19,86	88,76	11,24
100	0,3	147,2	7,36	96,12	3,88
200	0,149	65,2	3,26	99,38	0,62
fondo	0,074	12,4	0,62	100	0
total		2000	<b>Mf=</b>	3,2	

### Anexo 2. Análisis granulométrico de los agregados grueso

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO PARA AGREGADO GRUESO					
Peso total de muestra =	2000 gr				
No tamiz	Abertura (mm)	Peso retenido (gr)	% Retenido	% Ret Total	% Pasa total
1/2	12,7				100
3/8	9,5	6,4	0,32	0,32	99,68
N 4	4,76	206,8	10,34	10,66	89,34
8	2,36	793	39,65	50,31	49,69
16	1,18	498,8	24,94	75,25	24,75
30	0,6	193,4	9,67	84,92	15,08
50	0,3	177,8	8,89	93,81	6,19
100	0,149	75	3,75	97,56	2,44
200	0,074	38,6	1,93	99,49	0,51
fondo		10,2	0,51	100	0
total		2000	<b>TM</b>	1/2	
			<b>TMN</b>	4	

Anexo 3. Masa unitaria suelta para el agregado fino

MASA UNITARIA SUELTA AGREGADO FINO			
MOLDE			
PESO (gr)	H (cm)	D (cm)	VOLUMEN (cm <sup>3</sup> )
3081,1	20	18,5	5376,1

MASAS UNITARIAS SUELTA	
Masa suelta del agregado fino + molde (gr)	10033
	10091
	10167
Masa suelta del agregado fino (gr)	6951,9
	7009,9
	7085,9
Promedio de masa suelta del agregado fino (gr)	<b>7015,9</b>

Masa Unitaria Suelta =	1,305	gr/cm <sup>3</sup>
------------------------	-------	--------------------

Anexo 4. Masa unitaria suelta para el agregado grueso

MASA UNITARIA SUELTA AGREGADO GRUESO			
MOLDE			
PESO (gr)	H (cm)	D (cm)	VOLUMEN (cm <sup>3</sup> )
3081,1	20	18,5	5376,1

MASAS UNITARIAS SUELTA	
Masa suelta del agregado grueso + molde (gr)	10783
	10768
	10814
Masa suelta del agregado grueso (gr)	7701,9
	7686,9
	7732,9
Promedio de masa suelta del agregado grueso (gr)	<b>7707,2</b>

Masa Unitaria Suelta =	1,434	gr/cm <sup>3</sup>
------------------------	-------	--------------------

Anexo 5. Masa unitaria compacta para el agregado fino

MASA UNITARIA COMPACTA AGREGADO FINO			
MOLDE			
PESO (gr)	H (cm)	D (cm)	VOLUMEN (cm <sup>3</sup> )
3081,1	20	18,5	5376,1

MUESTRA 1	
Masa compacta del agregado fino + molde (gr)	11094
	11099
	11132
Masa compacta del agregado fino (gr)	8012,9
	8017,9
	8050,9
Promedio de masa compacta del agregado fino (gr)	<b>8027,2</b>

Masa Unitaria Compacta=	1,493	gr/cm <sup>3</sup>
-------------------------	-------	--------------------

Anexo 6. Masa unitaria compacta para el agregado grueso

MASA UNITARIA COMPACTA AGREGADO GRUESO			
MOLDE			
PESO (gr)	H (cm)	D (cm)	VOLUMEN (cm <sup>3</sup> )
3081,1	20	18,5	5376,1

MASAS UNITARIAS COMPACTAS	
Masa compacta del agregado grueso + molde (gr)	11379
	11369
	11375
Masa compacta del agregado grueso (gr)	8297,9
	8287,9
	8293,9
Promedio de masa compacta del agregado grueso (gr)	<b>8293,2</b>

Masa Unitaria Compacta =	1,543	gr/cm <sup>3</sup>
--------------------------	-------	--------------------

Anexo 7. Peso específico para absorción del agregado fino

PESO ESPECÍFICO DEL AGREGADO FINO	
Picnómetro + agua (gr)	Picnómetro + agua + arena (gr)
638,4	931,1
B	C

