



UTMACH

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

DISEÑO DE HORMIGONES CON MATERIAL RECICLADO

NARVAEZ LAVANDA NIXON JOEL
INGENIERO CIVIL

MACHALA
2023



UTMACH

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

DISEÑO DE HORMIGONES CON MATERIAL RECICLADO

**NARVAEZ LAVANDA NIXON JOEL
INGENIERO CIVIL**

**MACHALA
2023**



UTMACH

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

EXAMEN COMPLEXIVO

DISEÑO DE HORMIGONES CON MATERIAL RECICLADO

NARVAEZ LAVANDA NIXON JOEL
INGENIERO CIVIL

CABRERA GORDILLO JORGE PAUL

MACHALA, 01 DE MARZO DE 2023

MACHALA
01 de marzo de 2023

NIXON NARVAEZ

por Nixon Narvaez

Fecha de entrega: 22-feb-2023 12:49p.m. (UTC-0500)

Identificador de la entrega: 2020568215

Nombre del archivo: NIXON_NARVAEZ.docx (32.5K)

Total de palabras: 2994

Total de caracteres: 15115

CLÁUSULA DE CESIÓN DE DERECHO DE PUBLICACIÓN EN EL REPOSITORIO DIGITAL INSTITUCIONAL

El que suscribe, NARVAEZ LAVANDA NIXON JOEL, en calidad de autor del siguiente trabajo escrito titulado DISEÑO DE HORMIGONES CON MATERIAL RECICLADO, otorga a la Universidad Técnica de Machala, de forma gratuita y no exclusiva, los derechos de reproducción, distribución y comunicación pública de la obra, que constituye un trabajo de autoría propia, sobre la cual tiene potestad para otorgar los derechos contenidos en esta licencia.

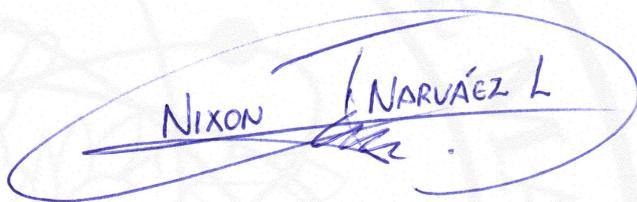
El autor declara que el contenido que se publicará es de carácter académico y se enmarca en las disposiciones definidas por la Universidad Técnica de Machala.

Se autoriza a transformar la obra, únicamente cuando sea necesario, y a realizar las adaptaciones pertinentes para permitir su preservación, distribución y publicación en el Repositorio Digital Institucional de la Universidad Técnica de Machala.

El autor como garante de la autoría de la obra y en relación a la misma, declara que la universidad se encuentra libre de todo tipo de responsabilidad sobre el contenido de la obra y que asume la responsabilidad frente a cualquier reclamo o demanda por parte de terceros de manera exclusiva.

Aceptando esta licencia, se cede a la Universidad Técnica de Machala el derecho exclusivo de archivar, reproducir, convertir, comunicar y/o distribuir la obra mundialmente en formato electrónico y digital a través de su Repositorio Digital Institucional, siempre y cuando no se lo haga para obtener beneficio económico.

Machala, 01 de marzo de 2023



NARVAEZ LAVANDA NIXON JOEL
0705947687

NIXON NARVAEZ

por Nixon Narvaez

Fecha de entrega: 22-feb-2023 12:49p.m. (UTC-0500)

Identificador de la entrega: 2020568215

Nombre del archivo: NIXON_NARVAEZ.docx (32.5K)

Total de palabras: 2994

Total de caracteres: 15115

NIXON NARVAEZ

INFORME DE ORIGINALIDAD

6%

INDICE DE SIMILITUD

5%

FUENTES DE INTERNET

1%

PUBLICACIONES

2%

TRABAJOS DEL
ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	Submitted to Universidad Distrital FJDC Trabajo del estudiante	1%
2	scielo.senescyt.gob.ec Fuente de Internet	1%
3	www.slideshare.net Fuente de Internet	1%
4	"Inter-American Yearbook on Human Rights / Anuario Interamericano de Derechos Humanos, Volume 26 (2010)", Brill, 2014 Publicación	<1%
5	S. A. Bernal, R. Mejía de Gutiérrez, F. Ruiz, H. Quiñones, J. L. Provis. "Desempeño a temperaturas altas de morteros y hormigones basados en mezclas de escoria/metacaolín activadas alcalinamente", Materiales de Construcción, 2012 Publicación	<1%
6	katalog.ub.tu-braunschweig.de Fuente de Internet	<1%

