

TRABAJO ESPECIAL DE GRADO

PROPUESTA PARA LA FABRICACIÓN DE UN BLOQUE ECOLÓGICO A TRAVÉS DE LA REUTILIZACIÓN DE DESECHOS PROVENIENTES DE FOSAS DE DECANTACIÓN DE LA FÁBRICA NACIONAL DE CEMENTOS S.A.C.A.

Presentado ante la Ilustre
Universidad Central de Venezuela
Por los Brs. Barrios T., Jean C.,
Rey G., Rosangel.
Para optar al Título de
Ingeniero Civil.

Caracas, 2011

TRABAJO ESPECIAL DE GRADO

PROPUESTA PARA LA FABRICACIÓN DE UN BLOQUE ECOLÓGICO A TRAVÉS DE LA REUTILIZACIÓN DE DESECHOS PROVENIENTES DE FOSAS DE DECANTACIÓN DE LA FÁBRICA NACIONAL DE CEMENTOS S.A.C.A.

TUTORES ACADÉMICO: Ing. Ronald Torres.

Ing. Cesar Peñuela.

Presentado ante la Ilustre
Universidad Central de Venezuela
Por los Brs. Barrios T., Jean C.,
Rey G., Rosangel.
Para optar al Título de
Ingeniero Civil.

Caracas, 2011

ACTA

El día **lunes 07 de Noviembre de 2011** se reunió el jurado formado por los profesores:

María Korody

Rebeca Sánchez

Ronald Torres

Con el fin de examinar el Trabajo Especial de Grado titulado: **"PROPUESTA PARA LA FABRICACIÓN DE UN BLOQUE ECOLÓGICO A TRAVÉS DE LA REUTILIZACIÓN DE DESECHOS PROVENIENTES DE FOSAS DE DECANTACIÓN DE LA FÁBRICA NACIONAL DE CEMENTOS S.A.C.A."**.

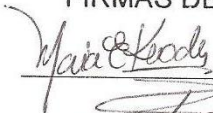
Presentado ante la Ilustre Universidad Central de Venezuela para optar al Título de **INGENIERO CIVIL**.

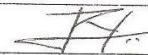
Una vez oída la defensa oral que el (la, las, los) bachiller(es) hicieron de su Trabajo Especial de Grado, este jurado decidió las siguientes calificaciones:

NOMBRE	CALIFICACIÓN	
	Números	Letras
Br. Jean C. Barrios T.	20	Veinte
Br. Rosangel Rey Graterol	20	Veinte

Recomendaciones: _____

FIRMAS DEL JURADO





Caracas, 07 de Noviembre de 2011

DEDICATORIA

A Dios.

Por haberme permitido llegar hasta este punto y haberme dado salud para lograr mis objetivos, además de su infinita bondad y amor.

A mis padres Deyanira Tapia y Manuel Barrios

Por haberme dado la vida, por el apoyado incondicional en todo momento y soportar mis errores, por sus sabios consejos y motivación constante que me ha permitido ser una persona de bien, por los momentos buenos y malos que hemos pasado, por demostrarme lo que es el trabajo duro y de cómo sobre llevar las cosas en esta vida que es tan difícil, pero más que nada por su gran amor.

A mis hermanas Johanna y Mailing

Que en todo momento estuvieron ahí para mí, por la colaboración que han brindado. A mi hermana Mailing que la quiero mucho y que nos unió a un más por el desafortunado incidente que tuvo en su vida, la quiero mucho y de ella he aprendido demasiado, gracias a ellas por el amor que me brindan, las quiero mucho. ¡Gracias!

A mi sobrinito Fabrizzio

Que llego a este mundo hace 4 años y me ha alegrado la vida, aunque es un bebe se siente el amor y apoyo que me da, te quiero mucho.

A mis familiares

Por la ayuda que me han dado, el cariño y la comprensión que me tienen, y que me resulta difícil mencionarlos a todos en esta dedicatoria, pero gracias por todo a todos.

A mis amigos

Que nos apoyamos mutuamente en nuestra formación profesional y que hasta ahora, seguimos siendo amigos. En especial a Rosangel Rey que a pesar que pasamos muy buenos momentos y pocos momentos malos logramos culminar este Trabajo Especial de Grado con éxito y seguimos siendo muy amigos, la quiero mucho.

Jean C. Barrios T.

El presente trabajo de grado se lo dedico a mis padres Milagro Graterol de Rey y Arturo Rey, quienes con su dedicación, esfuerzo y constancia me ayudaron y me apoyaron durante todos estos años para cumplir esta meta.

A mi morochis, Mariangel Rey que ha sido mi ejemplo a seguir y siempre ha estado a mi lado para ayudarme y apoyarme en cada decisión que he tomado en mi vida.

Gracias a los tres. Esto es para ustedes. LOS AMO...!!

Rosangel Rey

AGRADECIMIENTOS

El presente trabajo especial de grado fue elaborado con constancia y dedicación, pero hay que destacar la colaboración de personas, quienes nos ofrecieron y facilitaron su ayuda incondicional en diferentes aspectos para la elaboración de la propuesta presentada. A continuación hacemos mención de esto:

Ing. Ronald Torres, por su colaboración, apoyo, dedicación e información suministrada.

A los trabajadores de la Bloquera Gramoven, en especial al Sr. Jhonny Piñero, quienes nos facilitaron sus instalaciones y el material necesario para la realización de los bloques.

Sr. Dilwar Torres, por su aporte como facilitador del material de desecho reciclado de concreto.

A los técnicos del IMME, en especial a Elione Barrios, por su colaboración al momento de realizar los ensayos necesarios.

Sr. Manuel Barrios, por ayudarnos en la realización de las pilas de bloques.

Lic. Mariangel Rey, por su contribución en la revisión metodológica del trabajo especial de grado.

Ing. Victor Silva, por su apoyo y colaboración.

Sr. Freddy Tapia, por facilitarnos su vehículo para poder acceder de una manera más sencilla a la bloquera.

A la Universidad Central de Venezuela y en especial a la Facultad de Ingeniería Civil por permitirnos ser parte de una generación de triunfadores y vencedores de sombras.

Y por último a todas aquellas personas que de una u otra manera contribuyeron con nosotros.

A TODOS MUCHAS GRACIAS POR SU AYUDA Y APOYO.

RESUMEN

Barrios T., Jean C.

Rey G., Rosangel.

PROPUESTA PARA LA FABRICACIÓN DE UN BLOQUE ECOLÓGICO A TRAVÉS DE LA REUTILIZACIÓN DE DESECHOS PROVENIENTES DE FOSAS DE DECANTACIÓN DE LA FÁBRICA NACIONAL DE CEMENTOS S.A.C.A.

Tutores Académico: Ing. Ronald Torres.

Ing. Cesar Peñuela

**Tesis. Caracas, U.C.V. Facultad de Ingeniería. Escuela de Ingeniería Civil.
2011. 110 páginas.**

Palabras Claves: Desechos, Concreto, Reutilización, Bloques.

Actualmente se han creado distintas iniciativas de lucha contra la degradación ambiental y en pro del desarrollo ecológico, impulsando la sostenibilidad del ecosistema produciendo así un beneficio continuo que satisfaga las necesidades y aspiraciones de las generaciones actuales y futuras. La reutilización es una de las iniciativas que contribuye a la disminución del impacto ambiental, dando como resultado la obtención de productos útiles a través de materiales de desecho. El presente trabajo de investigación tiene como principal objetivo proponer el uso de desechos de concreto premezclado en la elaboración de bloques sustituyendo los agregados utilizados por dicho material, estableciendo un diseño de mezcla donde los porcentajes de cemento-material residual varíen hasta obtener una composición homogénea que cumpla con las características de diseño, propiedades físicas y mecánicas exigidos por las normas venezolanas para la elaboración de bloques de concreto, obteniendo de esta manera un producto de excelente calidad que cubra las necesidades del consumidor. Entre las conclusiones se obtuvo que el material de desecho de concreto premezclado,

puede ser usado como agregado en la realización de bloques, siempre y cuando su dosificación sea igual o menor al 50% del total del agregado.

TABLA DE CONTENIDO

ACTA	i
DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTOS	v
RESUMEN	vi
TABLA DE CONTENIDO	viii
ÍNDICE DE IMAGENES	xiii
ÍNDICE DE GRÁFICOS	xv
INTRODUCCIÓN	1
1. CAPÍTULO I: TEMA DE INVESTIGACIÓN	3
1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	3
1.2. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN	5
1.2.1 Objetivo General	5
1.2.2 Objetivos Específicos	5
1.3 JUSTIFICACIÓN	6
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO	7
2.1 El Concreto y sus Componentes.	7
2.2 Concreto Premezclado.	8
2.3 Desechos de Concreto Premezclado.	9
2.4 Aprovechamiento de los desechos del Concreto Premezclado.	11
2.5 La Reutilización de Materiales de Desecho como Solución y sus Beneficios.	12
2.6 Bloque Hueco de Concreto y sus Características.	13
2.7 Diseño de mezcla para la elaboración de Bloques de Concreto.	14
2.8 Clasificación de los Bloques de Concreto.	15
2.9 Apariencia y Acabado de los Bloques de Concreto.	17

2.10	Dimensiones y Espesores de los Bloques Huecos de Concreto.	17
2.11	Propiedades de los Bloques.	19
2.11.1	Propiedades físicas.	19
2.11.2	Propiedades Mecánicas.	20
2.12	Proceso de Elaboración de Bloques de Concreto con Vibrocompactadora.	21
CAPÍTULO III: MÉTODO.....		26
3.1	Método de Investigación.	26
3.2	Obtención del material de desecho de concreto premezclado.	27
3.3	Selección de los materiales y equipo empleado para la elaboración de Bloques Ecológicos.....	28
3.4	Diseño de Mezcla para la Elaboración de Bloques de Concreto Ecológico. 29	
3.5	Ensayo de Granulometría Aplicado a los Agregados de la Mezcla de Concreto.	30
3.6	Ensayo de Absorción de Agua del Concreto del Bloque.	32
3.7	Método de Ensayo de la Resistencia a la Compresión.....	33
3.8	Ensayos a Compresión en Pilas de Bloques.	35
CAPÍTULO IV: RESULTADOS Y ANÁLISIS		38
4.1	Granulometría Aplicada a los Diferentes Agregados Utilizados en la Realización de Bloques.	38
4.2	Porcentaje de Absorción de Agua.	45
4.3	Densidad:.....	46
4.4	Diseños de Mezcla Aplicados en la Elaboración de Bloques:.....	51
4.4.1	Diseño de Mezcla M1:	54
4.4.2	Diseño de Mezcla M2:	55
4.4.3	Diseño de Mezcla M3:	56
4.4.4	Diseño de Mezcla M4:	57
4.5	Resistencia a la Compresión de los Bloques:.....	59

4.6	Falla de los Bloques en el Ensayo a Compresión:	70
4.7	Resistencia a la Compresión en Pilas de Bloques:.....	71
CAPÍTULO V: IMPLEMENTACIÓN DE UN TALLER DE PRODUCCIÓN.....		80
5.1	Requerimientos para la Producción.	80
5.2	Flujograma de producción.....	81
5.3	Taller a mediana escala.	83
5.4	Áreas de Producción	83
CONCLUSIONES		87
RECOMENDACIONES		90
REFERENCIAS		92

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Dimensiones de los bloques.....	18
Tabla 2: Espesores mínimos para bloques tipo A	18
Tabla 3: Espesores mínimos para bloques tipo B	19
Tabla 4: Absorción máxima.....	20
Tabla 5: Resistencia a la compresión.....	21
Tabla 6: Granulometría realizada al material de desecho de concreto premezclado	38
Tabla 7: Granulometría realizada a la arena lavada.....	40
Tabla 8: Granulometría realizada a la mezcla M1	41
Tabla 9: Granulometría realizada a la mezcla M2	42
Tabla 10: Granulometría realizada a la mezcla M3	43
Tabla 11: Granulometría realizada a la mezcla M4	44
Tabla 12: Porcentaje de absorción de agua del concreto del bloque.....	46
Tabla 13: Densidad de los bloques	47
Tabla 14: Espesores de tabiques y paredes de los bloques.....	48
Tabla 15: Densidad de los bloques	49
Tabla 16: Porcentajes de agregados en diferentes diseños de mezclas	52
Tabla 17: Porcentaje de cada componente usado en la realización de bloques por la bloquera socialista Gramoven	52
Tabla 18: Porcentaje de cada componente usado en los nuevos diseños para realizar bloques.....	52
Tabla 19: Dosificación de los agregados en los nuevos diseños de mezcla expresados en diferentes unidades.....	53
Tabla 20: Dimensiones promedio del bloque M1.....	55
Tabla 21: Dimensiones promedio del bloque M2.....	56
Tabla 22: Dimensiones promedio del bloque M3.....	57
Tabla 23: Resistencia a la compresión de los bloques tradicionales realizados por la bloquera socialista Gramoven	63
Tabla 24: Resistencia a la compresión de los bloques tradicionales realizados por la bloquera socialista Gramoven con curado bajo techo	64
Tabla 25: Resistencia a la compresión de los bloques realizados con material de desecho de concreto premezclado como agregado	65
Tabla 26: Resistencia a la compresión del bloque realizado con material de desecho de concreto premezclado y arena lavada como agregado	66

Tabla 27: Resistencia a la compresión a los 7 días de los bloques realizados con material de desecho de concreto premezclado y arena lavada como agregados con porcentajes definidos.....	67
Tabla 28: Resistencia a la compresión a los 28 días de los bloques realizados con material de desecho de concreto premezclado y arena lavada como agregados con porcentajes definidos.....	69
Tabla 29: Resistencia a la compresión a los 7 días de las pilas de bloques	78
Tabla 30: Resistencia a la compresión a los 28 días de las pilas de bloques	79

ÍNDICE DE IMAGENES

Imagen 1: Camión mezclador o camión trompo	9
Imagen 2: Fosa de decantación	10
Imagen 3: Pilas de desecho de concreto premezclado	10
Imagen 4: Bloque hueco de concreto	14
Imagen 5: Dosificación del agregado	22
Imagen 6: Disposición del agregado en la mezcladora	22
Imagen 7: Incorporación de agua a la mezcla	22
Imagen 8: Traslado de la mezcla mediante la cinta transportadora.....	23
Imagen 9: Llenado del molde de la vibrocompactadora	23
Imagen 10: Desmolde de los bloques	24
Imagen 11: Bloques finalizados	24
Imagen 12: Traslado de los bloques	25
Imagen 13: Curado de los bloques.....	25
Imagen 14: Desechos de concreto premezclado.....	27
Imagen 15: Recolección del desecho de concreto premezclado	27
Imagen 16: Traslado del material a la bloquera socialista Gramoven.....	28
Imagen 17: Máquina vibrocompactadora Induminca	29
Imagen 18: Peso de la muestra	31
Imagen 19: Juego de tamices y muestras de agregados	31
Imagen 20: Tamizado de las muestras (1)	32
Imagen 21: Tamizado de las muestras (2)	32
Imagen 22: Bloques sumergidos en agua	33
Imagen 23: Prensa marca Baldwin.....	34
Imagen 24: Preparación de bloques con cubierta de yeso	35
Imagen 25: Preparación del mortero	36
Imagen 26: Elaboración de las pilas de bloques	36
Imagen 27: Muestras con parafina	47
Imagen 28: Corte transversal de un bloque.....	49
Imagen 29: Corte transversal del bloque para el cálculo del volumen	50
Imagen 30: Dosificación por tipo de mezcla del desecho de concreto premezclado	53
Imagen 31: Dosificación por tipo de mezcla de arena lavada.....	54
Imagen 32: Dosificación del cemento.....	54

Imagen 33: Bloque realizado con el diseño de mezcla M1	55
Imagen 34: Bloque realizado con el diseño de mezcla M2	56
Imagen 35: Bloque realizado con el diseño de mezcla M3	57
Imagen 36: Bloque realizado con el diseño de mezcla M4	58
Imagen 37: Bloque realizado con el diseño de mezcla M4	58
Imagen 38: Bloque realizado con el diseño de mezcla M4	61
Imagen 39: Grietas perpendiculares a la carga aplicada.....	70
Imagen 40: Grietas perpendiculares a la carga aplicada.....	70
Imagen 41: Fisura paralela a la carga aplicada	71
Imagen 42: Pilas de tres bloques	71
Imagen 43: Pilas de bloques a ensayar.....	72
Imagen 44: Diferentes vistas de la pila 1 después del ensayo a compresión	73
Imagen 45: Diferentes vistas de la pila P1 después del ensayo a compresión	74
Imagen 46: Diferentes vistas de la pila P2 después del ensayo a compresión	74
Imagen 47: Diferentes vistas de la pila P3 después del ensayo a compresión	75
Imagen 48: Diferentes vistas de la pila 3 después del ensayo a compresión	75
Imagen 49: Fisura paralela a la carga en el bloque superior	76
Imagen 50: Desprendimiento de la pared del bloque superior.....	76
Imagen 51: Plano planta Bloquera Socialista Gramoven.....	85
Imagen 52: Bloquera Socialista Gramoven	86
Imagen 53: Zona de curado y almacén de bloques	86

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Grafico 1: Curva granulométrica del desecho de concreto premezclado	39
Grafico 2: Curva granulométrica de la arena lavada	40
Grafico 3: Curva granulométrica de la mezcla M1	41
Grafico 4: Curva granulométrica de la mezcla M2	42
Grafico 5: Curva granulométrica de la mezcla M3	43
Grafico 6: Curva granulométrica de la mezcla M4	44
Grafico 7: Resistencia a la compresión de los diseños de mezcla M1, M2 y M3 vs el tiempo en días.....	62
Grafico 8: Variación de la resistencia de las pilas vs el tiempo en días	77

INTRODUCCIÓN

El Concreto, según Harmsen (2005) fue usado por primera vez en Roma, alrededor del año 300 a.c. (p.1), estaba constituido por una mezcla de cal y ceniza volcánica, capaz de mantener sus propiedades características al sumergirse en agua. La obra más grande e importante erigida por los romanos fue el Panteón de Agripa o Panteón de Roma, templo circular dedicado a todos los Dioses construido a principios del Imperio Romano. El uso de este material en la construcción pasó al olvido con la caída del Imperio, pero a mediados del siglo XVIII se extendió nuevamente su uso.