Masa de suelo inicial (gr)	Masa final del suelo seco (gr)
500	483,2
S	A

GRAVEDAD ESPECÍFICA BULK	
Gsb 23/23°C sp gr=	A / (B+S-C)
2,331	gr

GRAVEDAD ESPECÍFICA BULK SATURADA	
Gsbsss 23/23°C sp gr=	S / (B+S-C)
2,412	gr

GRAVEDAD ESPECÍFICA APARENTE	
Gsa 23/23°C sp gr=	A / (B+A-C)
2,536	gr

ABSORCIÓN (%)	
3,48	$((S-A) / (A)) * 100$

Anexo 8. Peso específico para absorción del agregado grueso

PESO ESPECÍFICO AGREGADO GRUESO	
Picnómetro + agua (gr)	Picnómetro + agua + arena (gr)
638,4	936,8
<b>B</b>	<b>C</b>

Masa de suelo inicial (gr)	Masa final del suelo seco (gr)
500	487,2
<b>S</b>	<b>A</b>

GRAVEDAD ESPECÍFICA BULK	
Gsb 23/23°C sp gr=	A / (B+S-C)
2,417	gr

GRAVEDAD ESPECÍFICA BULK SATURADA	
Gsbsss 23/23°C sp gr=	S / (B+S-C)
2,480	gr

GRAVEDAD ESPECÍFICA APARENTE	
Gsa 23/23°C sp gr=	A / (B+A-C)
2,581	gr

ABSORCIÓN (%)	
2,63	$((S-A) / (A)) * 100$

Anexo 9. Porcentaje de absorción y contenido de humedad del bloque h-12

**Porcentaje de Absorción**

<b>Ab=</b>	$((Ph-Ps)/(Ph-Pss))*100$	<b>Ph=</b>	<b>Peso saturado</b>
		<b>Ps=</b>	<b>Peso seco</b>
		<b>Pss=</b>	<b>Peso sumergido</b>
		<b>Pm=</b>	<b>Peso natural</b>

DATOS PARA CALCULAR EL PORCENTAJE DE ABSORCIÓN DE LOS BLOQUES DE CONCRETO H-12					
Bloque SIN ADITIVO 1	Kg/m <sup>3</sup>	Bloque con EUCON 3	Kg/m <sup>3</sup>	Bloque con SIKA 5	Kg/m <sup>3</sup>
<b>Pm (Kg)=</b>	10,56	<b>Pm (Kg)=</b>	10,32	<b>Pm (Kg)=</b>	10,78
<b>Pss (Kg)=</b>	5,85	<b>Pss (Kg)=</b>	5,67	<b>Pss (Kg)=</b>	6,32
<b>Ph (Kg)=</b>	11,24	<b>Ph (Kg)=</b>	11,03	<b>Ph (Kg)=</b>	11,45

Ps (Kg)=	10,53	Ps (Kg)=	10,28	Ps (Kg)=	10,75
Bloque SIN ADITIVO 2	Kg/m <sup>3</sup>	Bloque con EUCON 4	Kg/m <sup>3</sup>	Bloque con SIKA 6	Kg/m <sup>3</sup>
Pm (Kg)=	10,50	Pm (Kg)=	10,28	Pm (Kg)=	10,76
Pss (Kg)=	5,72	Pss (Kg)=	5,62	Pss (Kg)=	6,28
Ph (Kg)=	11,22	Ph (Kg)=	11,00	Ph (Kg)=	11,43
Ps (Kg)=	10,48	Ps (Kg)=	10,25	Ps (Kg)=	10,72