7	www.files.ethz.ch Fuente de Internet	<1 %
8	suhairi-hery.blogspot.com Fuente de Internet	<1 %
9	explorable.com Fuente de Internet	<1 %
10	repositorio.upse.edu.ec Fuente de Internet	<1 %
11	teses.usp.br Fuente de Internet	<1 %
12	tesis.ucsm.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
13	www.dspace.uce.edu.ec Fuente de Internet	<1 %
14	tesis.pucp.edu.pe Fuente de Internet	<1 %

Excluir citas

Apagado

Excluir coincidencias

Apagado

Excluir bibliografía

Apagado

AGRADECIMIENTO

Mi agradecimiento infinito a mi madre Patricia Lavanda y a mi padre Nixon Narváez que han sido la guía y pilar en todas las etapas de mi vida además me han guiado por el buen camino, el cual me ha llevado al lugar donde me encuentro en este momento.

A mi madre, que se encargó de mi desde muy joven, que tuvo que levantarse temprano por años para enviarme a la escuela bien desayunado, bien uniformado, con todos los deberes listos, al igual que en el colegio hasta la universidad, que siempre hizo un esfuerzo por mí y mis hermanos.

A mi padre, que siempre madrugó a trabajar todos los días para poder dar lo necesario a su familia y el poder apoyarnos en el estudio que como dice el “Es la mejor herencia que te puedo dejar”.

DEDICATORIA

Quiero dedicar este trabajo a mi familia en general (abuelos, tíos, primos) que creyeron en mi desde el primer momento que entre a esta carrera universitaria y que cada vez que me veían me preguntaban como estoy en los estudios y me daban ánimos para seguir adelante, sobre todo a su apoyo incondicional.

A mis amigos y mis compañeros que conocí desde el inicio de mi carrera y que con algunos nos hemos mantenido juntos apoyándonos en todo a lo largo de la carrera.

RESUMEN

El proyecto técnico en cuestión se basa en el diseño de hormigones con material reciclado como reemplazante del agregado grueso cotidiano, para la parte de los ensayos de laboratorio se utilizó la Normativa INEN tanto para el material reciclado como para el agregado fino, así mismo para el asunto de la dosificación se aplicó la norma ACI 211.1.

Mediante las tablas que nos presenta la Norma ACI 211.1 se decidió usar una relación A/C de 0.6 la cual nos proyectará una resistencia de 210 kgf/cm² al finalizar los 28 días de curado para cada material reciclado utilizado en el diseño de hormigón como los son escombros de hormigón, ladrillo y bloque respectivamente.

Para el material reciclado se optó por utilizar escombros de hormigón, ladrillo y bloque procedente de las demoliciones de obras civiles en la ciudad de Pasaje, para el agregado fino se utilizó arena del Río Jubones, para la trituración del material reciclado se aplicó el chancado con combos buscando siempre un tamaño optimo que se pueda aplicar correctamente los ensayos.

En el caso del revenimiento en la Norma ACI 211.1 se escogió un revenimiento de 15 cm a 17.5 cm con una cantidad de agua de 202 con un porcentaje de aire de 1.5 teniendo como referencia que el tamaño máximo nominal del material reciclado es de 1 in. Por último, se ensayaron los cilindros de material reciclado a pruebas de esfuerzos de compresión obteniendo resultados en unidades de kN la cual se tiene que realizar la conversión.

Palabras Claves: Material Reciclado, revenimiento, escombros, demoliciones, agregado fino.

ABSTRACT

The technical project in question is based on the design of concrete with recycled material as a replacement for the daily coarse aggregate, for the part of the laboratory tests the INEN Regulation was used for both the recycled material and the fine aggregate, as well as for the in the matter of dosage, the ACI 211.1 standard was applied.

Using the tables presented by the ACI 211.1 Standard, it was decided to use a W/C ratio of 0.6, which will project a resistance of 210 kgf/cm² at the end of the 28 days of curing for each recycled material used in the concrete design, such as they are concrete, brick and block rubble respectively.

For the recycled material, it was decided to use concrete, brick and block rubble from the demolitions of civil works in the city of Pasaje, for the fine aggregate, sand from the Jubones River was used, for the crushing of the recycled material, crushing was applied with combos always looking for an optimal size that can be applied correctly to the tests.