El primer registro del uso del concreto en los tiempos modernos remonta a 1760, cuando el británico John Smeaton descubrió que una mezcla de caliza calcinada y arcilla producían un conglomerante resistente al agua. A mediados de 1800 Joseph Aspdin elaboró cemento mezclando arcilla y calizas de diferentes canteras y calentándolas en un horno. El concreto obtenido con este aglomerante era muy similar a las piedras propias de la Isla de Portland ubicada al sur de Inglaterra, motivo por el cual se le llamó Cemento Portland, material que comenzó a fabricarse con mayor fuerza desde entonces.

A principios del siglo XX, se incrementó la aparición a nivel mundial de empresas productoras de cemento y concreto premezclado, debido a la demanda generada por las numerosas construcciones desarrolladas, lo que más tarde acarreó cantidades considerables de residuos que no han sido aprovechados en su totalidad por las industrias, desechándolos en rellenos sanitarios y en algunas ocasiones en lugares no aptos, contribuyendo de esta manera con el crecimiento

de la contaminación. Para ello se considera necesario crear un proceso de reutilización de desechos para la creación de materia prima con el fin de reducir costos y el nivel de contaminación.

Según Castells (2000), la reutilización consiste en “recoger los materiales e introducirlos de nuevo en los procesos de producción y consumo, en lugar de destinar esta sustancia a las corrientes de residuos” (p. 19), es decir, con este proceso se da la recuperación de materiales y componentes constructivos, los cuales son eficientes desde el punto de vista ecológico y económico, ya que puede ser el punto de partida para generar un mercado alternativo de productos, que por haber sido utilizados anteriormente resultan más económicos y a su vez disminuyen los gastos que amerita el deshacerse de estos.

1. CAPÍTULO I: TEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En la actualidad, la Fábrica Nacional de Cementos S.A.C.A., antigua Cementera Lafarge, una de las empresas productoras de concreto premezclado más conocidas en Venezuela, ha observado la cantidad de desechos de concreto que están produciendo debido a la limpieza realizada a los camiones mezcladores conocidos también como *trompos*, al momento de regresar a la planta cementera después de realizar los despachos, lo que ha generado cierta preocupación en la empresa.

Dichos camiones se lavan internamente con agua para así eliminar los restos de concreto existentes en el trompo, acumulando en una fosa todos los residuos obtenidos. Ese material es conservado en la fosa de decantación hasta que sedimenta. Posteriormente, es recolectado y desechado en rellenos sanitarios, lo cual genera importantes daños al medio ambiente por tratarse de materia contaminante.

Para aportar una solución que disminuya el impacto ambiental ocasionado por el bote de desechos de concreto generado por dichas industrias, en este proyecto se propone reutilizar el material, de manera que sea tamizado y posteriormente aprovechado como agregado en la fabricación de bloques de concreto, cumpliendo con las características de diseño, resistencia y todos los requisitos exigidos por las normas venezolanas para su uso, obteniendo de esta

manera un producto con la calidad exigida para cubrir las necesidades del consumidor.

1.2. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.2.1 Objetivo General

Evaluar el uso de desechos de concreto provenientes de fosas de decantación de una empresa de premezclado, como material aprovechable para la elaboración de bloques de concreto.

1.2.2 Objetivos Específicos

- Caracterizar el material de concreto premezclado de desecho.
- Seleccionar el tipo de bloque a elaborar cumpliendo con las normas respectivas para su uso, reutilizando el material de desecho como materia prima.
- Analizar las propiedades físicas y mecánicas del bloque, de acuerdo a la Comisión Venezolana de Normas Industriales (Covenin) para la fabricación de bloques, norma 42-82.
- Comparar las características y propiedades del bloque realizado con material de desecho, con el mismo tipo de bloque realizado con mezcla tradicional.

1.3 JUSTIFICACIÓN

La presente investigación es de gran importancia para la sociedad en materia ambiental, debido a que la realización de bloques utilizando desechos de concreto premezclado como materia prima, permitirá el aprovechamiento de este material a través de la reutilización, proceso que podría contribuir a la reducción del impacto en el medio ambiente y la sostenibilidad del mismo.

De esta manera se estarán preservando las áreas naturales, con la disminución de una gran cantidad de residuos en los diferentes rellenos sanitarios de las zonas adyacentes.

Así mismo, la Fábrica Nacional de Cementos S.A.C.A., se verá beneficiada económicamente al incrementar sus ingresos con la venta de los desechos de concreto a las bloqueras interesadas y la erradicación de fondos destinados al bote del material.

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1 El Concreto y sus Componentes.

El concreto es un material empleado en la construcción, caracterizado por poseer una gran resistencia. Está constituido por agua, cemento, agregados finos y agregados gruesos. En algunas ocasiones se añaden a la mezclas ciertos aditivos en cantidades dosificadas, capaces de modificar sus propiedades características.

Para la realización de mezclas de concreto es necesario la incorporación de diferentes componentes en distintas proporciones que permitan obtener plasticidades, resistencias y apariencias particulares capaces de satisfacer los requerimientos de la construcción.

Uno de los componentes para la realización de concreto son los agregados, constituidos por partículas inertes, que pueden ser naturales o artificiales, capaz de otorgarle a la mezcla de concreto ciertas características favorables, como es la disminución de la retracción del fraguado.

A la mezcla de concreto se le añaden dos fracciones diferentes de partículas de acuerdo a su tamaño, los agregados finos constituidos por arena de río o proveniente de piedras trituradas, cuyo tamaño es inferior a los 5mm; y los agregados gruesos usualmente piedra picada, canto rodado natural o canto rodado picado.

El cemento Portland, caracterizado por ser un material fino es el resultado de la pulverización del “clinker” con una pequeña proporción de yeso. El “clinker” se produce calcinando en hornos a temperatura de semifusión, una combinación de materias primas finamente molidas de carácter ácido derivadas de arcillas y de carácter básico provenientes de calizas.

El agua utilizada en la mezcla de concreto debe ser limpia y estar libre de contaminantes e impurezas que reaccionen negativamente con alguno de sus componentes o perjudiquen el fraguado. Su función principal es hidratar el cemento al reaccionar químicamente produciendo el fraguado desde el estado plástico, pasando por el endurecimiento hasta el desarrollo de resistencias a largo plazo. A su vez lubrica el concreto formando un producto coherente, pastoso y manejable que recubre y soporta los agregados.

En ocasiones, se adiciona al concreto en cantidades determinadas, algunos aditivos químicos o minerales encargados de alterar las propiedades características del concreto, mejorando así su trabajabilidad y durabilidad, reduciendo el agrietamiento por el calor de hidratación, elevando la resistencia y acelerando o retardando la velocidad del fraguado entre otras.

2.2 Concreto Premezclado.

El concreto premezclado, se elabora en planta y se entrega en condiciones óptimas y estado fresco al comprador directamente en la obra. En estas plantas los agregados y el cemento almacenados en silos o depósitos elevados alimentan por gravedad a la tolva de pesaje y posteriormente son transportados a un mezclador automático donde se agrega la cantidad de agua necesaria para

obtener la mezcla de concreto esperada por el cliente. Dicho mezclador es el encargado de suministrar el concreto a los camiones.

El concreto premezclado se transporta principalmente en un camión mezclador conocido también como camión “trompo” (ver imagen 1), constituido por un tambor con capacidad de 8 metros cúbicos o más, en cuyo interior se encuentran adheridas un conjunto de aletas que en función de la velocidad de rotación, son las encargadas de mezclar los ingredientes o simplemente agitarlos para impedir la segregación. Estas aletas también se utilizan para la descarga del concreto cuando se invierte el sentido de rotación del tambor o se interrumpe la caída mediante un canal.



Imagen 1: Camión mezclador o camión trompo

2.3 Desechos de Concreto Premezclado.

Uno de los problemas enfrentados en la actualidad por las empresas de concreto premezclado, es el impacto ambiental generado debido a los considerables volúmenes de residuos de concreto, producidos por el agua del

lavado interno de la tolva de los camiones mezcladores y el concreto fresco no empleado en la obra que es devuelto a la planta.

Según BASF Construction Chemicals (2009), “cuando el camión de premezclado vuelve a la planta sin sobrante de concreto, ese camión contendrá aproximadamente 360 kg (600 lb) de cemento, agregados finos y gruesos adheridos al interior de la olla del camión. Comúnmente se lava estos residuos usando aproximadamente entre 570 y 1.140 litros (150 – 300 gal) de agua fresca para limpiar por completo el interior de la olla del camión”. El agua de lavado, se deposita en piscinas de decantación (ver imagen 2) donde se sedimenta formando lodos que al solidificarse pueden ser apilados en la obra como desecho (ver imagen 3) y ser dispuestos en vertederos o empleados en la fabricación de elementos no estructurales.

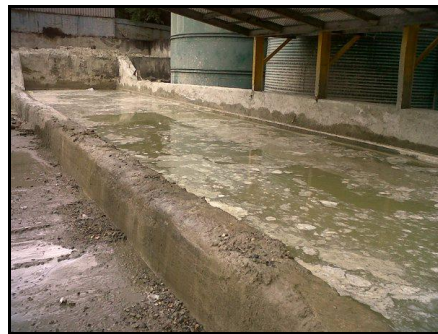


Imagen 2: Fosa de decantación

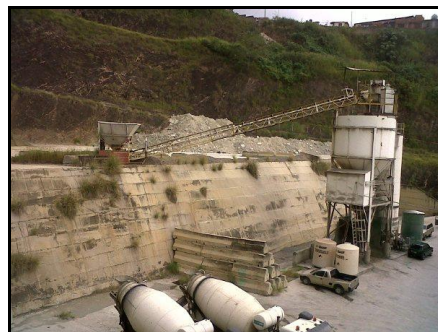


Imagen 3: Pilas de desecho de concreto premezclado

2.4 Aprovechamiento de los desechos del Concreto Premezclado.

En las industrias fabricantes de productos de concreto premezclado, el reciclaje, la reutilización, la eliminación y disposición de residuos sólidos se puede realizar de manera sencilla y eficiente, considerando la minimización de la generación de residuos, mediante el mejoramiento de la calidad del proceso de producción.

En el sector de la construcción, según la Comisión Nacional del Medio Ambiente (1998), “tan solo un 30 ó 40 % de los residuos de cemento y concreto pudiera ser completamente reciclado”. De esta manera el recurso potencial sería considerable, disminuyendo así la extracción de materia prima empleada en la producción y la disposición costosa del material de desecho.

Los principales residuos sólidos son:

- Concreto premezclado devuelto a la planta desde la obra.
- Lodos provenientes de piscinas de decantación.

El concreto premezclado devuelto a la planta se puede reciclar, mediante un proceso que consiste en triturar los residuos secos y tamizarlos para obtener la separación por tamaño adecuado, que permita introducirlo nuevamente en la elaboración de los productos ya sea como agregado o como polvo de cemento. También puede ser utilizado para conformar terraplenes y sub-bases de carreteras, donde el material debe cumplir con los requerimientos para este uso.

El concreto aún fresco devuelto desde las obras de construcción y los lodos sedimentados provenientes de piscinas de decantación, se pueden reutilizar para la construcción de bloques, evitando de esta manera el costo elevado de la disposición en vertederos.

Los lodos sedimentados y posteriormente solidificados pueden ser reutilizados como material de relleno. Para realizar esto, se debe mezclar en los tanques de sedimentación con alto contenido de humedad el lodo con algún coagulante del cemento hasta que se solidifican evacuando el agua. De esta manera se aprovechan los residuos solidificados del concreto.

2.5 La Reutilización de Materiales de Desecho como Solución y sus Beneficios.

En la actualidad, la gran cantidad de residuos generados (5.000 m³ aproximadamente) se ha convertido en un problema significativo para la sociedad, incrementando la contaminación y afectando al planeta. A esta problemática se suma la disminución de áreas naturales y fuentes energéticas, la demanda de materias primas y el constante vertido de residuos causando gran cantidad de daños y desequilibrios ambientales entre los que destacan:

- Vertido incontrolado de residuos en zonas verdes.
- Vertido controlado, permitiendo la deposición inadecuada de materia contaminante del suelo y niveles freáticos.
- Consumo de energía y emisiones de CO₂ causadas por el transporte de los residuos hacia el vertedero.
- Bajos niveles de reciclaje o reutilización de residuos de construcción, lo que implica utilización de materias primas las cuales podrían ser sustituidas con la consecuente incidencia ambiental de su extracción y fabricación.

Un proceso importante que permite disminuir la cantidad de desechos producidos por el sector de la construcción es la reutilización, que según Valbuena (2009), “es la acción de volver a utilizar los bienes o productos”. Con ello el material puede ser útil a través de una mejora o restauración, o sin modificar puede beneficiar a un nuevo usuario.

La reutilización de productos presenta grandes beneficios que se podrían agrupar en dos frentes, el ecológico y el económico, ya que reutilizar no sólo disminuye la generación de desechos, sino que reduce la utilización de combustible, energía, agua y materiales usados en la manufactura de un nuevo producto. Por otra parte disminuye el costo establecido para la disposición y manejo de desechos, ya que pueden ser usados para nuevas oportunidades de negocio.

De esta manera muchos desechos de concreto se pueden reutilizar para ser aprovechados como sustitutos de materia prima en la elaboración de bloques de concreto, cumpliendo con todas las características normalizadas exigidas para su uso.

2.6 Bloque Hueco de Concreto y sus Características.

En la industria de la construcción se emplean gran cantidad y diversidad de materiales necesarios para la ejecución de las obras. Uno de estos materiales, son los bloques de concreto (ver imagen 4), conocidos como elementos modulares y premoldeados diseñados para la albañilería confinada y armada.

Según la Norma COVENIN 42-82, el bloque hueco de concreto “es un elemento simple en forma de paralelepípedo ortogonal, con perforaciones paralelas a una de las aristas”.

Los bloques de concreto se caracterizan por ser livianos, económicos, acústicos, impermeables, resistentes al fuego y capaces de resistir cargas pesadas.



Imagen 4: Bloque hueco de concreto

2.7 Diseño de mezcla para la elaboración de Bloques de Concreto.

En el proceso de producción de los bloques de concreto, es necesario asegurar su calidad controlando durante la fabricación la dosis de los materiales de la mezcla, la cual es recomendable efectuar por peso, contar con una perfecta elaboración concerniente al mezclado, moldeo y compactación, y un correcto curado. Una condición imprescindible que deben satisfacer los bloques, es su uniformidad en dimensiones, calidad, textura superficial y acabado.

El concreto empleado comúnmente para la elaboración de bloques, es una mezcla de cemento y agregados inertes inorgánicos adecuados. En general, la mezcla de concreto usada contiene gran porcentaje de arena y bajo porcentaje de

cemento y agua, obteniendo así una mezcla seca y homogénea que mantiene su forma cuando es removido del molde. Esto produce un bloque de color gris claro, con gran resistencia a la compresión y una superficie suficientemente áspera, para asegurar una buena adherencia al recibir un friso o una superficie uniforme, con aristas definidas y sin roturas si se va a utilizar a la vista.

La Bloquera Socialista Gramoven, fabrica un aproximado de 2.000 bloques de concreto diarios con el siguiente diseño de mezcla:

- 21,25 kg de Cemento.
- 115.000 cm³ de Arena lavada.
- 7,5 lts. de agua.

La cantidad de agua añadida a la mezcla varía según la humedad contenida en la arena, ya que si la mezcla de concreto resulta muy seca se corre el riesgo de desmoronamiento del bloque, por el contrario si la mezcla obtenida está demasiado húmeda el material se asienta produciendo una deformación en el bloque.

2.8 Clasificación de los Bloques de Concreto.

Para obtener un mejor ordenamiento de los diferentes bloques de concreto existentes en el mercado, la Norma COVENIN 42-82 determina la siguiente clasificación para los bloques según sus agregados y su uso.