(% ) ABSORCION		(% ) ABSORCION		(% ) ABSORCION	
1	13,24	3	13,96	5	13,65
2	13,38	4	13,91	6	13,82

### Porcentaje de contenido de humedad

Ph=	Peso saturado
Ps=	Peso seco
Pss=	Peso sumergido
Pm=	Peso natural

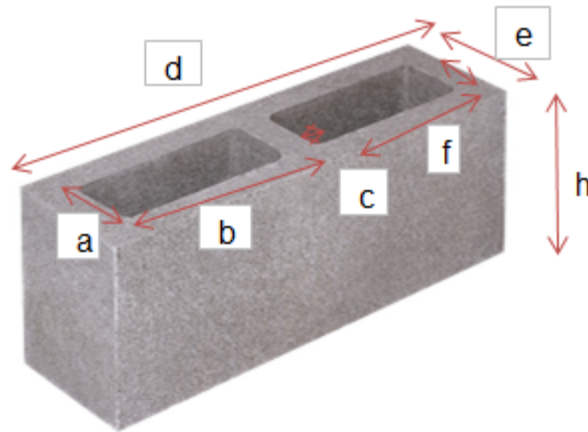
**CONTENIDO DE HUMEDAD=**

$$\frac{(Pm-Ps)}{(Ph-Ps)} * 100$$

DATOS PARA CALCULAR EL PORCENTAJE DE ABSORCION DE LOS BLOQUES DE CONCRETO H-12					
Bloque SIN ADITIVO 1	Kg/m <sup>3</sup>	Bloque con EUCON 3	Kg/m <sup>3</sup>	Bloque con SIKA 5	Kg/m <sup>3</sup>
Pm (Kg)=	10,56	Pm (Kg)=	10,32	Pm (Kg)=	10,78
Pss (Kg)=	5,85	Pss (Kg)=	5,67	Pss (Kg)=	6,32
Ph (Kg)=	11,24	Ph (Kg)=	11,03	Ph (Kg)=	11,45
Ps (Kg)=	10,53	Ps (Kg)=	10,28	Ps (Kg)=	10,75
Bloque SIN ADITIVO 2	Kg/m <sup>3</sup>	Bloque con EUCON 4	Kg/m <sup>3</sup>	Bloque con SIKA 6	Kg/m <sup>3</sup>
Pm (Kg)=	10,50	Pm (Kg)=	10,28	Pm (Kg)=	10,76
Pss (Kg)=	5,72	Pss (Kg)=	5,62	Pss (Kg)=	6,28
Ph (Kg)=	11,22	Ph (Kg)=	11,00	Ph (Kg)=	11,43
Ps (Kg)=	10,48	Ps (Kg)=	10,25	Ps (Kg)=	10,72

CONTENIDO DE HUMEDAD %		CONTENIDO DE HUMEDAD %		CONTENIDO DE HUMEDAD %	
Prueba 1	4,48	Prueba 3	5,35	Prueba 5	4,29
Prueba 2	2,72	Prueba 4	4,01	Prueba 6	5,06

Anexo 10. Densidad de los bloques h-12 ntc 4024



MUESTREO DIMENSIONES REALES DEL BLOQUE DE CONCRETO H-12 EN CM								
Bloque #	a	b	c	d	e	f	g	h
1	6,3	15,3	3	39	12	15,3	6,3	19
2	6,33	15,3	3	39	12	15,3	6,33	19
3	6,3	15,2	3	39	12	15,2	6,3	19
4	6,32	15,3	3	39	12	15,3	6,32	19
5	6,3	15,3	3	39	12	15,3	6,3	19
6	6,32	15,2	3	39	12	15,2	6,32	19

Número de espécimen	Vol Bloque H-12 m3	Vol de los 2 Espacios huecos m3	Volumen bloque- Volumen espacios huecos m3
1	8892	3662,82	0,00523
2	8892	3680,262	0,00521
3	8892	3638,88	0,00525
4	8892	3674,448	0,00522
5	8892	3662,82	0,00523
6	8892	3650,432	0,00524

### Anexo 11. Diseños de las mezclas piloto

Prueba piloto de mezcla SIN ADITIVO para bloque H-12 MEZCLA 1			
Relación a/c=	0,85		
# Espécimen	ARENA F (Kg)	ARENA G (Kg)	CEMENTO (Kg)
1	213	427	71
2	213	427	71

Prueba piloto de mezcla CON 222 ml de SIKA HC-1 CO para bloque H-12 MEZCLA 2			
Relación a/c=	0,85		
# Espécimen	ARENA F (Kg)	ARENA G (Kg)	CEMENTO (Kg)
3	213	427	71
4	213	427	71

Prueba piloto de mezcla SIN ADITIVO para bloque H-12 MEZCLA 3			
Relación a/c=	0,96		
# Espécimen	ARENA F (Kg)	ARENA G (Kg)	CEMENTO (Kg)
5	213	434	63
6	213	434	63