In the case of the slump in ACI Standard 211.1, a slump of 15 cm to 17.5 cm was chosen with a quantity of water of 202 with a percentage of air of 1.5, taking as a reference that the maximum nominal size of the recycled material is 1 in. Finally, the cylinders of recycled material were tested for compression stress tests, obtaining results in units of kN which the conversion must be carried out.

Keywords: Recycled Material, slump, debris, demolitions, fine aggregate.

ÍNDICE

AGRADECIMIENTO.....	III
DEDICATORIA	IV
RESUMEN	V
ABSTRACT.....	VI
ÍNDICE.....	VII
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	IX
ÍNDICE DE TABLAS	X
ÍNDICE DE ANEXOS.....	XII
INTRODUCCIÓN.....	13
1. DIAGNÓSTICO DEL PROBLEMA	14
1.1. Planteamiento del Problema.....	14
1.2. Justificación del Problema	14
1.3. Objetivos	14
1.3.1. Objetivo General.....	14
1.3.2. Objetivos Específicos.....	14
2. MARCO TEÓRICO	15
2.1. COMPOSICIÓN DEL HORMIGÓN CON MATERIAL RECICLADO	15
2.1.1. Cemento.....	15
2.1.2. Agua	15
2.1.3. Agregado Fino	15
2.1.4. Agregado Grueso correspondiente al Material Reciclado.....	16
2.2. CONCEPTUALIZACIÓN DE PROPIEDADES Y CARACTERÍSTICAS DEL DISEÑO DE HORMIGÓN CON MATERIAL RECICLADO	17
2.2.1. Características de los Agregados Reciclados como reemplazo del Agregado Grueso.....	17
2.2.2. Condiciones del Curado	17
2.2.3. Uso del Material Reciclado en la sociedad.....	17
2.2.4. Inconvenientes al usar Material Reciclado dentro de una mezcla de Hormigón	18
2.2.5. Relación A/C	18
2.2.6. Revenimiento.....	19

2.3. NORMATIVA APLICADA PARA EL DISEÑO DE HORMIGÓN CON MATERIAL RECICLADO	19
2.3.1. Cemento.....	19
2.3.2. Agregado Fino	20
2.3.3. Agregado Reciclado como reemplazo del Agregado Grueso.....	20
2.3.4. Curado	20
2.3.5. Resistencia a la Compresión.....	20
2.4. PROCESO METODOLÓGICO PARA EL DISEÑO DE HORMIGÓN CON MATERIAL RECICLADO	20
2.4.1. Densidad del Cemento	20
2.4.2. Peso Volumétrico Suelto (Agregado Fino y Agregado Reciclado)	21
2.4.3. Peso Volumétrico Varillado del Agregado Reciclado	21
2.4.4. Densidad y Porcentaje de Absorción para Agregado Fino.....	21
2.4.5. Densidad y Porcentaje de Absorción para el Agregado Reciclado	21
2.4.6. Análisis Granulométrico del Agregado Fino.....	22
2.4.7. Análisis Granulométrico del Agregado Reciclado	22
3. RESULTADOS DEL DISEÑO DE HORMIGÓN CON MATERIAL RECICLADO	23
3.1. Material Reciclado - Escombros de Hormigón a 210 kgf/cm ² - A/C = 0.6.....	23
3.2. Material Reciclado - Escombros de Ladrillo a 210 kgf/cm ² - A/C = 0.6.....	23
3.3. Material Reciclado - Escombros de Bloque a 210 kgf/cm ² – A/C = 0.6.....	23
4. CONCLUSIONES	24
5. RECOMENDACIONES.....	25
6. BIBLIOGRAFÍA	26
7. ANEXOS	28
7.1. Resultados de los ensayos realizados en el Laboratorio de Comportamiento de Materiales de la F.I.C.....	28
7.2. Memoria Técnica del Diseño de Hormigón con Material Reciclado	33
7.2.1 Diseño de Hormigón con Material Reciclado (Escombro de Hormigón)	33
7.2.2 Diseño de Hormigón con Material Reciclado (Escombro de Ladrillo).....	36
7.2.3 Diseño de Hormigón con Material Reciclado (Escombro de Bloque).....	39
7.3. Memoria Fotográfica de los Ensayos en Laboratorio	42

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 2.1.1. Cemento Holcim Fuerte Tipo GU	15
---	----