1. Según los agregados usados en su elaboración se encuentran:

- 1.1. Bloques Pesados, aquellos producidos con agregados normales y cuyo peso unitario del concreto seco es mayor de 2000 kg/m^3 .
- 1.2. Bloques semipesados, elaborados con agregados normales y livianos. Su peso unitario del concreto seco se encuentra entre 1400 kg/m^3 y 2000 kg/m^3 .
- 1.3. Bloques Livianos, fabricados con agregados livianos que presentan un peso unitario del concreto seco menor a 1400 kg/m^3 .

2. Según su Uso:

- 2.1. Tipo A: formado por bloques para paredes de carga, expuestas o no a la humedad.
 - 2.1.1. Clase 1, caracterizado por bloques usados en paredes exteriores, bajo o sobre el nivel del suelo y expuestos a humedad.
 - 2.1.2. Clase 2, representado por bloques usados en paredes exteriores, bajo o sobre el nivel del suelo y no expuestos a la humedad.
- 2.2. Tipo B: constituido por paredes que no soportan cargas, o paredes divisorias.
 - 2.2.1. Clase 1, formado por bloques usados en paredes expuestas a la humedad.
 - 2.2.2. Clase 2, compuesto por bloques empleados para paredes no expuestas a la humedad.

2.9 Apariencia y Acabado de los Bloques de Concreto.

En la Norma COVENIN 42-82 se establecen algunos criterios en relación a la apariencia y acabado final que deben presentar los bloques de concreto según su tipología. Dichos criterios se describen a continuación:

Los Bloques Tipo A deben ser sólidos y libres de grietas paralelas a la carga. Si surgen estas imperfecciones, no deben ser más del 5% del pedido tomando en cuenta que las grietas perpendiculares a la carga que aparezcan no presenten una longitud mayor de 2,5 cm.

Por su parte, los bloques Tipo B pueden presentar grietas menores producidas en su fabricación o fragmentos ocasionados durante el manejo.

2.10 Dimensiones y Espesores de los Bloques Huecos de Concreto.

La falta de uniformidad en las dimensiones de los bloques hace difícil la construcción de un elemento estructural perfectamente vertical y libre de irregularidades, provocando excentricidad de la carga y generando esfuerzos flexionantes adicionales. Por ello, los bloques huecos de concreto, presentan dimensiones usuales regularizadas por la Norma COVENIN 42-82 expuestas en la Tabla 1, sin embargo se pueden realizar bloques de otras dimensiones siempre que se cumpla con todo lo especificado en dicha norma.

Tabla 1: Dimensiones de los bloques

Denominación Ordinaria (cm)	Dimensiones Normales (cm)	Dimensiones Modulares (cm)
10	39 x 19 x 9	40 x 20 x 10
15	39 x 19 x 14	40 x 20 x 15
20	39 x 19 x 19	40 x 20 x 20
25	39 x 19 x 24	40 x 20 x 25
30	39 x 19 x 29	40 x 20 x 30

Fuente: COVENIN 42-82.

Los espesores mínimos de paredes y tabiques especificados por la Norma COVENIN 42-82 que deben poseer los bloques huecos de concreto se presentan en las Tablas 2 y 3 referentes al tipo de bloque:

Tabla 2: Espesores mínimos para bloques tipo A

Tipo de Bloque (cm)	Espesor de Pared (cm)	Espesor de Nervios (cm)
10	1,9	1,9
15	2,2	2,2
20	2,5	2,5
25	2,8	2,8
30	3,2	2,8

Fuente: COVENIN 42-82.

Tabla 3: Espesores mínimos para bloques tipo B

Tipo de Bloque (cm)	Espesor de Pared (cm)	Espesor de Nervios (cm)
10	1,3	1,3
15	1,5	1,5
20	1,7	1,7
25	1,9	1,9
30	2,2	1,9

Fuente: COVENIN 42-82.

2.11 Propiedades de los Bloques.

En la fabricación de bloques de concreto, es imprescindible el estudio de todas sus propiedades físicas y mecánicas, que permitan obtener la calidad y resistencia exigida por la norma que garantice un excelente producto final.

2.11.1 Propiedades físicas.

Para la elaboración de un bloque de concreto existen tres elementos relevantes que deben ser tomados en cuenta según la Norma COVENIN 42-82.

En principio se debe considerar la densidad como un elemento que permite determinar si el bloque es pesado o liviano, e indica el índice de la mano de obra o del equipo requerido para su manipulación desde la fabricación hasta el asentado.

Así mismo, es fundamental tomar en cuenta la absorción de agua que ha adquirido el material y se determina pesando el material seco. Posteriormente se introduce al agua durante 24 horas para así obtener el

peso saturado. Esta propiedad está relacionada con la permeabilidad, adherencia y resistencia desarrollada por la pieza, y presenta valores regularizados establecidos en la Norma COVENIN 42-82, según el tipo de bloque.

Tabla 4: Absorción máxima

Tipo de Bloque	Pesado (%)	Semipesado (%)	Liviano (%)
A1 – A2 y B1	14	16	12
B2	No tiene ensayo de absorción		20

Fuente: COVENIN 42-82.

Otra propiedad importante que debe ser señalada es la Eflorescencia, caracterizada por concentraciones de color blanco que generalmente aparecen en las superficies de los elementos de construcción expuestos a la humedad en contacto con sales disueltas, posibilitando por capilaridad el ascenso de la solución hacia los parámetros expuestos al aire, donde el agua se evapora provocando que las sales se depositen en forma de cristales constituyendo la eflorescencia.

2.11.2 Propiedades Mecánicas.

Al momento de realizar bloques de concreto, es necesario llevar a cabo ensayos que permitan obtener la calidad de los mismos. Para ello la Norma COVENIN 42-82 señala la resistencia a la compresión como la propiedad más importante, ya que define el nivel de su calidad estructural y de resistencia a la intemperie o cualquier otra causa de deterioro.

La resistencia mínima de los bloques a la compresión a los 28 días de fabricados está identificada en la Tabla 5, según lo establecido por la Norma COVENIN 42-82.

Tabla 5: Resistencia a la compresión

Tipo de Bloque	Promedio de 3 Bloques (kg/cm ³)	Mínimo 1 Bloque (kg/cm ³)
A1	70	55
A2	50	40
B1 –B2	30	25

Fuente: COVENIN 42-82.

2.12 Proceso de Elaboración de Bloques de Concreto con Vibrocompactadora.

Todo proceso productivo de elementos para la construcción requiere una serie de actividades organizadas por etapas claramente definidas que concluyen en la elaboración del producto cumpliendo con ciertos requisitos técnicos.

La primera de estas actividades consiste en la dosificación de los agregados (ver imagen 5), agua y cemento que conforman la mezcla para la elaboración de los bloques. Definido el proporcionamiento de la mezcla, se disponen en el tambor mezclador el cemento y los agregados (ver imagen 6), combinando previamente en seco hasta obtener un color uniforme, luego se incorpora la cantidad necesaria de agua (ver imagen 7) y se continúa la mezcla húmeda durante 3 a 6 minutos. Al terminar la homogenización de dicha mezcla, se

traslada a la tolva mediante una cinta transportadora (ver imagen 8) para efectuar la descarga en la vibrocompactadora.



Imagen 5: Dosificación del agregado



Imagen 6: Disposición del agregado en la mezcladora



Imagen 7: Incorporación de agua a la mezcla



Imagen 8: Traslado de la mezcla mediante la cinta transportadora

Para formar el bloque, se coloca una tarima de madera sobre la mesa vibratoria, se baja el molde hembra a posición de llenado asentándolo sobre la tarima para así depositar la mezcla de concreto sobre el molde acomodándola con la mano para que se introduzca en el mismo (ver imagen 9). Una vez llenos los huecos, se inicia la vibración, rellenando con material las cavidades que se forman. Posteriormente se retira el material sobrante y se deja caer el molde macho sobre el molde hembra para compactar el material depositado. La vibración debe durar de 5 a 10 segundos para lograr una perfecta compactación del material.



Imagen 9: Llenado del molde de la vibrocompactadora

Para desmoldar se levanta el molde hembra, quedando de esta manera los bloques de concreto dispuestos sobre la tarima de madera (ver imagen 10 y 11).



Imagen 10: Desmolde de los bloques



Imagen 11: Bloques finalizados

Para finalizar se levanta la tarima con los bloques y se traslada al sitio donde permanecerán durante el periodo de fraguado (ver imagen 12). Si los bloques permanecen en lugares expuestos a sol y vientos fuertes ocasionaría una perdida rápida del agua de la mezcla lo que reducirá la resistencia final de los bloques y provocará fisuramiento del concreto.



Imagen 12: Traslado de los bloques



Imagen 13: Curado de los bloques

Al culminar el fraguado se realiza el proceso de curado (ver imagen 13), que consiste en regar los bloques con agua por completo tres veces al día o lo necesario para que no se comiencen a secar en los bordes. Este proceso se repite durante 7 días, para así mantenerlos húmedos y permitir que la reacción química del cemento continúe, para poder obtener una excelente calidad y resistencia en el producto final. Es importante destacar que los bloques una vez curados, deben ser almacenados en lugares cubiertos que permitan que se sequen lentamente y no se humedezcan con lluvia antes de los 28 días, ya que este es su periodo de endurecimiento.

CAPÍTULO III: MÉTODO

3.1 Método de Investigación.

El presente trabajo está referido a una investigación experimental, ya que requiere del ensayo de diferentes propiedades características de un elemento no estructural como es el Bloque de Concreto.

El elemento a estudiar está constituido por desechos de concreto generados por una empresa de premezclado al momento de lavar internamente la tolva de los camiones mezcladores, los cuales serán reutilizados como agregados en la producción de bloques. Para ello, se realizan diferentes diseños de mezcla modificando los porcentajes de desechos de concreto y cemento a utilizar, hasta obtener la mezcla idónea que garantice la resistencia del bloque y cumpla con todas las propiedades necesarias para su uso, basándose en los requisitos exigidos por las Normas COVENIN correspondientes.

De esta manera, la presente investigación puede generar una nueva alternativa para la reutilización de desechos, ofreciendo beneficios económicos al sector de la construcción y eliminando la constante disposición de residuos que causan grandes daños y desequilibrios al medio ambiente.

3.2 Obtención del material de desecho de concreto premezclado.

Para este trabajo de investigación, el material de desecho de concreto premezclado usado como agregado en la elaboración de bloques, se obtiene de las fosas de decantación de la Fábrica Nacional de Cementos S.A.C.A. Este material (ver imagen 14 y 15) es el resultado de la sedimentación de los restos de concreto con agua que se obtienen al realizar la limpieza necesaria al tambor de los camiones trompos al regresar a la planta cementera una vez concluidos los despachos.



Imagen 14: Desechos de concreto premezclado



Imagen 15: Recolección del desecho de concreto premezclado

Los desechos de concreto acumulados son transportados a la Bloquera Socialista Gramoven (ver imagen 16), donde son cernidos con un tamiz 3/8" que permite el paso de partículas de un máximo de 0,95 cm de diámetro, para así convertirse en una de las principales materias primas usadas en la producción de bloques de concreto.



Imagen 16: Traslado del material a la bloquera socialista Gramoven

3.3 Selección de los materiales y equipo empleado para la elaboración de Bloques Ecológicos.

La mezcla de concreto usada en la fabricación de bloques está constituida por cemento Pórtland tipo I, material de desecho del concreto usado como agregado y agua, cuidando la dosificación de la mezcla para obtener un bloque de buena calidad.

El equipo empleado para la elaboración de los bloques consta de una Máquina Vibrocompactadora Induminca modelo A2 (ver imagen 17) ideal para la producción artesanal, consta de motores trifásico 3,45 para vibrador de 3600 rpm y 3,45 de 1780 rpm para desmoldeo, está conformado por cinta transportadora,

tolva, mezcladora modelo TA-10, carretones y tablas de madera de 45×35 cm. El molde de bloques producidos es 2×15, es decir 2 bloques de 15 cm de ancho.



Imagen 17: Máquina vibrocompactadora Induminca

3.4 Diseño de Mezcla para la Elaboración de Bloques de Concreto Ecológico.

En el proceso de elaboración de bloques mediante la reutilización de desechos de concreto como agregado, es importante asegurar la calidad de los mismos controlando la dosificación empleada para la realización de la mezcla.

Generalmente, los bloques son elaborados con ciertos porcentajes de cemento, agregados y agua. En este trabajo de investigación, los bloques serán elaborados con porcentajes de cemento, desecho de concreto como sustituto de los agregados y agua, variando las proporciones establecidas, hasta lograr una mezcla homogénea que mantiene su forma al ser removida del molde, y asegure tanto la resistencia a la compresión como todas las características físicas y mecánicas exigidas por la Norma COVENIN 42-82.

El tipo de bloque a ser estudiado, será definido como A-1 cuando se refiera al bloque tradicional y B-1 al bloque que contenga material reciclado. Sus dimensiones serán las correspondientes para bloques de denominación ordinaria 15 cm establecidas en la Norma Covenin 42-82.

3.5 Ensayo de Granulometría Aplicado a los Agregados de la Mezcla de Concreto.

A los áridos de origen natural o artificial se les aplica un método conocido como granulometría, que permite la separación por tamaño de las partículas de una muestra determinada de agregados, mediante tamices con aberturas de dimensiones decrecientes

El equipo necesario para la realización de este ensayo consiste en un juego de tamices con tapa y fondo hermético. Los tamices requeridos son aquellos con aberturas que van desde el #4 descendiendo hasta el #100. Adicionalmente se necesita un horno para secar el material a ensayar, bandejas de diferentes tamaños y una balanza de precisión $\pm 0,1\%$.



Imagen 18: Peso de la muestra



Imagen 19: Juego de tamices y muestras de agregados

Para ejecutar dicho ensayo, se toma y pesa cierta cantidad de material que posteriormente será colocada en un horno a una temperatura específica (100°C aprox.) durante 24 horas mínimo, para garantizar la obtención de una muestra completamente seca. A continuación, dicho material se vierte en el juego de tamices previamente ensamblados y dispuestos en orden decreciente de tamaños de arriba hacia abajo, colocando el fondo hermético en el tamiz inferior y la tapa en el superior. Se aplican movimientos laterales y circulares al ensamblado durante un tiempo determinado para realizar el tamizado y finalmente se pesa el material retenido en cada tamiz, registrando la masa obtenida.



Imagen 20: Tamizado de las muestras (1)



Imagen 21: Tamizado de las muestras (2)

3.6 Ensayo de Absorción de Agua del Concreto del Bloque.

Para conocer la cantidad de agua atrapada en un material, es necesario realizar el estudio correspondiente, en este caso la Norma COVENIN 42-82 establece el ensayo de Absorción de Agua.

Dicho ensayo requiere de un horno ventilado de tamaño adecuado, capaz de mantener una temperatura de $110 \pm 5^{\circ}\text{C}$, una balanza con apreciación de

0,1%, un recipiente que permita contener la muestra cubierta por agua y toallas absorbentes de tela o papel.

Para elaborar el ensayo de absorción de agua, se sumergen completamente 3 bloques en agua destilada o de lluvia durante 24 horas a una temperatura de 15°C a 27°C. Al cumplirse el tiempo estipulado, se sacan las muestras del agua, se secan con las toallas absorbentes y se pesa inmediatamente. A continuación, se secan las muestras en el horno a una temperatura de 100°C – 115°C durante un periodo no menor de 24 horas, hasta que dos pesadas consecutivas, realizadas a intervalos de dos horas muestren una pérdida de peso no mayor a 0,2% del peso anterior. Finalmente se registran los resultados obtenidos y se calcula la absorción de agua del concreto del bloque.

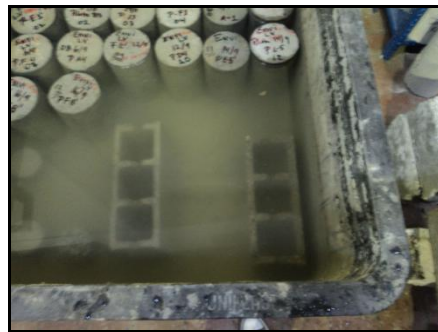


Imagen 22: Bloques sumergidos en agua

3.7 Método de Ensayo de la Resistencia a la Compresión.

Una de las propiedades más importantes en la unidad de albañilería es la resistencia a compresión, ya que define su nivel de calidad estructural.

La Norma COVENIN 42-82, establece que para la realización de este tipo de ensayo se debe usar una máquina con suficiente capacidad para producir la rotura de las probetas. Debe estar provista de dos platos de acero, denominados platos de carga, donde uno de ellos debe ir montado en una rotula esférica, preferiblemente el que se apoya sobre la parte superior del bloque.