Prueba piloto de mezcla con 164 ml de EUCON DC para bloque H-12 MEZCLA 4			
Relación a/c=	0,96		
# Espécimen	ARENA F (Kg)	ARENA G (Kg)	CEMENTO (Kg)
7	213	434	63
8	213	434	63

Prueba piloto de mezcla SIN ADITIVO para bloque H-12 MEZCLA 5			
Relación a/c=	0,75		
# Espécimen	ARENA F (Kg)	ARENA G (Kg)	CEMENTO (Kg)
9	213	418	80
10	213	418	80

Anexo 12. Diseños de las mezclas definitivas

**MEZCLA 1**

Relación a/c=	0,85	C=	212 kg
Cantidad de agua=	180 litros		

Materiales	Peso (kg)	Densidad (kg/m <sup>3</sup> )	Vol (m <sup>3</sup> )	Kg lineales
Cemento	212	2940	0,072	71
Arena Fina	637	2536	0,251	213
Arena Gruesa	1282	2581	0,497	427
Agua	180	1000	0,18	60

**MEZCLA 2**

<b>Relación a/c=</b>	0,85	<b>C=</b>	212 kg
<b>Cantidad de agua=</b>	180 litros		

<b>Materiales</b>	<b>Peso (kg)</b>	<b>Densidad (kg/m<sup>3</sup>)</b>	<b>Vol (m<sup>3</sup>)</b>	<b>Kg lineales</b>
Cemento	212	2940	0,072	71
Arena Fina	637	2536	0,251	213
Arena Gruesa	1281	2581	0,496	427
Agua	180	1000	0,18	60
Aditivo SIKA HC-1 CO	0,636	1010	0,000630	0,212

<b>Proporción SIKA HC-1 =</b>	$(0,3\% * \text{Peso cemento}) / 100$
<b>SIKA HC-1 CO</b>	0,3

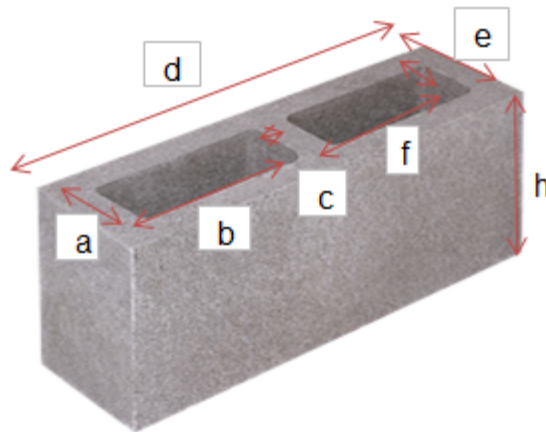
**MEZCLA 3**

<b>Relación a/c=</b>	0,85	<b>C=</b>	212	Kg
<b>Cantidad de agua=</b>	180			

<b>Materiales</b>	<b>Peso (kg)</b>	<b>Densidad (kg/m<sup>3</sup>)</b>	<b>Vol(m<sup>3</sup>)</b>	<b>Kg lineales</b>
Cemento	212	2940	0,072	71
Arena Fina	637	2536	0,251	213
Arena Gruesa	1282	2581	0,497	427
Agua	180	1000	0,18	60
Aditivo EUCON DC	0,276	1000	0,000276	0,276

<b>Proporción EUCON DC=</b>	100	0,13	Kg
	212	<b>x</b>	Kg
	<b>x=</b>	0,276	Kg

Anexo 13. Área útil de los bloques h-12



MUESTREO DIMENSIONES REALES DEL BLOQUE DE CONCRETO H-12 EN CM								
Bloque #	a	b	c	d	e	f	g	h
1	6,3	15,3	3	39	12	15,3	6,3	19
2	6,33	15,3	3	39	12	15,3	6,33	19
3	6,3	15,2	3	39	12	15,2	6,3	19
4	6,32	15,3	3	39	12	15,3	6,32	19
5	6,3	15,3	3	39	12	15,3	6,3	19
6	6,32	15,2	3	39	12	15,2	6,32	19

Bloque #	Área de los espacios huecos	Área del bloque	Área útil
1	192,8	468	275,2
2	193,7	468	274,3
3	191,5	468	276,5
4	193,4	468	274,6
5	192,8	468	275,2
6	192,1	468	275,9
<b>Promedio</b>	192,7	468	275,3