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1.3 Especificaciones de gradación del Agregado Fino	16
Tabla 2.1.4 Especificaciones de gradación del Agregado Grueso	16
Tabla 2.2.5 Relación A/C para diferentes resistencias a compresión	18
Tabla 2.2.6 Agua en kg/cm ³ de concreto para tamaños de agregados.....	19
Tabla 3.1 Resultados del Diseño de Hormigón con escombros de hormigón a A/C 0.6	23
Tabla 3.2 Resultados del Diseño de Hormigón con escombros de ladrillo a A/C 0.6 ...	23
Tabla 3.3 Resultados del Diseño de Hormigón con escombros de bloque a A/C 0.6....	23
Tabla 7.1.1 Densidad del Cemento Holcim Fuerte Tipo GU	28
Tabla 7.1.2 Peso Volumétrico Suelto para Agregado Fino	28
Tabla 7.1.3 Peso Volumétrico Suelto y Varillado del Agregado Reciclado – Escombro de Hormigón	28
Tabla 7.1.4 Peso Volumétrico Suelto y Varillado del Agregado Reciclado – Escombro de Ladrillo.....	29
Tabla 7.1.5 Peso Volumétrico Suelto y Varillado del Agregado Reciclado – Escombro de Bloque	29
Tabla 7.1.6 Densidad y Porcentaje de Absorción del Agregado Fino	29
Tabla 7.1.7 Densidad y Porcentaje de Absorción del Agregado Reciclado – Escombro de Hormigón	30
Tabla 7.1.8 Densidad y Porcentaje de Absorción del Agregado Reciclado – Escombro de Ladrillo.....	30
Tabla 7.1.9 Densidad y Porcentaje de Absorción del Agregado Reciclado – Escombro de Bloque	31
Tabla 7.1.10 Análisis Granulométrico del Agregado Fino.....	31
Tabla 7.1.11 Análisis Granulométrico del Agregado Reciclado – Escombro de Hormigón.....	32
Tabla 7.1.12 Análisis Granulométrico del Agregado Reciclado – Escombro de Ladrillo	32
Tabla 7.1.13 Análisis Granulométrico del Agregado Reciclado – Escombro de Bloque	33
Tabla 7.2.1.1 Propiedades de Agregado Reciclado y Agregado Fino.....	33
Tabla 7.2.1.2 Peso, densidad y Coeficiente V.A.G.C	33
Tabla 7.2.1.3 Volumen para 1 m ³	34
Tabla 7.2.1.4 Peso en kg del material para 1 m ³	34
Tabla 7.2.1.5 Peso en kg del material para 3 cilindros.....	34
Tabla 7.2.1.6 Peso en kg del material para 1 saco de cemento.....	34
Tabla 7.2.1.7 Dosificación en volumen Parihuelas.....	35
Tabla 7.2.1.8 Resistencia a la Compresión en kN del Escombro de Hormigón	35
Tabla 7.2.1.9 Resistencia a la Compresión en kgf/cm ² del Escombro de Hormigón	36
Tabla 7.2.2.1 Propiedades de Agregado Reciclado y Fino.....	36
Tabla 7.2.2.2 Peso, densidad y Coeficiente V.A.G.C	36

Tabla 7.2.2.3 Volumen para 1 m ³	36
Tabla 7.2.2.4 Peso en kg del material para 1 m ³	37
Tabla 7.2.2.5 Peso en kg del material para 3 cilindros.....	37
Tabla 7.2.2.6 Peso en kg del material para 1 saco de cemento.....	37
Tabla 7.2.2.7 Dosificación en volumen Parihuelas.....	37
Tabla 7.2.2.8 Resistencia a la Compresión en kN del Escombros de Ladrillo.....	38
Tabla 7.2.2.9 Resistencia a la Compresión en kgf/cm ² del Escombros de Ladrillo	38
Tabla 7.2.3.1 Propiedades de Agregado Reciclado y Fino.....	39
Tabla 7.2.3.2 Peso, densidad y Coeficiente V.A.G.C	39
Tabla 7.2.3.3 Volumen para 1 m ³	39
Tabla 7.2.3.4 Peso en kg del material para 1 m ³	39
Tabla 7.2.3.5 Peso en kg del material para 3 cilindros.....	40
Tabla 7.2.3.6 Peso en kg del material para 1 saco de cemento.....	40
Tabla 7.2.3.7 Dosificación en volumen Parihuelas.....	40
Tabla 7.2.3.8 Resistencia a la Compresión en kN del Escombros de Bloque.....	41
Tabla 7.2.3.9 Resistencia a la Compresión en kgf/cm ² del Escombros de Bloque.....	41