Imagen 23: Prensa marca Baldwin

Para poder realizar el ensayo, la muestra debe ser preparada con anterioridad colocando una capa o cubierta de yeso especial. Esta pasta se esparce uniformemente sobre una superficie rígida, plana, no absorbente, que no produzca deflexiones visibles durante el proceso y que ha sido ligeramente cubierta con aceite. A continuación, se apoya la cara del bloque que va a someterse a compresión sobre la pasta, y se nivela manteniéndolo perpendicular a la superficie. Al fraguar la pasta, se repite la operación por la cara opuesta del bloque (ver imagen 24). Al finalizar la preparación del bloque, éste se coloca en la máquina de ensayo, de manera que la carga se aplique en la misma dirección en que las cargas o los pesos propios actúan sobre él en la construcción, es decir se hace coincidir el centro del bloque con el centro del plato de carga que se va a poner en contacto con el mismo. Posteriormente, se aplica la carga a cualquier velocidad hasta la mitad de la carga máxima supuesta, el resto de la carga debe aplicarse gradualmente y a una velocidad constante en un periodo entre 1 y 2

minutos de acuerdo a la carga máxima soportada. Para concluir, se calcula la resistencia a la compresión dividiendo la carga máxima soportada en kilogramos por la superficie bruta del bloque expresada en centímetros cuadrados.



Imagen 24: Preparación de bloques con cubierta de yeso

3.8 Ensayos a Compresión en Pilas de Bloques.

Según la Norma Argentina IRAM 11556 “Mampostería de Bloques de Hormigón”, las pilas están integradas como mínimo, por tres bloques superpuestos unidos por un mortero (ver imagen 25), que sometido a compresión axial simple, permite obtener la resistencia característica a la compresión de la mampostería. No podrán tener una altura menor de 35 cm y su esbeltez (relación entre altura y espesor) no debe ser menor que 2,5 ni mayor que 5.



Imagen 25: Preparación del mortero

Las pilas deben construirse reflejando, tanto como sea posible, las condiciones, calidad de los materiales y mano de obra que se tendrán efectivamente en la construcción (ver imagen 26). En este aspecto, se tendrá en cuenta la consistencia y el tipo de mortero, el contenido de humedad de los bloques y el espesor de las juntas.



Imagen 26: Elaboración de las pilas de bloques

Cuando son construidas en la obra deben protegerse y transportarse de manera que se eviten los golpes y caídas. Deberán permanecer en obra por un plazo no inferior a los catorce días, en condiciones similares a los elementos que representan.

El ensayo a compresión debe realizarse a los 28 días, la cual se considera como edad de referencia. Si se ensayan a los 7 días de edad, el valor de la resistencia a los 28 días se podrá obtener en forma aproximada utilizando el factor de corrección 1,1.

CAPÍTULO IV: RESULTADOS Y ANÁLISIS

4.1 Granulometría Aplicada a los Diferentes Agregados Utilizados en la Realización de Bloques.

Resultado de granulometría realizado al material de desecho de concreto premezclado:

Tabla 6: Granulometría realizada al material de desecho de concreto premezclado

Peso Muestra = 500 gr.

Tamiz	Tamaño de la partícula (mm)	Peso retenido (gr)	% Retenido	% Acumulado	% Pasante	% Pasante Límite Inferior	% Pasante Límite Superior
#4	4,76	130	26,00	26,00	74,00	85,00	100,00
#8	2,38	55	11,00	37,00	63,00	60,00	95,00
#16	1,19	111	22,20	59,20	40,80	40,00	80,00
#30	0,60	79	15,80	75,00	25,00	20,00	60,00
#50	0,30	62	12,40	87,40	12,60	8,00	30,00
#100	0,15	27	5,40	92,80	7,20	2,00	10,00
		36	7,20	100,00	0,00		

Fuente: Elaboración Propia.

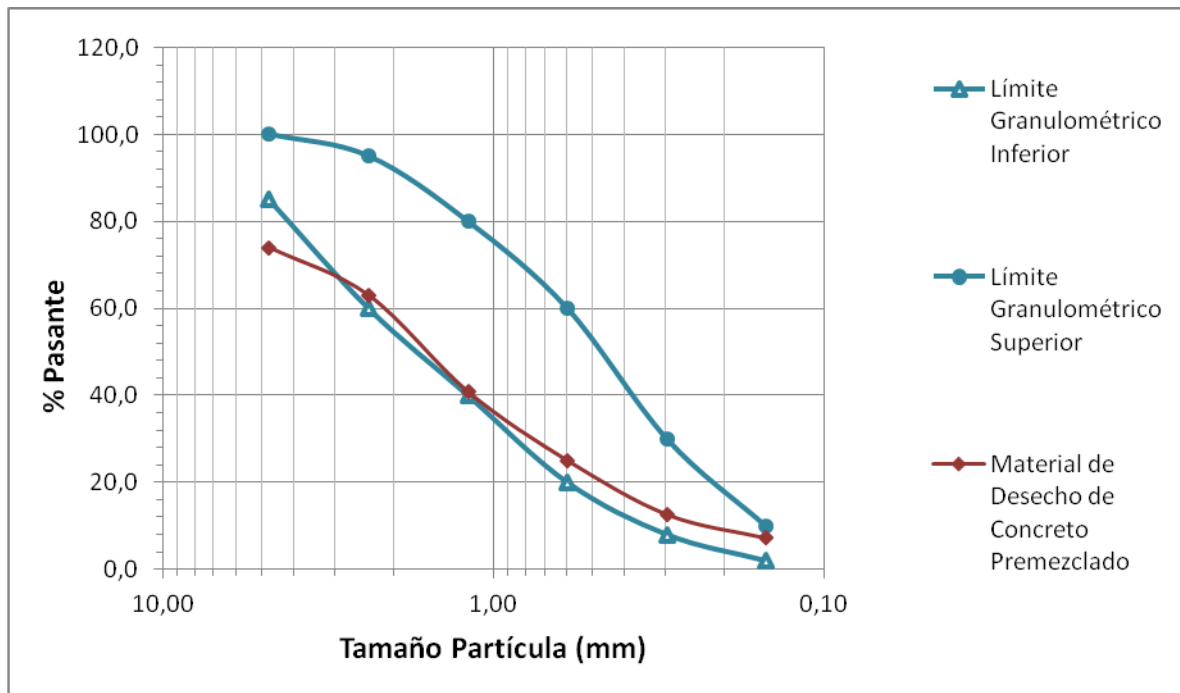


Gráfico 1: Curva granulométrica del desecho de concreto premezclado

Resultado de granulometría realizado a la arena lavada utilizada por la Bloquera Socialista Gramoven como agregado en la realización de los Bloques:

Tabla 7: Granulometría realizada a la arena lavada

Peso Muestra = 500 gr.

Tamiz	Tamaño de la partícula (mm)	Peso retenido (gr)	% Retenido	% Acumulado	% Pasante	% Pasante Límite Inferior	% Pasante Límite Superior
#4	4,76	59	11,80	11,80	88,20	85,00	100,00
#8	2,38	92	18,40	30,20	69,80	60,00	95,00
#16	1,19	141	28,20	58,40	41,60	40,00	80,00
#30	0,60	84	16,80	75,20	24,80	20,00	60,00
#50	0,30	54	10,80	86,00	14,00	8,00	30,00
#100	0,15	30	6,00	92,00	8,00	2,00	10,00
		39	7,80	99,80	0,20		

Fuente: Elaboración Propia.

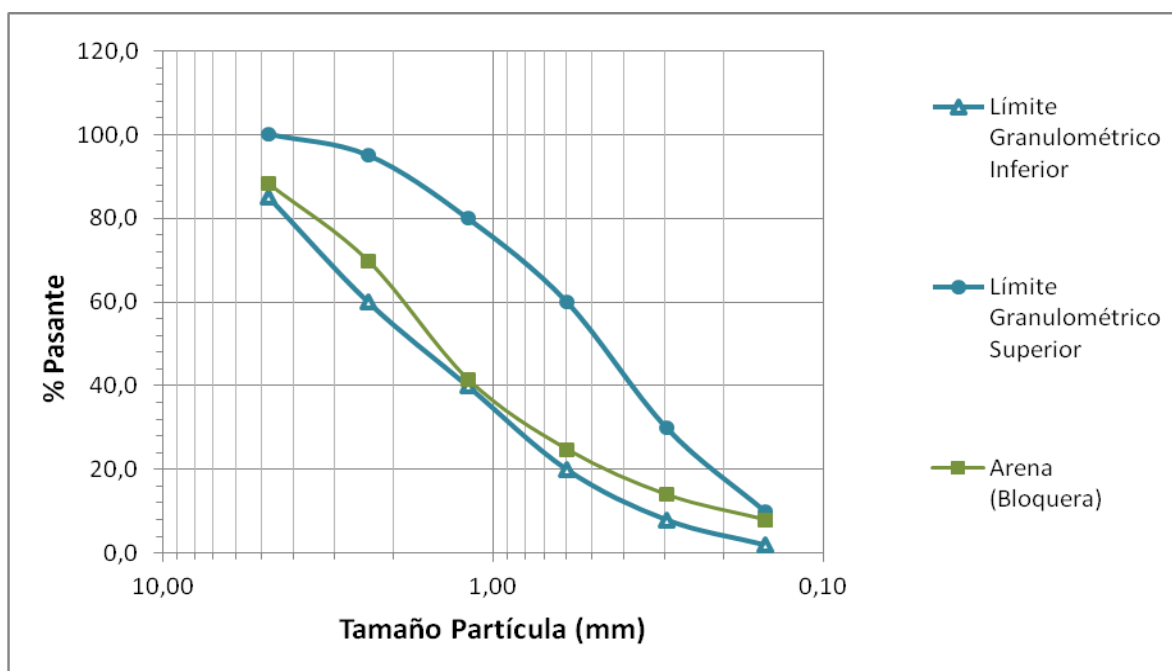


Grafico 2: Curva granulométrica de la arena lavada

Resultado de granulometría realizado al agregado utilizado en el diseño de mezcla “M1”, definido por 25% material de desecho de concreto premezclado y 75% arena lavada usada por la bloquera:

Tabla 8: Granulometría realizada a la mezcla M1

Peso Muestra = 500 gr.

Tamiz	Tamaño de la partícula (mm)	Peso retenido (gr)	% Retenido	% Acumulado	% Pasante	% Pasante Límite Inferior	% Pasante Límite Superior
#4	4,76	77	15,40	15,40	84,70	85,00	100,00
#8	2,38	83	16,60	31,90	68,10	60,00	95,00
#16	1,19	134	26,70	58,60	41,40	40,00	80,00
#30	0,60	83	16,60	75,20	24,90	20,00	60,00
#50	0,30	56	11,20	86,40	13,70	8,00	30,00
#100	0,15	29	5,90	92,20	7,80	2,00	10,00
		38	7,70	99,90	0,20		

Fuente: Elaboración Propia.

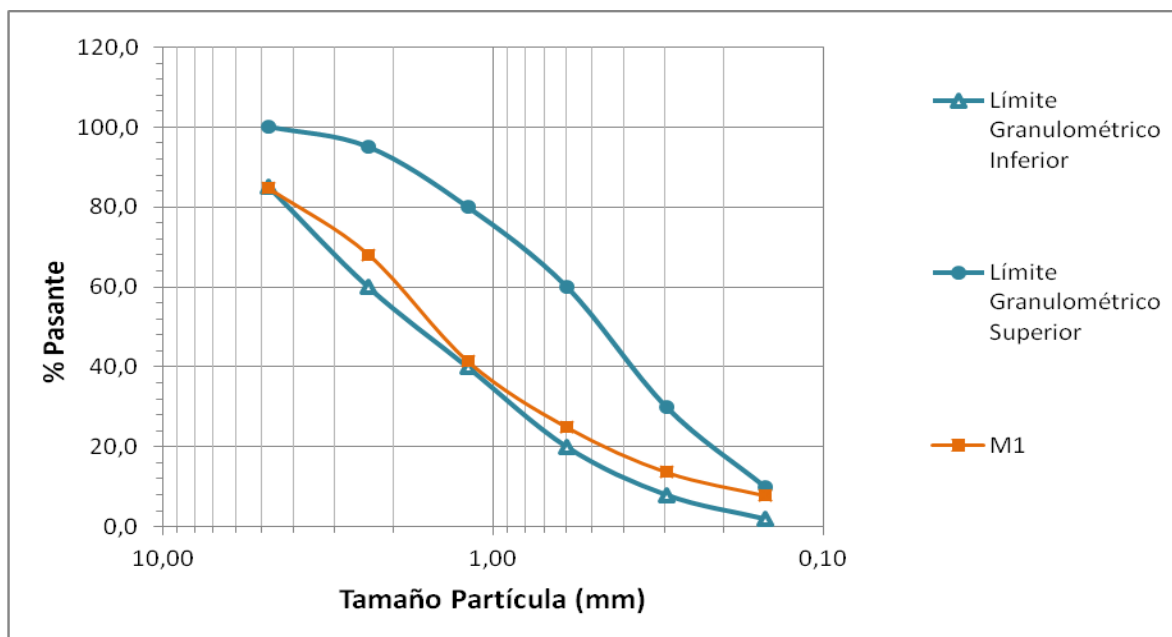


Gráfico 3: Curva granulométrica de la mezcla M1

Resultado de granulometría realizado al agregado utilizado en el diseño de mezcla “M2”, definido por 50% material de desecho de concreto premezclado y 50% arena lavada usada por la bloquera:

Tabla 9: Granulometría realizada a la mezcla M2

Peso Muestra = 500 gr.

Tamiz	Tamaño de la partícula (mm)	Peso retenido (gr)	% Retenido	% Acumulado	% Pasante	% Pasante Límite Inferior	% Pasante Límite Superior
#4	4,76	95	18,90	18,90	81,10	85,00	100,00
#8	2,38	74	14,70	33,60	66,40	60,00	95,00
#16	1,19	126	25,20	58,80	41,20	40,00	80,00
#30	0,60	82	16,30	75,10	24,90	20,00	60,00
#50	0,30	58	11,60	86,70	13,30	8,00	30,00
#100	0,15	29	5,70	92,40	7,60	2,00	10,00
		38	7,50	99,90	0,10		

Fuente: Elaboración Propia.

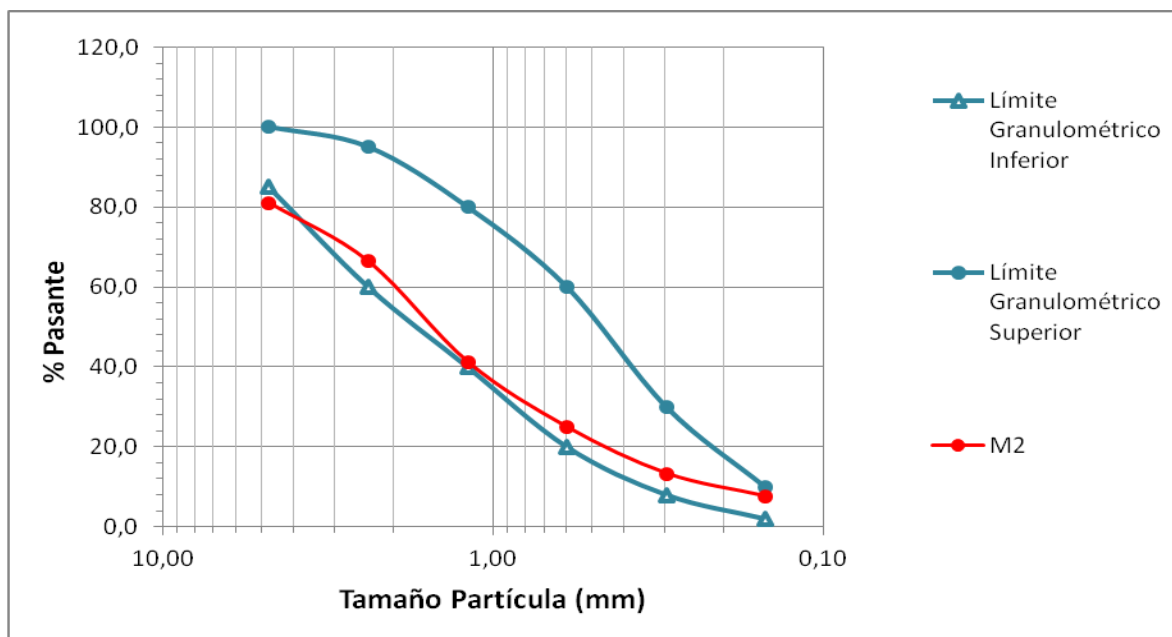


Gráfico 4: Curva granulométrica de la mezcla M2

Resultado de granulometría realizado al agregado utilizado en el diseño de mezcla “M3”, definido por 75% material de desecho de concreto premezclado y 25% arena lavada usada por la bloquera:

Tabla 10: Granulometría realizada a la mezcla M3

Peso Muestra = 500 gr.

Tamiz	Tamaño de la partícula (mm)	Peso retenido (gr)	% Retenido	% Acumulado	% Pasante	% Pasante Límite Inferior	% Pasante Límite Superior
#4	4,76	112	22,50	22,50	77,60	85,00	100,00
#8	2,38	64	12,90	35,30	64,70	60,00	95,00
#16	1,19	119	23,70	59,00	41,00	40,00	80,00
#30	0,60	80	16,10	75,10	25,00	20,00	60,00
#50	0,30	60	12,00	87,10	13,00	8,00	30,00
#100	0,15	28	5,60	92,60	7,40	2,00	10,00
		37	7,40	100,00	0,10		

Fuente: Elaboración Propia.

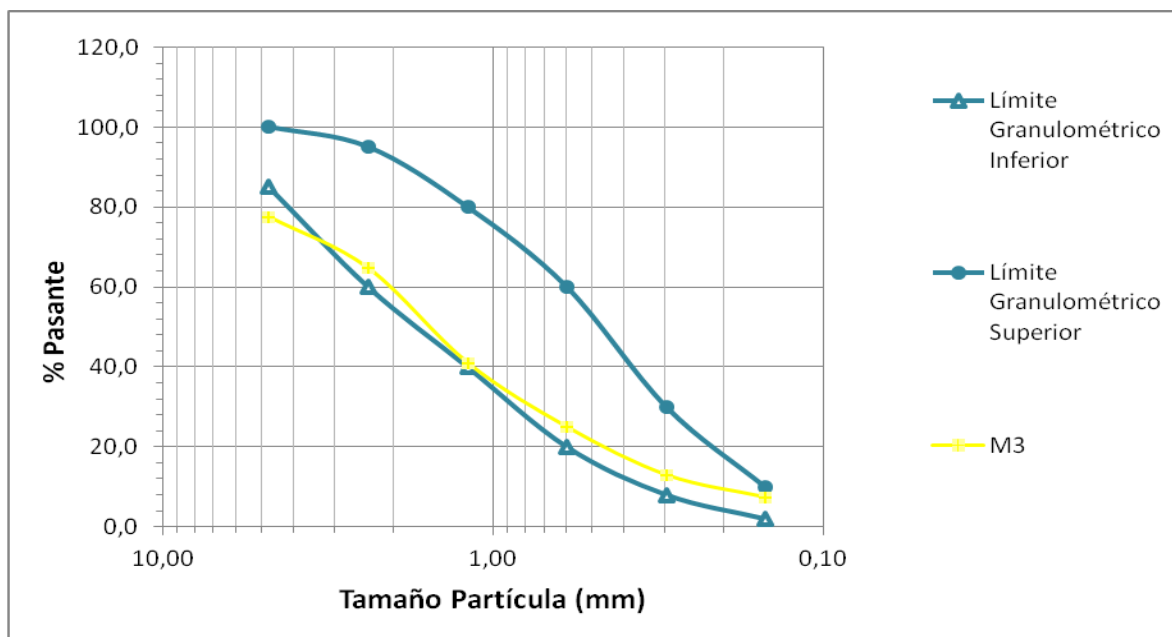


Gráfico 5: Curva granulométrica de la mezcla M3

Resultado de granulometría realizado al agregado utilizado en el diseño de mezcla “M4”, definido por 100% material de desecho de concreto premezclado:

Tabla 11: Granulometría realizada a la mezcla M4

Peso Muestra = 500 gr.

Tamiz	Tamaño de la partícula (mm)	Peso retenido (gr)	% Retenido	% Acumulado	% Pasante	% Pasante Límite Inferior	% Pasante Límite Superior
#4	4,76	130	26,00	26,00	74,00	85,00	100,00
#8	2,38	55	11,00	37,00	63,00	60,00	95,00
#16	1,19	111	22,20	59,20	40,80	40,00	80,00
#30	0,60	79	15,80	75,00	25,00	20,00	60,00
#50	0,30	62	12,40	87,40	12,60	8,00	30,00
#100	0,15	27	5,40	92,80	7,20	2,00	10,00
		36	7,20	100,00	0,00		

Fuente: Elaboración Propia.

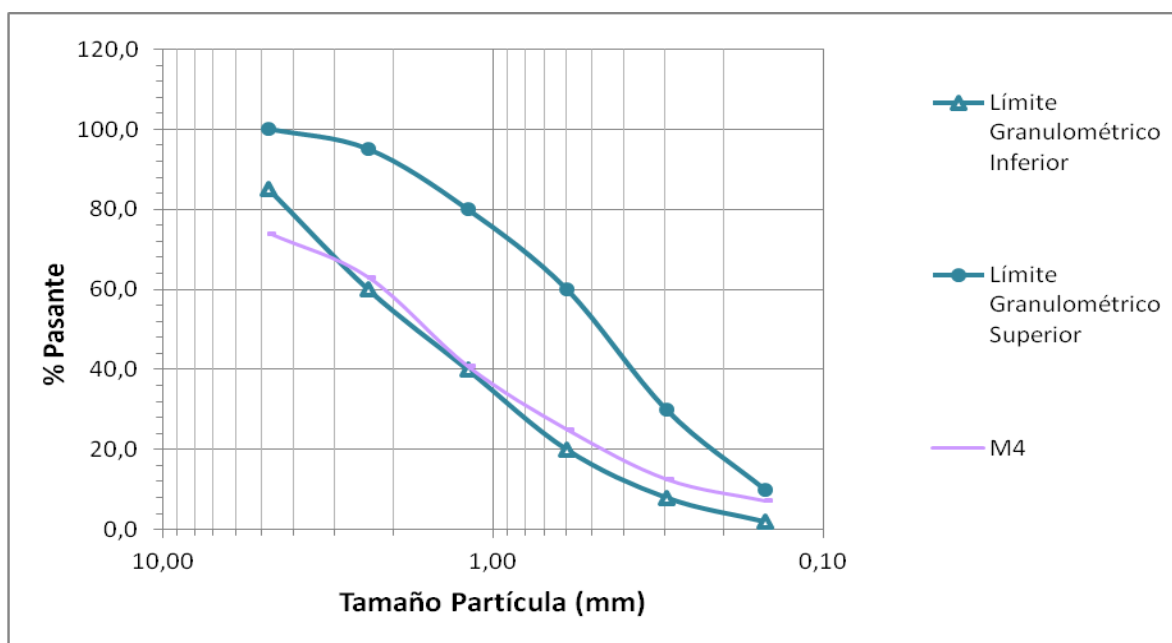


Gráfico 6: Curva granulométrica de la mezcla M4

Los ensayos de granulometría realizados a los diferentes agregados, se efectuaron tomando en cuenta los límites estipulados en la Tabla 1 “Límites en la Granulometría” de la Norma Covenin 277-2000 “Concreto. Agregados. Requisitos”, donde se expresan los porcentajes pasante inferior y superior para los agregados finos.

Los diferentes agregados utilizados mantuvieron en su mayoría granulometrías dentro de los límites exigidos, sin embargo el material de desecho de concreto premezclado presenta una mayor cantidad de finos que la establecida por la norma, por lo que las muestras que contienen dicho material están por debajo de los límites requeridos del porcentaje pasante por el tamiz #4.

Pese a que los valores no presentan un déficit significativo en el porcentaje pasante en comparación con los establecidos por la norma, se decidió utilizar el material de desecho como agregado en la elaboración de bloques de concreto.

4.2 Porcentaje de Absorción de Agua.

La Norma Covenin 42-82 “Bloques Huecos de Concreto”, dispone en el punto 8.2.6. “Expresión de los Resultados”, la siguiente fórmula para el cálculo de la absorción de agua del concreto del bloque:

$$A = \frac{P2 - P1}{P1} * 100$$

Dónde:

P1 = Peso seco de cada muestra

P2 = Peso de la muestra después de 24 horas sumergida

Tabla 12: Porcentaje de absorción de agua del concreto del bloque

	Peso Bloque Seco (kg)	Peso bloque después de 24 horas sumergido en agua (kg)	Absorción (%)
Bloque con Diseño de Mezcla “M2”	10,622	11,422	7,53
Bloque (Bloquera)	11,411	12,271	7,54

Fuente: Elaboración Propia.

Por lo tanto, en la Tabla 12 se pueden observar los porcentajes de absorción obtenidos para el bloque tradicional, realizado por la Bloquera utilizando arena lavada como agregado, y para el bloque con diseño de mezcla “M2”, que contiene 50% de arena lavada y 50% de material de desecho de concreto premezclado.

Se puede apreciar que los resultados obtenidos son similares para los dos tipos de bloques y cumplen con el porcentaje exigido por la Norma Covenin 42-82, que establece un máximo de 12% de absorción de agua.

4.3 Densidad:

El Estudio de la densidad nos permite conocer que tan pesado o liviano es el bloque. En esta oportunidad, la densidad se determinó mediante dos métodos, el primero de ellos con el uso de parafina aplicando la siguiente ecuación:

$$\text{densidad} = \frac{A}{(B - C) - \left(\frac{B - A}{F}\right)}$$

Dónde:

A = Peso de la muestra sin parafina

B = Peso de la muestra con parafina

C = Peso de la muestra con parafina sumergida

F = Peso unitario de la parafina ($0,88 \text{ g/cm}^3$)

Tabla 13: Densidad de los bloques

	A	B	C	
Muestra del Bloque	Peso (g)	Peso con Parafina (g)	Peso Sumergido con Parafina (g)	Densidad (g/cm^3)
M1	155,15	171,91	83,067	2,223
M2	117,59	135,13	56,628	2,008
M3	115,87	128,77	42,390	1,616
Bloquera	204,59	225,83	95,070	1,919

Fuente: Elaboración Propia.



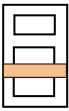
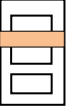
Imagen 27: Muestras con parafina

En la Tabla 13. “Densidad de los Bloques”, se puede apreciar como la densidad disminuye a medida que aumenta la cantidad de desecho de concreto premezclado como agregado, sin embargo el bloque tradicional elaborado con arena lavada como único agregado, presenta una densidad más baja que los diseños “M1” y “M2”, comportándose como un bloque más liviano que el reciclado, tomando en cuenta que aunque el diseño “M3” presenta la densidad más baja, no es el más apropiado para la realización de los bloques ya que su resistencia obtenida no cumple con la exigida por norma. Al diseño de mezcla “M4” no se le realizó ensayo de densidad ya que la mezcla no resultó favorable al momento de realizar los bloques, por lo tanto se descartó este diseño para los demás ensayos realizados.

El segundo método utilizado, consistió en calcular el volumen y determinar el peso del bloque, para ser sustituido en la siguiente ecuación:

$$\text{densidad} = \frac{\text{masa}}{\text{volumen}}$$

Tabla 14: Espesores de tabiques y paredes de los bloques

Bloque		(cm)		(cm)		(cm)		(cm)		(cm)		(cm)
1	1,94	2,25	2,17	2,80	2,07	2,59	1,80	2,01	1,82	2,24	1,82	2,02
	2,22		2,58		2,44		1,98		2,09		1,87	
	2,60		3,64		3,26		2,26		2,80		2,38	
2	1,89	2,14	2,18	2,68	2,13	2,57	1,90	2,20	1,87	2,08	1,87	2,14
	2,02		2,73		2,39		2,11		1,97		1,93	
	2,50		3,13		3,19		2,59		2,40		2,62	

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 15: Densidad de los bloques

Bloque	Alto (cm)		Largo (cm)		Ancho (cm)		Profundidad (cm)		Espesor de fondo (cm)	Volumen (cm ³)	Peso (kg)	Densidad (g/cm ³)
1	17,66	17,77	39,10	39,21	14,67	14,63	13,54	14,79	2,98	7184,29	10,763	1,50
	17,64		39,12		14,65		16,14					
	18,00		39,40		14,57		14,69					
2	17,52	17,52	39,15	39,24	14,82	14,74	14,12	14,75	2,77	6979,98	10,826	1,55
	17,56		39,27		14,58		15,58					
	17,48		39,30		14,83		14,55					

Fuente: Elaboración Propia.

Los resultados obtenidos en el segundo método son menores que los alcanzados en el primero, debido a la poca exactitud que se tiene al calcular el volumen del bloque, ya que las paredes, los tabiques internos y el espesor de fondo se tomaron como rectángulos (Ver Imagen 29) usando como espesor un promedio calculado a diferentes alturas, cuando en realidad las paredes y los tabiques internos tienen forma de trapecio. De igual manera ocurre con el espesor de fondo, que es cóncavo en su parte interna (Ver Imagen 28). Es por ello que registra cierta irregularidad en los valores obtenidos.

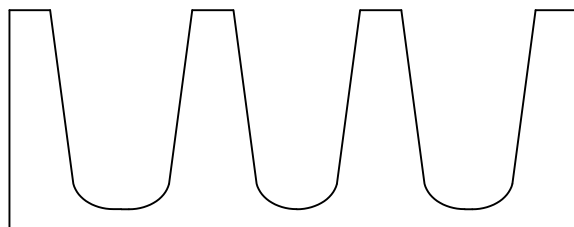


Imagen 28: Corte transversal de un bloque

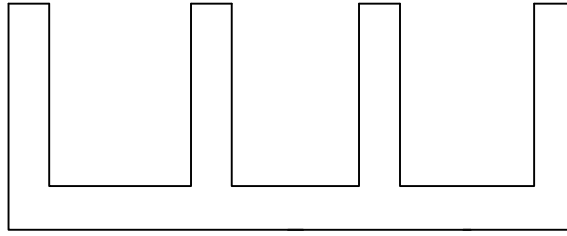


Imagen 29: Corte transversal del bloque para el cálculo del volumen

Según la Norma Covenin 42-82 “Bloques Huecos de Concreto”, se establece:

Liviano:	$d < 1400 \text{ kg/m}^3$
Semipesado:	$1400 \text{ kg/m}^3 < d < 2000 \text{ kg/m}^3$
Pesado:	$d > 2000 \text{ kg/m}^3$

Donde, d = Densidad del concreto del bloque.

Con base en los resultados obtenidos por el primer método, mediante el uso de la parafina, se puede confirmar que los bloques elaborados con los diseños de mezcla “M1” y “M2” que contienen menores dosificaciones de desecho de concreto premezclado, son los bloques cuyos pesos unitarios son los más altos denominados por norma como Bloques Pesados, mientras que los elaborados con el diseño de mezcla “M3” debido a su alta dosificación de desecho de concreto premezclado como agregado, se caracteriza por ser un Bloque Semipesado, al igual que el bloque tradicional realizado por el diseño de mezcla de la Bloquera.

4.4 Diseños de Mezcla Aplicados en la Elaboración de Bloques:

La Bloquera Socialista Gramoven en su diseño de mezcla utiliza 115.000 cm³ de arena lavada como agregado para realizar sus bloques, dosificación que se mantuvo y fue sustituida en su totalidad por material de desecho de concreto premezclado para realizar el bloque ecológico. En esta oportunidad se realizaron dos modelos de mezclas, la primera de ellas usando material de desecho sin cernir “MSC” y en la segunda mezcla el material de desecho fue cernido “MC” con un tamiz 3/8” que permite el paso de partículas de un máximo de 0,95 cm de diámetro.

A su vez, se elaboraron los bloques “M-1”, usando como agregado una mezcla de material de desecho de concreto premezclado con arena lavada, manteniendo la dosificación del agregado utilizada en el diseño de mezcla de la bloquera, pero sin tener un porcentaje definido de cada material.

Realizados los bloques de las tres mezclas antes mencionadas, se situaron bajo techo para proceder al curado durante 7 días, siendo regados 3 veces al día para mantenerlos húmedos y permitir que la reacción química del cemento continúe, para poder obtener una buena calidad y resistencia en el producto.

Posteriormente, se estipularon 4 nuevos diseños de mezcla aumentando el porcentaje de cemento para incrementar la resistencia y usando como agregado desecho de concreto premezclado y arena lavada, variando los porcentajes de cada material. Dichos diseños se muestran a continuación:

Tabla 16: Porcentajes de agregados en diferentes diseños de mezclas

Diseño de Mezcla	Desecho de Concreto premezclado (%)	Arena Lavada (%)
M1	25	75
M2	50	50
M3	75	25
M4	100	0

Fuente: Elaboración Propia.

Inicialmente los porcentajes de cada componente utilizados en el diseño de mezcla original usado por la Bloquera Socialista Gramoven son:

Tabla 17: Porcentaje de cada componente usado en la realización de bloques por la bloquera socialista Gramoven

			%
arena	173	kg	86
cemento	21,25	kg	11
agua	7,5	Lts	4

Fuente: Elaboración Propia.

Con los nuevos diseños de mezcla establecidos donde se aumenta la cantidad de cemento, los porcentajes varían como se muestra a continuación:

Tabla 18: Porcentaje de cada componente usado en los nuevos diseños para realizar bloques

			%
arena	173	kg	82
cemento	31,00	kg	15
agua	7,5	Lts	4

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 19: Dosificación de los agregados en los nuevos diseños de mezcla expresados en diferentes unidades

Diseño de Mezcla	MR (kg)	Arena (kg)	MR (m ³)	Arena (m ³)	MR (cm ³)	Arena (cm ³)	MR (Lts)	Arena (Lts)
M1	25 %	75 %	25 %	75 %	25 %	75 %	25 %	75 %
	43	129	0,02875	0,08625	28.750	86.250	28,75	86,25
M2	50 %	50 %	50 %	50 %	50 %	50 %	50 %	50 %
	86	86	0,0575	0,05750	57.500	57.500	57,5	57,5
M3	75 %	25 %	75 %	25 %	75 %	25 %	75 %	25 %
	129	43	0,08625	0,02875	86.250	28.750	86,25	28,75
M4	100 %	0 %	100 %	0 %	100 %	0 %	100 %	0 %
	173	0	0,11500	0	115.000	0	115	0

Fuente: Elaboración Propia.

Dónde:

MR = Material de desecho de concreto premezclado

Arena = Arena Lavada



Imagen 30: Dosificación por tipo de mezcla del desecho de concreto premezclado



Imagen 31: Dosificación por tipo de mezcla de arena lavada



Imagen 32: Dosificación del cemento

4.4.1 Diseño de Mezcla M1:

Constituido por:

25% de desecho de concreto premezclado que equivale a 28.750 cm^3

75% de arena lavada que equivale a 86.250 cm^3

31 kg de cemento Portland Tipo I que corresponde a un 15%

8,5 litros de agua. (1 litro de agua extra al diseño de mezcla establecido)

Al elaborar esta muestra se pudo observar una gran trabajabilidad y buena combinación de sus componentes. Se debió agregar un litro de agua extra al estipulado en el diseño de mezcla, ya que el material estaba muy seco y se

necesitaba una mezcla más óptima para ser manipulada. Al desmoldar los bloques después de ser vibrocompactados, se observa un buen acabado manteniendo la regularidad en todos sus lados y buena consistencia del material.



Imagen 33: Bloque realizado con el diseño de mezcla M1

Tabla 20: Dimensiones promedio del bloque M1

Peso Promedio	10,99 kg
Altura Promedio	17,88 cm
Ancho Promedio	14,57 cm
Largo Promedio	39,25 cm

4.4.2 Diseño de Mezcla M2:

Constituido por:

50% de desecho de concreto premezclado que equivale a 57.500 cm^3

50% de arena lavada que equivale a 57.500 cm^3

31 kg de cemento Portland Tipo I que corresponde a un 15%

7,5 litros de agua.

Esta muestra al momento de su preparación, presenta una excelente combinación de sus componentes. Es muy manejable y posee una textura deseable para realizar el llenado del molde de la vibrocompactadora. Al desmoldar los bloques, se observa un acabado liso y con poca porosidad, manteniendo la regularidad en todos sus lados y una óptima consistencia del material.



Imagen 34: Bloque realizado con el diseño de mezcla M2

Tabla 21: Dimensiones promedio del bloque M2

Peso Promedio	12,19 kg
Altura Promedio	18,46 cm
Ancho Promedio	14,54 cm
Largo Promedio	39,27 cm

4.4.3 Diseño de Mezcla M3:

Constituido por:

75% de desecho de concreto premezclado que equivale a 86.250 cm^3

25% de arena lavada que equivale a 28.750 cm^3

31 kg de cemento Portland Tipo I que corresponde a un 15%

6 litros de agua. (1,5 litros de agua menos al diseño de mezcla establecido)

Al realizar este diseño de mezcla, se pudo observar una buena combinación de sus componentes. Se le agregó menos agua que el requerido por diseño, ya que el material se encontraba muy húmedo. De esta manera se obtuvo una mezcla manejable que arrojó bloques con buen acabado y bordes regulares al momento de ser desmoldados.



Imagen 35: Bloque realizado con el diseño de mezcla M3

Tabla 22: Dimensiones promedio del bloque M3

Peso Promedio	9,6 kg
Altura Promedio	18,17 cm
Ancho Promedio	14,59 cm
Largo Promedio	39,31 cm

4.4.4 Diseño de Mezcla M4:

Constituido por:

100% de desecho de concreto premezclado que equivale a 115.000 cm^3

31 kg de cemento Portland Tipo I que corresponde a un 15%

7,5 litros de agua.

En este diseño se pudo apreciar cierta dificultad, debido a que es un material con poca trabajabilidad que contiene gran cantidad de finos, considerándose muy similar a la arcilla. Es una mezcla que posee muy poca resistencia, grandes deformaciones y produce bloques completamente irregulares. Ver Imagen 36.

Al momento de ser desmoldados, los bloques tienden a juntarse (Ver Imagen 37), lo que trae como consecuencia que se adhieran al fraguar y no se puedan separar al retirarlos de la tarima de madera.



Imagen 36: Bloque realizado con el diseño de mezcla M4



Imagen 37: Bloque realizado con el diseño de mezcla M4

Es importante destacar que todos los bloques realizados con los diseños de mezcla M1, M2, M3 y M4 fueron curados bajo techo durante 7 días, y se regaron 3 veces al día.

4.5 Resistencia a la Compresión de los Bloques:

Los ensayos realizados conducen a determinar la calidad de los bloques, en este caso verificando su resistencia mecánica a la compresión mediante una prensa marca Baldwin, modelo SO 513285, con una capacidad de carga máxima de 200.000 kg.

En la Tabla 23 se pueden observar los resultados de las resistencias a compresión obtenidas a los 7, 14 y 28 días de los bloques tradicionales elaborados con el diseño de mezcla establecido por la bloquera, utilizando arena lavada como agregado y curado al aire libre. Se puede apreciar, que las resistencias obtenidas son considerablemente inferiores en comparación con la exigida por la Norma Covenin 42-82 “Bloques huecos de concreto”, que dispone en su Tabla 5 “Resistencia a la Compresión”, que los Bloques tipo A1 deben tener una resistencia de 55 kg/cm².

Por lo tanto, se decidió mejorar el curado de dichos bloques realizándolo bajo techo durante un periodo de 7 días para verificar el comportamiento de la resistencia. De esta manera se presentan en la Tabla 24 las resistencias obtenidas en los bloques ensayados a los 28 días y después de los 28 días, observando un incremento en comparación con los resultados obtenidos con los bloques curados al aire libre. Sin embargo, los resultados obtenidos no fueron los idóneos ya que se encuentran por debajo de los valores exigidos por norma, es decir, con resistencias inferiores a 55 kg/cm².

Con estos resultados, se puede decir que los bloques tradicionales elaborados con arena lavada, cemento y agua, en la dosificación empleada por la Bloquera Socialista Gramoven no cumplen con los valores de resistencia exigidos por la Norma Covenin 42-82.

Los bloques de las mezclas “MC” material de desecho cernido y “MSC” material de desecho sin cernir, fueron ensayados a compresión después de los 28 días de elaborados, fecha en la que se considera que alcanzaron su resistencia máxima obteniendo los resultados mostrados en la Tabla 25. Como se puede observar en dicha tabla, las resistencia obtenida en cada uno de los bloques está por debajo del permitido por la Norma Covenin 42-82, que establece en su Tabla 5 “Resistencia a la Compresión”, que los bloques Tipo B1 deben obtener una resistencia de 25 kg/cm².

Así mismo, al ensayar a compresión el bloque “M-1” realizado con una mezcla de desecho de concreto premezclado y arena lavada, se puede apreciar en la Tabla 26 como la resistencia obtenida es mayor en comparación con los Bloques “MC” y “MSC” cuyas resistencias se expresan en la Tabla 25, y a pesar que no cumple con la resistencia establecida por norma, nos indica que el diseño de mezcla que puede cumplir con la resistencia requerida debe contener ambos materiales como agregados.

Por ello, se realizaron 4 diseños de mezclas cuyos resultados de resistencia a compresión se expresan en la Tabla 27 y Tabla 28 con una edad de ensayo de 7 y 28 días respectivamente.

En la “M1”, se obtiene a los 7 días una resistencia promedio de 25,23 kg/cm² que aumenta a 29,10 kg/cm² en su ensayo de 28 días, por lo tanto no se considera como la mezcla más idónea ya que su resistencia es muy próxima a la exigida por norma.

El ensayo a compresión realizado a la “M2” a los 7 días, arroja una resistencia promedio de 44,72 kg/cm² alcanzando 52,33 kg/cm² a los 28 días, registrando un incremento considerado de la resistencia si se compara con los

diseños anteriores, cumpliendo con lo que ordena la norma a los 28 días para bloques tipo B-1.

Para la “M3” el ensayo a compresión realizado a los 7 días, nos proporciona una resistencia promedio de $6,94 \text{ kg/cm}^2$ que aumenta a $7,55 \text{ kg/cm}^2$ en su ensayo realizado a los 28 días, donde se puede observar que la resistencia obtenida es sumamente baja, lo que indica que este diseño de mezcla no es el adecuado, ya que está por debajo del permitido por norma.

A la mezcla “M4”, no se le realizó el ensayo a compresión, debido a que los bloques realizados no contaban con las características y dimensiones requeridas para ser estudiados.



Imagen 38: Bloque realizado con el diseño de mezcla M4

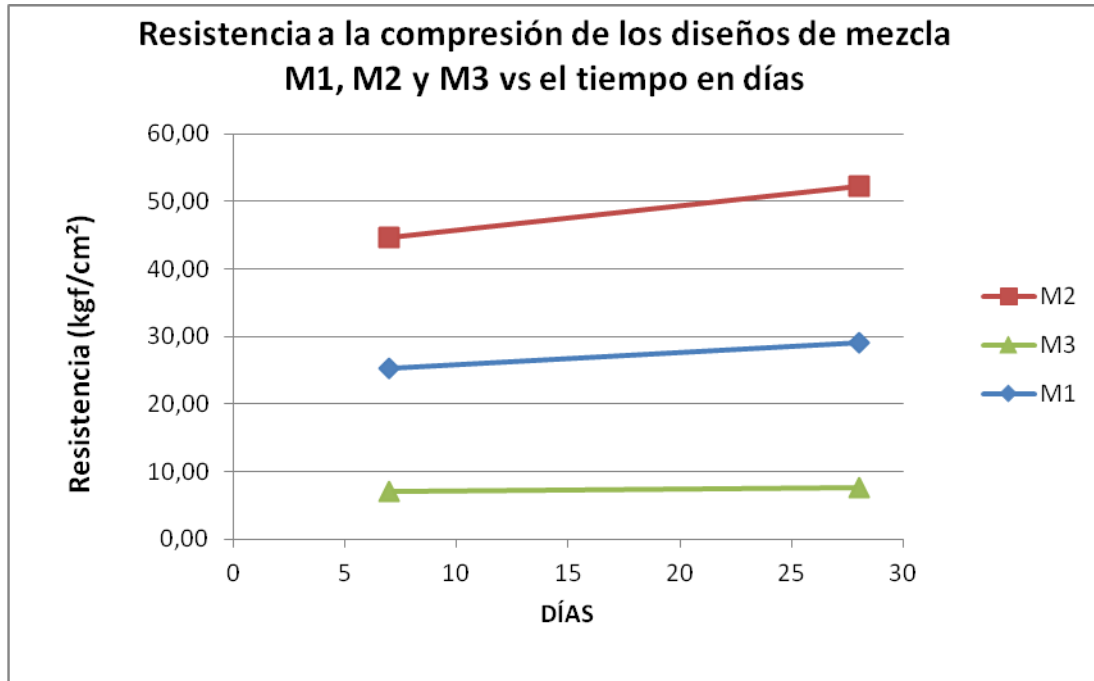


Grafico 7: Resistencia a la compresión de los diseños de mezcla M1, M2 y M3 vs el tiempo en días

De acuerdo a los ensayos de compresión realizados a diferentes diseños de mezclas, se puede decir que la adición de material de desecho de concreto premezclado como agregado causa cierta pérdida de resistencia en los bloques, sin embargo, dicha pérdida no es tan significativa como para impedir el uso de este material, por lo tanto se deben considerar adiciones iguales o menores al 50% de agregado en la mezcla para evitar problemas de trabajabilidad y resistencia.

Tabla 23: Resistencia a la compresión de los bloques tradicionales realizados por la bloquera socialista Gramoven

Bloque	Fecha de ensayo	Edad de Ensayo	Peso (kg)	Largo (cm)	Largo Promedio (cm)	Ancho (cm)	Ancho Promedio (cm)	Alto (cm)	Alto Promedio (cm)	Peso con capping (kg)	Carga Máxima Aplicada (kg). Con velocidad 20 Tn/min	Área (cm²)	Resistencia (kg/cm²)
0	21/02/2011	7 días	10,291	39,27	39,15	14,40	14,43	18,81	18,89	11,635	4000	564,85	7,08
				39,11		14,43		18,93					
				39,08		14,45		18,93					
1	28/02/2011	14 días	9,105	39,19	39,21	14,52	14,45	18,41	18,42	10,371	5150	566,76	9,09
				39,35		14,41		18,37					
				39,10		14,43		18,47					
2			9,160	39,32	39,20	14,47	14,48	18,48	18,44	10,534	6350	567,79	11,18
				39,17		14,43		18,50					
				39,12		14,55		18,34					
3	14/03/2011	28 días	9,383	39,14	39,27	14,57	14,52	18,66	18,58	10,545	7350	570,33	12,89
				39,26		14,51		18,55					
				39,41		14,49		18,52					
4			9,030	39,20	39,31	14,52	14,50	18,32	18,37	10,106	3950	569,82	6,93
				39,28		14,46		18,30					
				39,44		14,51		18,50					

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 24: Resistencia a la compresión de los bloques tradicionales realizados por la bloquera socialista Gramoven con curado bajo techo

Bloque	Fecha de ensayo	Edad de Ensayo	Peso (kg)	Largo (cm)	Largo Promedio (cm)	Ancho (cm)	Ancho Promedio (cm)	Alto (cm)	Alto Promedio (cm)	Peso con capping (kg)	Carga Máxima Aplicada (kg). Con velocidad 20 Tn/min	Área (cm²)	Resistencia (kg/cm²)
5	03/05/2011	28 días	9,829	39,11	39,22	14,58	14,53	18,54	18,59	10,710	21300	569,74	37,39
				39,16		14,47		18,52					
				39,39		14,53		18,70					
6	03/05/2011	28 días	9,145	39,45	39,24	14,60	14,53	18,22	18,39	10,183	9200	570,07	16,14
				39,19		14,45		18,20					
				39,09		14,53		18,76					
7	20/05/2011	(+) 28 días	9,267	39,35	39,21	14,59	14,52	18,51	18,34	10,009	10000	569,15	17,57
				39,13		14,44		18,36					
				39,14		14,52		18,16					
8	20/05/2011	(+) 28 días	9,659	38,88	39,01	14,57	14,50	18,25	18,28	10,553	11200	565,51	19,80
				38,96		14,46		18,26					
				39,19		14,46		18,34					
9	20/05/2011	(+) 28 días	9,511	39,33	39,23	14,56	14,50	18,51	18,51	10,43	11100	568,79	19,52
				39,24		14,47		18,51					
				39,11		14,47		18,51					

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 25: Resistencia a la compresión de los bloques realizados con material de desecho de concreto premezclado como agregado

Mezcla	Bloque	Fecha de ensayo	Edad de Ensayo	Peso (kg)	Largo (cm)	Largo Promedio (cm)	Ancho (cm)	Ancho Promedio (cm)	Alto (cm)	Alto Promedio (cm)	Peso con capping (kg)	Carga Máxima Aplicada (kg). Con velocidad 20 Tn/min	Área (cm²)	Resistencia (kg/cm²)		
MC	1	03/05/2011	(+) 28 días	9,509	39,47	39,21	14,44	14,48	18,04	17,81	10,460	7900	567,89	13,91		
					39,16		14,48		17,70							
					39,00		14,53		17,70							
	2			9,470	39,26	14,60	14,61	17,60	17,58	10,457	9400	573,46	16,39			
														39,26	14,60	17,55
														38,95	14,62	17,60
	3			9,545	39,29	14,70	14,65	17,40	17,31	10,530	10450	575,42	18,16			
														39,23	14,73	17,30
														39,53	14,51	17,23
MSC	1	20/05/2011	(+) 28 días	9,537	39,35	39,13	14,49	14,50	17,51	17,62	10,385	10250	567,25	18,07		
					39,12		14,49		17,74							
					38,92		14,51		17,61							
	2			9,659	39,10	14,43	14,54	17,76	17,61	10,571	4400	568,34	7,74			
														39,02	14,59	17,61
														39,45	14,59	17,45
	3			9,879	39,10	14,57	14,52	17,71	17,90	10,770	5900	567,73	10,39			
														39,07	14,51	17,88
														39,38	14,48	18,11

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 26: Resistencia a la compresión del bloque realizado con material de desecho de concreto premezclado y arena lavada como agregado

Bloque	Fecha de ensayo	Edad de Ensayo	Peso (kg)	Largo (cm)	Largo Promedio (cm)	Ancho (cm)	Ancho Promedio (cm)	Alto (cm)	Alto Promedio (cm)	Peso con capping (kg)	Carga Máxima Aplicada (kg). Con velocidad 20 Tn/min	Área (cm²)	Resistencia (kg/cm²)
M-1	20/05/2011	(+) 28 días	9,637	39,00	39,12	14,56	14,54	18,43	18,34	10,666	11490	568,76	20,20
				39,12		14,54		18,32					
				39,23		14,52		18,26					

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 27: Resistencia a la compresión a los 7 días de los bloques realizados con material de desecho de concreto premezclado y arena lavada como agregados con porcentajes definidos

Diseño de Mezcla	Bloque	Fecha de ensayo	Edad de Ensayo	Peso (kg)	Largo (cm)	Largo Promedio (cm)	Ancho (cm)	Ancho Promedio (cm)	Alto (cm)	Alto Promedio (cm)	Peso con capping (kg)	Carga Máxima Aplicada (kg). Con velocidad 20 Tn/min	Área (cm²)	Resistencia (kg/cm²)	
M1	1	14/09/2011	7 días	10,876	39,20	39,23	14,39	14,55	17,75	17,90	11,709	16150	570,62	28,30	
					39,17		14,53		18,07						
					39,31		14,72		17,89						
	2			11,166	39,21	14,56	18,26	18,03	12,089	11600	571,03	20,31			
													39,15	14,51	18,00
													39,40	14,69	17,84
	3			10,944	39,30	14,61	17,85	17,70	11,908	15550	574,09	27,09			
													39,32	14,65	17,60
													39,40	14,78	17,64
M2	1	14/09/2011	7 días	11,348	39,16	39,25	14,57	14,53	18,52	18,39	12,232	24600	570,30	43,14	
					39,19		14,45		18,29						
					39,40		14,57		18,36						
	2			11,387	39,32	14,61	18,72	18,63	12,222	23150	574,42	40,30			
													39,20	14,68	18,54
													39,29	14,64	18,62
	3			11,327	39,26	14,49	18,33	18,38	12,104	28850	568,96	50,71			
													39,46	14,51	18,47
													39,15	14,54	18,33
					39,22										
					39,40										

Diseño de Mezcla	Bloque	Fecha de ensayo	Edad de Ensayo	Peso (kg)	Largo (cm)	Largo Promedio (cm)	Ancho (cm)	Ancho Promedio (cm)	Alto (cm)	Alto Promedio (cm)	Peso con capping (kg)	Carga Máxima Aplicada (kg). Con velocidad 20 Tn/min	Área (cm²)	Resistencia (kg/cm²)
M3	1	14/09/2011	7 días	9,914	39,20	39,38	14,75	14,58	18,09	18,12	10,886	3250	574,24	5,66
					39,23		14,40		18,00					
					39,70		14,60		18,26					
	2			9,437	39,13	39,28	14,70	14,60	18,45	18,25	10,345	3890	573,36	6,78
					39,19		14,50		18,26					
					39,52		14,59		18,04					
	3			9,458	39,50	39,28	14,50	14,60	18,05	18,14	10,333	4890	573,49	8,53
					39,20		14,57		18,11					
					39,14		14,73		18,25					

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 28: Resistencia a la compresión a los 28 días de los bloques realizados con material de desecho de concreto premezclado y arena lavada como agregados con porcentajes definidos

Diseño de Mezcla	Bloque	Fecha de ensayo	Edad de Ensayo	Peso (kg)	Largo (cm)	Largo Promedio (cm)	Ancho (cm)	Ancho Promedio (cm)	Alto (cm)	Alto Promedio (cm)	Peso con capping (kg)	Carga Máxima Aplicada (kg). Con velocidad 20 Tn/min	Área (cm²)	Resistencia (kg/cm²)	
M1	1	18/10/2011	28 días	11,049	39,10	39,15	14,56	14,48	18,28	18,26	12,000	16500	566,97	29,10	
					39,07		14,44		18,20						
					39,27		14,45		18,30						
M2	1	18/10/2011	28 días	10,763	39,10	39,21	14,67	14,63	17,66	17,77	11,943	28700	573,59	50,04	
					39,12		14,65		17,64						
					39,40		14,57		18,00						
	2			10,826	39,24	14,74	17,52	17,52	11,898	31600	578,53	54,62			
													39,15	14,82	17,56
													39,27	14,58	17,48
M3	1	18/10/2011	28 días	8,782	39,04	39,21	14,60	14,52	17,51	17,67	9,98	4300	569,38	7,55	
					39,20		14,52		17,60						
					39,40		14,44		17,90						

Fuente: Elaboración Propia.

4.6 Falla de los Bloques en el Ensayo a Compresión:

Los bloques ensayados a compresión presentaron en su mayoría falla por punzonamiento, reflejando en sus extremos grietas perpendiculares a la carga aplicada (Ver Imagen 39 y 40) y en varias oportunidades fisuras paralelas a la carga (Ver Imagen 41).



Imagen 39: Grietas perpendiculares a la carga aplicada



Imagen 40: Grietas perpendiculares a la carga aplicada



Imagen 41: Fisura paralela a la carga aplicada

4.7 Resistencia a la Compresión en Pilas de Bloques:

Para este ensayo, las pilas tuvieron una configuración de tres bloques de alto por un bloque de ancho como se aprecia en la Imagen 42, y una esbeltez de 4 considerada como esbeltez de referencia.



Imagen 42: Pilas de tres bloques



Imagen 43: Pilas de bloques a ensayar

La resistencia a la compresión se ensayó a los 7 y 28 días, en pilas constituidas por bloques elaborados con diseños de mezcla M1, M2, M3 y el bloque tradicional, expresando los resultados obtenidos en la Tabla 29 y Tabla 30.

Las normas venezolanas no establecen el ensayo de resistencia a compresión en pilas, por lo que se desconocen las resistencias mínimas requeridas a los 28 días. Sin embargo, la Norma Argentina IRAM 11556 “Mampostería de Bloques de Hormigón”, estipula que la resistencia a los 28 días aumenta en un 10% aproximadamente a la obtenida a los 7 días.

En el ensayo a compresión realizado a los 7 días a las Pilas “1”, cuyo diseño de mezcla de los bloques que la constituyen se define como “M1”, arrojó una resistencia de $23,02 \text{ kg/cm}^2$ que aumentó a $24,90 \text{ kg/cm}^2$ en su ensayo de 28 días, identificando un incremento del 8%.

La falla manifestada en esta pila es la menos deseada, ya que las grietas producidas por la carga ocasionaron el desprendimiento completo de la pared.



Imagen 44: Diferentes vistas de la pila 1 después del ensayo a compresión

Para las pilas “P1”, “P2” y “P3”, realizadas con bloques de diseño de mezcla “M2”, se obtiene una resistencia promedio a los 7 días de $20,21 \text{ kg/cm}^2$, tomando en cuenta que la pila “P3” fue ensayada colocando su parte inferior hacia arriba, por lo que su resistencia no fue incluida al momento de calcular el promedio. A los 28 días, la pila “P4” alcanzó una resistencia de $22,04 \text{ kg/cm}^2$, registrando un incremento del 9% aproximadamente.

Las fallas presentadas en estas pilas, se caracterizaron por ser grietas perpendiculares a la carga aplicada, ubicadas en su mayoría en los dos bloques superiores.



Imagen 45: Diferentes vistas de la pila P1 después del ensayo a compresión



Imagen 46: Diferentes vistas de la pila P2 después del ensayo a compresión



Imagen 47: Diferentes vistas de la pila P3 después del ensayo a compresión

Las pilas “3” construidas con el diseño de mezcla “M3”, nos proporciona una resistencia a los 7 días de $10,42 \text{ kg/cm}^2$ alcanzando $11,14 \text{ kg/cm}^2$ en su ensayo realizado a los 28 días, observando un aumento del 7% en la resistencia.

Las fallas mostradas en estas pilas, se presentaron mediante grietas perpendiculares a la carga aplicada.



Imagen 48: Diferentes vistas de la pila 3 después del ensayo a compresión

El ensayo a compresión realizado a las Pilas “B” a los 7 días, cuyo diseño de mezcla es el tradicional usado por la bloquera, arrojó una resistencia de 8,40 kg/cm² que incrementó a 9,10 kg/cm² en su ensayo de 28 días, identificando una mejora del 8%.

La falla obtenida en esta pila se observó únicamente en el bloque superior, presentando fisuras paralelas a la carga aplicada y desprendimiento de la pared del bloque.



Imagen 49: Fisura paralela a la carga en el bloque superior



Imagen 50: Desprendimiento de la pared del bloque superior

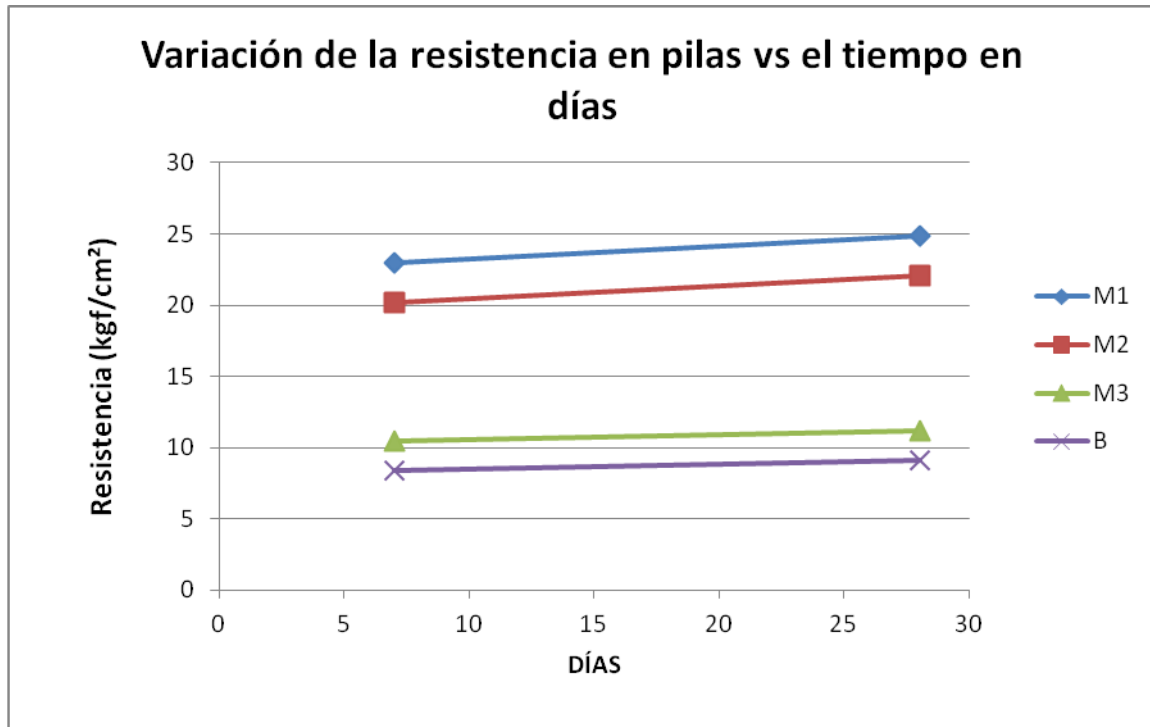


Grafico 8: Variación de la resistencia de las pilas vs el tiempo en días

Tabla 29: Resistencia a la compresión a los 7 días de las pilas de bloques

Diseño de Mezcla	Pila	Fecha de ensayo	Edad de Ensayo	Peso (kg)	Alto (cm)	Alto Promedio (cm)	Ancho (cm)	Ancho Promedio (cm)	Profundidad (cm)	Profundidad Promedio (cm)	Carga Máxima Aplicada (kg). Con velocidad 20 Tn/min	Área (cm²)	Resistencia (kg/cm²)
M1	1	06/10/2011	7 días	40,0	58,30	58,50	39,40	39,40	14,50	14,50	13150	571,30	23,02
					58,90		39,50		14,50				
					58,30		39,30		14,50				
M2	P1	06/10/2011	7 días	39,0	57,00	57,03	39,50	39,30	14,50	14,50	11750	569,85	20,62
					57,10		39,20		14,50				
					57,00		39,20		14,50				
	P2			38,2	57,50	57,70	39,50	39,37	14,60	14,57	11350	573,44	19,79
					57,90		39,30		14,50				
					57,70		39,30		14,60				
	P3			38,0	57,20	57,07	39,40	39,30	14,60	14,57	9200	572,47	16,07
					57,20		39,30		14,50				
					56,80		39,20		14,60				
M3	3	06/10/2011	7 días	32,5	58,10	58,20	39,40	39,37	14,50	14,50	5950	570,82	10,42
					58,30		39,30		14,50				
					58,20		39,40		14,50				
Bloquera	B	06/10/2011	7 días	34,2	58,10	58,10	39,40	39,40	14,50	14,50	4800	571,30	8,40
					58,20		39,40		14,50				
					58,00		39,40		14,50				

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 30: Resistencia a la compresión a los 28 días de las pilas de bloques

Diseño de Mezcla	Pila	Fecha de Ensayo	Edad de Ensayo	Peso (kg)	Alto (cm)	Alto Promedio (cm)	Ancho (cm)	Ancho Promedio (cm)	Profundidad (cm)	Profundidad Promedio (cm)	Carga Máxima Aplicada (kg). Con velocidad 20 Tn/min	Área (cm ²)	Resistencia (kg/cm ²)
M1	1	27/10/2011	28 días	39,60	58,40	58,43	39,50	39,33	14,50	14,50	14200	570,33	24,90
					58,30		39,20		14,50				
					58,60		39,30		14,50				
M2	P4	27/10/2011	28 días	38,20	58,00	58,13	39,40	39,27	14,50	14,50	12550	569,37	22,04
					58,10		39,30		14,50				
					58,30		39,10		14,50				
M3	3	27/10/2011	28 días	32,70	58,20	58,23	39,20	39,30	14,50	14,50	6350	569,85	11,14
					58,40		39,40		14,50				
					58,10		39,30		14,50				
Bloquera	B	27/10/2011	28 días	34,80	58,20	58,13	39,40	39,40	14,50	14,50	5200	571,30	9,10
					58,10		39,40		14,50				
					58,10		39,40		14,50				

Fuente: Elaboración Propia.

CAPÍTULO V: IMPLEMENTACIÓN DE UN TALLER DE PRODUCCIÓN

En la actualidad, a nivel mundial se fabrican grandes cantidades de bloques utilizando diferentes mezclas cemento-agregado, a través de máquinas vibradoras con altos rendimientos de producción. Sin embargo, la disponibilidad de estos equipos en algunas zonas rurales es prácticamente nula, elaborando sus bloques a través de compactadoras manuales con bajo rendimiento de producción, obteniendo unidades de poca resistencia.

Para la viabilidad de nuestro trabajo especial de grado, la implementación de un taller de mediana escala que permita la fabricación de bloques obteniendo excelente rendimiento y calidad, se convierte en un factor muy importante, que parte de un buen equipamiento y esquema de producción adecuado, que garantice la elaboración de unidades que alcancen la resistencia exigida por norma y los menores costos de producción.

5.1 Requerimientos para la Producción.

En el proceso de producción es necesario asegurar la calidad de los bloques, controlando durante la fabricación la dosificación empleada de los materiales de la mezcla definida, la cual se recomienda efectuar por peso.

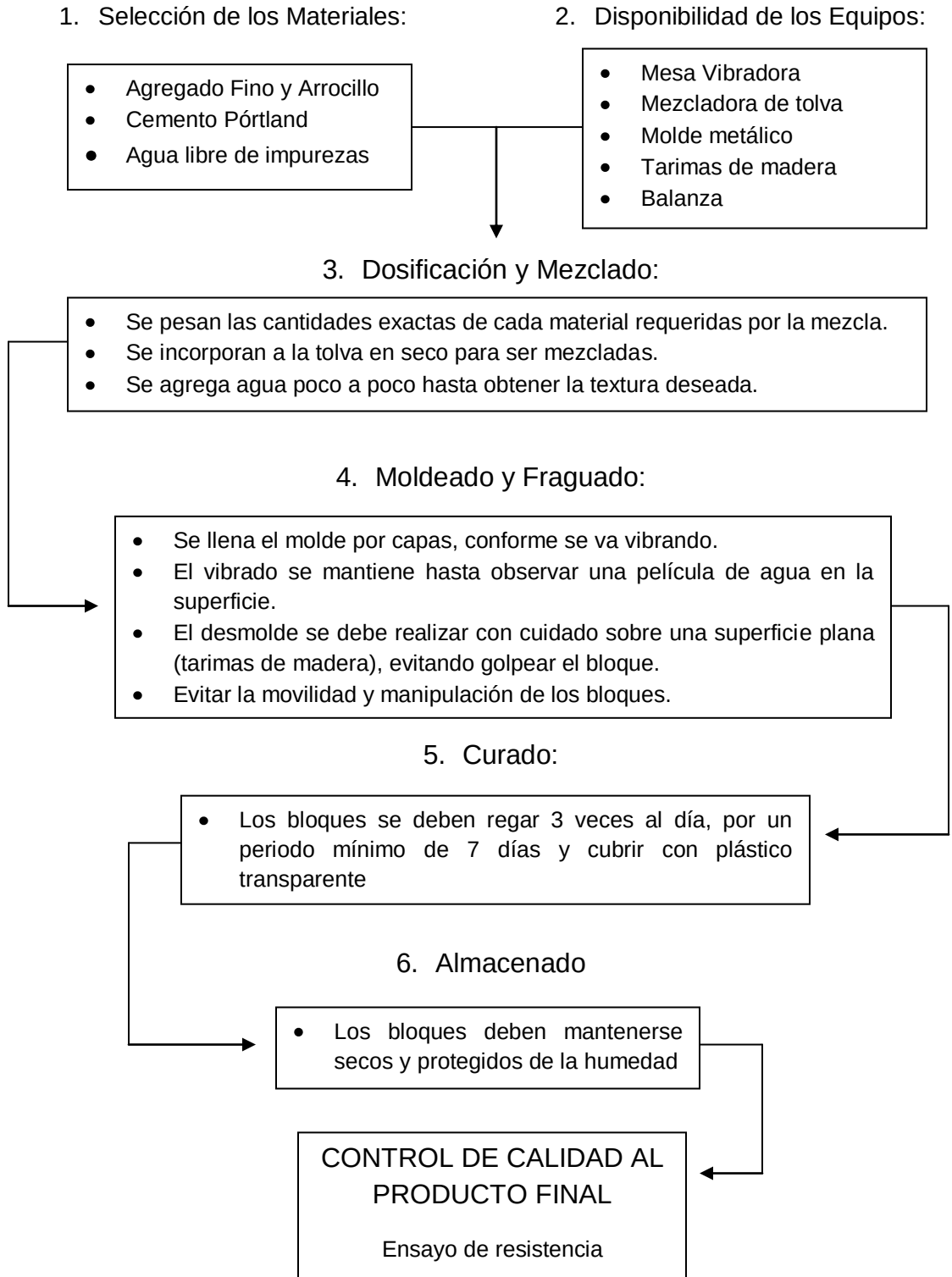
Es importante mantener la uniformidad en los bloques, no solo en sus dimensiones, especialmente la altura, sino también en cuanto a densidad, calidad, textura y acabado.

5.2 Flujograma de producción.

En todo proceso productivo, se realizan actividades que guardan cierta relación entre sí, y que cumple con ciertos requisitos técnicos necesarios para obtener un producto final de excelente calidad.

Las actividades realizadas durante el proceso, deben organizarse por etapas claramente definidas, que concluyan en la elaboración del producto, en nuestro caso los bloques de concreto.

A continuación se indica un Flujograma recomendado, donde se puntualizan las actividades necesarias en su proceso de fabricación:



5.3 Taller a mediana escala.

Para contar con el equipo adecuado para la fabricación de los bloques se dispone de una máquina vibrocompactadora electromecánica de 2 bloques, marca Induminca modelo A-2, cuya potencia es de 7.87 KW y 10.5 HP, con una producción de 2.000 bloques en 8 horas. Dicha máquina presenta una mezcladora Induminca modelo TA-10 con potencia de 10.12 KW y 13.5 HP. La correa transportadora que lleva el material de la mezcladora a la vibrocompactadora posee dimensiones de 9,6 m x 18" de ancho.

El molde metálico permite fabricar bloques de 39 x 19 x 14 cm (largo, alto y ancho). Para desmoldar los bloques, se levanta el molde hembra quedando de esta manera los bloques dispuestos sobre la tarima de madera.

5.4 Áreas de Producción

Una excelente producción de bloques requiere contar con zonas apropiadas para sus diferentes etapas de fabricación, con un terreno amplio y de conveniente acceso para camiones, así como prever el abastecimiento de agua y electricidad.

El terreno se debe distribuir en las siguientes zonas:

- Zona de materiales y agregado, con un área aproximada de 240 m².
- Zona de mezclado y fabricación, con un área de 64 m².
- Zona de curado, con un área aproximada de 1.560 m².
- Zona de almacén, con un área aproximada de 500 m².

Las áreas mencionadas, fueron tomadas de acuerdo a las superficies sugeridas para el modelo A-2 de la vibrocompactadora, por la empresa Induminca.

Es importante destacar que todas las zonas mencionadas anteriormente, deben de ser techadas y estar protegidas de la humedad para obtener resultados idóneos en el producto realizado.

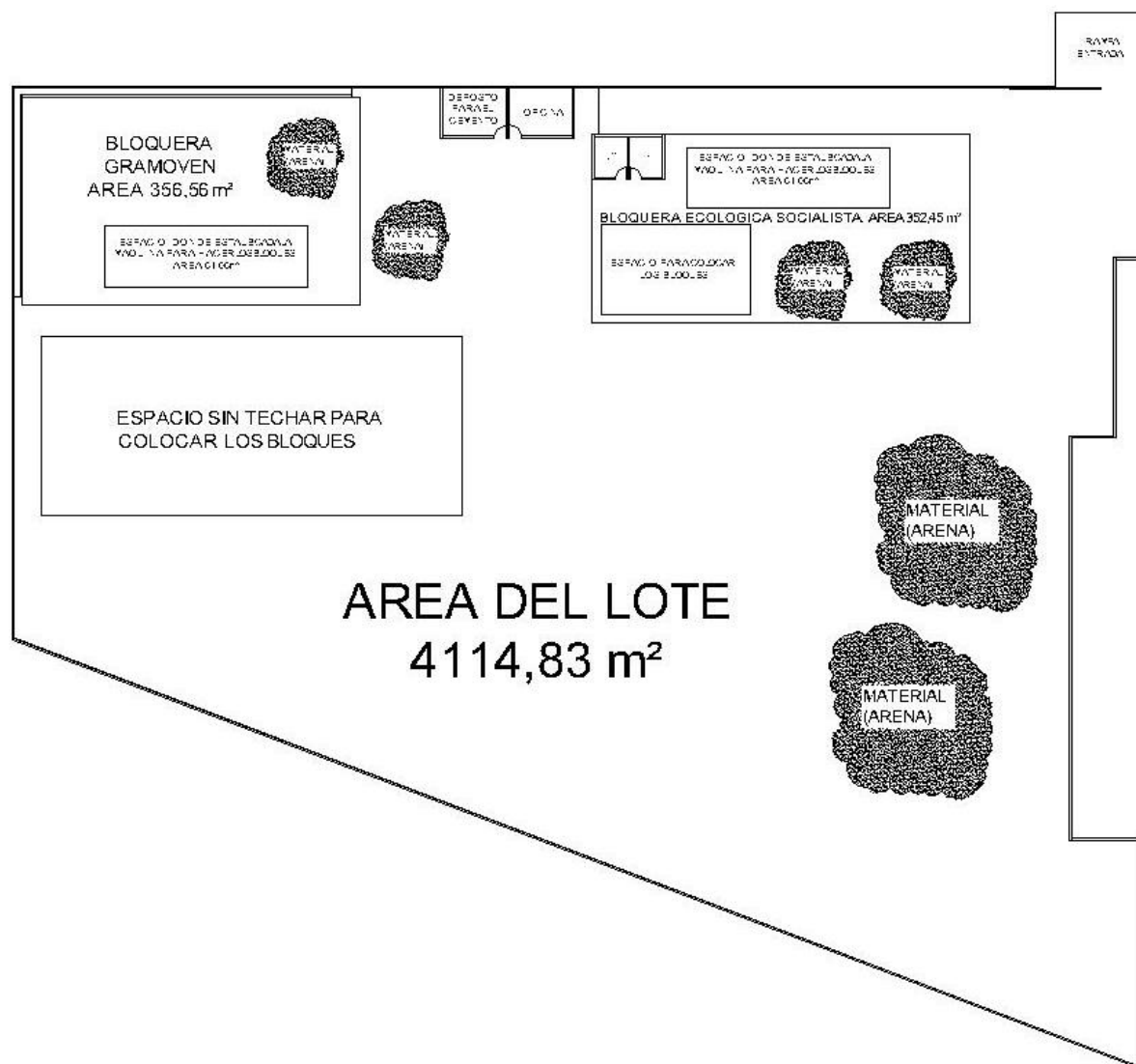


Imagen 51: Plano planta Bloquera Socialista Gramoven



Imagen 52: Bloquera Socialista Gramoven



Imagen 53: Zona de curado y almacén de bloques

CONCLUSIONES

Del estudio preliminar de las empresas que realizan bloques en distintos sectores de Caracas se constató la falta del control de calidad del proceso, los elementos mínimos indispensables para la dosificación del material y la falta de implementación de las Normas nacionales. Con base en esta información recabada, se puede afirmar que actualmente no hay ningún tipo de control en las Empresas que elaboran Bloques de concreto hueco en sus distintas modalidades en la región Capital.

A través del estudio realizado para la fabricación de un bloque ecológico se pudo observar, comprobar y concluir que el material de desecho proveniente de las fosas de decantación de la Fábrica Nacional de Cementos S.A.C.A, presenta una mayor cantidad de finos en comparación con los límites granulométricos establecidos en la Norma Covenin 277-2000, usados para agregados finos. Pese a que la diferencia del porcentaje pasante del tamiz #4 no es significativa, se decidió utilizar el material como agregado para la elaboración de bloques de concreto.

Como primer diseño de mezcla se obtuvo el utilizado por la Bloquera Socialista Gramoven, sustituyendo por completo el agregado comúnmente usado (arena) por el material de desecho de concreto premezclado. En esta oportunidad se obtuvieron bloques con muy baja resistencia que no cumplían con los valores exigidos por la Norma Covenin 42-82, tomando en cuenta que se están diseñando bloques tipo B-1, destinados para paredes divisorias que no soportan cargas y están expuestas a la humedad.

El segundo diseño, consistió en mezclar arena lavada con el material de desecho de concreto premezclado sin conocer los porcentajes usados de cada

material. Al realizar el ensayo a compresión a estos bloques, se pudo apreciar un incremento en la resistencia obtenida, lo que nos indica que el diseño de mezcla que acepta el uso del material de desecho debe incluir arena lavada.

Por ello, se realizaron 4 nuevos diseños de mezcla usando 82% de agregados, 15% de cemento y 4% de agua. Es esta oportunidad se aumentó el cemento y se usó como agregado una combinación de arena lavada y desecho de concreto premezclado, definiendo los porcentajes usados de cada material.

Con los diseños “M1”, “M2” y “M3”, se obtuvieron mezclas manejables con buena trabajabilidad, que arrojaron bloques con buen acabado que mantuvieron la regularidad en todos sus lados al ser desmoldados.

Al elaborar la mezcla con el diseño “M4”, se observó cierta dificultad debido a la gran cantidad de finos, lo que ocasionó poca trabajabilidad de la mezcla. Los bloques resultantes presentaron grandes deformaciones e irregularidades, por lo que no se pudieron ensayar a compresión.

Los bloques ensayados a compresión presentaron en la mayoría de los casos grietas verticales, perpendiculares a la carga aplicada. De acuerdo a los ensayos realizados a diferentes diseños de mezclas, se puede decir que la adición de material de desecho de concreto premezclado como agregado causa cierta pérdida de resistencia en los bloques, sin embargo, dicha pérdida no es tan significativa como para impedir el uso de este material, por lo tanto se deben considerar adiciones iguales o menores al 50% de agregado en la mezcla, ya que las mayores resistencias obtenidas fueron las de los diseños “M1” y “M2”, que cumplen con las exigidas por la Norma Covenin para bloques tipo B-1.

Como se trata de un material reciclado, cuyas características y granulometría pueden variar, se establece como diseño de mezcla recomendado

al “M2”, ya que otorga la resistencia a compresión más alta para así mantener cierto margen de seguridad.

Por lo tanto, el porcentaje de absorción de agua se realizó al bloque tradicional elaborado por la bloquera y a un bloque efectuado con el diseño de mezcla “M2”, obteniendo resultados sumamente similares que cumplen con el exigido por la norma venezolana.

Por su parte, el cálculo de la densidad a través del método de la parafina, permitió confirmar que a medida que aumenta el porcentaje de desecho de concreto premezclado en la mezcla los bloques resultantes son más livianos, sin embargo el bloque tradicional se comporta como un bloque más liviano que el reciclado.

Los ensayos de resistencia a compresión realizados a las pilas constituidas por tres bloques superpuestos, presentaron en su mayoría fallas por agrietamiento vertical perpendicular a la carga aplicada, considerando que la pila “1” estaba conformada por bloques cuyo diseño de mezcla no es óptimo para la elaboración de los mismos.

En este trabajo especial de grado, se decidió incorporar un capítulo extra denominado “Implementación de un taller de producción”, debido a las grandes irregularidades observadas en la bloquera al momento de realizar los bloques. Es por ello, que se realizan ciertas recomendaciones incluyendo un Flujograma de producción donde se puntualizan las actividades necesarias en el proceso de fabricación, que garanticen la elaboración de excelentes unidades.

RECOMENDACIONES

A continuación se mencionan una serie de recomendaciones que consideramos deben ser tomadas en cuenta para la reutilización del desecho de concreto premezclado y la mejora en la producción de bloques.

- El desecho de concreto premezclado puede ser utilizado como agregado en la producción de bloques de concreto, siempre y cuando su dosificación sea igual o menor al 50% del total de agregados en la mezcla, para evitar problemas de trabajabilidad y resistencia.
- Al momento de realizar la mezcla para la elaboración de los bloques es necesario controlar su dosificación, la cual se recomienda hacer por peso, sin embargo la mayoría de las veces se realiza por volumen usando carretillas.
- Se recomienda contar con un horno microondas que pueda ser utilizado para realizar los ensayos de porcentaje de humedad de los agregados, para no alterar la dosificación de agua dispuesta en el diseño de mezcla establecido.
- Es imprescindible dosificar muy cuidadosamente el contenido de agua en la mezcla, para que ésta no resulte ni muy seca ni demasiado húmeda. En el primer caso se corre el peligro del desmoronamiento del bloque recién fabricado y en el segundo caso, que el material se asiente deformando la geometría del bloque.
- El vibrado se debe realizar por capas hasta que se forme una película de agua en la superficie, para evitar la rotura del bloque por falta de consolidación.

- Para conservar la uniformidad de los bloques es necesario realizar los ensayos de granulometría de los agregados, ya que no siempre se cuenta con el mismo material.
- Para que los bloques adquieran buena resistencia, es necesario que estén constantemente humedecidos por lo menos durante 7 días en un lugar bajo techo. Se deben regar como mínimo dos veces al día (en la mañana y en la tarde) cubriendo luego con plástico transparente.
- Se debe verificar la resistencia a compresión, el porcentaje de absorción, su densidad y cualquier otra característica necesaria de acuerdo a lo establecido en la norma correspondiente.
- El área de producción de los bloques debe estar distribuida en zonas destinadas para los materiales y agregados, el mezclado y la fabricación, el curado y almacén.

Como recomendación final del trabajo y para solventar el problema de falta de calidad y conocimiento de las Normas de las Empresas de Fabricación de bloque hueco de concreto, se propone realizar un levantamiento de todas las empresas del sector y crear un plan de divulgación generalizado que incorpore las posibles mejoras al proceso productivo.

REFERENCIAS

- Alfonso, L. (2006). *Recomendaciones para procesos constructivos en revestimientos pétreos de fachadas*. Bogotá: Facultad de Artes. Colección Punto Aparte.
- Basf Construcción Chemicals. (2009). *DELVO. Aditivo para el control de hidratación. Solución sostenible para el concreto*. México.
- Capuz, S. (s/f). *Ecodiseño. Ingeniería del ciclo de vida para el desarrollo de productos sostenibles*. Valencia: Editorial Universidad Politécnica de Valencia.
- Castells, X. (2000). *Reciclaje de Residuos Industriales*. Madrid: Ediciones Díaz de Santos, S.A.
- Comisión Nacional del Medio Ambiente – Región Metropolitana. (1998) *Guía para el Control y Prevención de la Contaminación Ambiental. Rubro Productos de Cemento y Hormigón*. Santiago.
- Comisión Venezolana de Normas Industriales. (1982). *Bloques Huecos de Concreto*. COVENIN 42-82. Caracas, Venezuela.
- Comisión Venezolana de Normas Industriales. (1998). *“Agregados. Determinación de la composición granulométrica”*. COVENIN 255-1998. Caracas, Venezuela.
- Comisión Venezolana de Normas Industriales. (1978). *Método de ensayo para la determinación del peso unitario del agregado*. COVENIN 263-1978. Caracas, Venezuela.

Comisión Venezolana de Normas Industriales. (2000). *Concreto. Agregados. Requisitos*. (3º revisión.). COVENIN 277-2000. Caracas, Venezuela.

Freyre, J. (2000). *Fabricación de Bloques de concreto con una mesa vibradora*. Universidad Nacional de Ingeniería. Perú.

Gallegos, H. (2005). *Albañilería estructural*. (3º ed.). Perú: Fondo Editorial de la Pontificia Universidad Católica del Perú.

Granulometría. (s/f). Recuperado en Febrero de 2011. http://www.arival.org/prontuario/pdf/01_Granulometria.pdf

Harmsen, T. (2005). *Diseño de Estructuras de Concreto Armado*. (4ª ed.). Perú: Fondo Editorial de la Pontificia Universidad Católica del Perú.

Norma Argentina IRAM 11556. *Mampostería de Bloques de Hormigón*.

Premezclados. Concreto Premezclado devuelto a la planta. (s/f). Recuperado en Febrero de 2011. <http://www.imcyc.com/ct2009/ene09/posibilidades.htm>

Porrero, J. (2008). *Manual del Concreto Estructural*. (2ª ed.). Caracas: Impresos Minipres, C.A.

Valbuena, O. (2009). *Reutilizar es la Segunda de las 3 R de la Ecología. La Disminución de los Residuos y la Práctica de la Reutilización*.

www.induminca.com.ve