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexos 1. Densidad del Cemento	42
Anexos 2 Peso Volumétrico Suelto de Escombros.....	42
Anexos 3. Peso Volumétrico Varillado de Escombros	43
Anexos 4. Peso Volumétrico Suelto de la Arena.....	43
Anexos 5. Densidad y Porcentaje de Absorción de Escombros - Hormigón	44
Anexos 6. Densidad y Porcentaje de Absorción de Escombros - Bloque.....	44
Anexos 7. Densidad y Porcentaje de Absorción de Escombros - Ladrillo.....	45
Anexos 8. Densidad y Absorción del Agregado Fino	46
Anexos 9. Granulometría de los Escombros (Hormigón, Ladrillo y Bloque).....	47
Anexos 10. Granulometría del Agregado Fino.....	47
Anexos 11. Preparación y Vaciado del Hormigón Reciclado	48
Anexos 12. Desencofrado y Curado de los Especímenes	49
Anexos 13. Ensayo a la Compresión de los Especímenes a diferentes edades de curado (7, 14 y 28 días).....	49

INTRODUCCIÓN

A nivel mundial la aplicación y el uso del Hormigón cada vez es más relevante, esto se debe al incremento de las sociedades que buscan expandirse dentro de una determinada zona, negocios que tienen que ver con la construcción, entidades sean estas privada o gubernamentales que buscan realizar obras civiles. De la misma manera los grandes institutos internacionales que se encargan de las normativas constructivas dan una guía esencial para la correcta aplicación del Diseño de Hormigón en base a ensayos de laboratorios.

En la extensa área de la construcción la fabricación del hormigón debe ser cuidadosa con la finalidad de tener la calidad esperada y deseada. Para esto el Instituto Americano del Concreto (ACI) nos manifiesta que el hormigón se fabrique en zonas especializadas por motivos de obtener una calidad óptima lo cual no ocurre en nuestro país.

Por este motivo se exige que la dosificación para una mezcla de hormigón se la realice mediante el peso debido a que se presentan variaciones en el Contenido de Humedad, Peso Específico y Absorción, además la calidad de los agregados es otro punto que no se puede confiar al momento de fabricar hormigón.

Mucho de los casos el estado de los agregados en obra es incierto por lo que depender de la dosificación al volumen es un riesgo que puede incurrir en grandes variaciones en la cantidad de material que se usaría para el diseño.

Por eso al elaborar mezclas de hormigón con material reciclado se debe analizar y tener en cuenta las propiedades del material que componen al hormigón como, por ejemplo: la caracterización del material reciclado usado como Agregado Grueso y la arena como Agregado Fino. El resultado de una buena dosificación ayudará a una correcta preparación del hormigón obteniendo la calidad y la resistencia deseada.

La correcta gestión de estos materiales reciclados permitirá el crecimiento económico y mejorar al medioambiente, se ha demostrado que es posible reemplazar material reciclado procedente de demoliciones con el material procedente de canteras consiguiendo diseño de hormigones idóneos para subbase de carreteras, barreras de contención, etc., dando paso a nuevas tecnologías innovadoras que beneficiarán al mercado constructivo. [1]

1. DIAGNÓSTICO DEL PROBLEMA

1.1. Planteamiento del Problema

En la actualidad, la sostenibilidad del planeta y los recursos mismos exigen a la industria de la construcción la búsqueda de nuevas alternativas y el concreto reciclado es una de las opciones más viables para el cuidado del ambiente. [2] Por esta razón, el proyecto en cuestión busca mediante la experimentación en laboratorio la reutilización de material reciclado (hormigón, ladrillo y bloque) como alternativa para reemplazar el agregado grueso cotidiano (grava).

1.2. Justificación del Problema

Existe una constante búsqueda de mejora de la calidad de los concretos a partir de materiales reciclados, bloques de cemento y concreto procedente de actividades de demolición son de los materiales más estudiados, también los ladrillos cerámicos, cauchos, plástico e incluso vidrios han sido integrados en los diseños de mezclas de manera parcial o total como agregados. [3]

Con el análisis en laboratorio de algunos de estos materiales reciclados se pudo conocer sus propiedades mecánicas y físicas para su posterior uso en el diseño del hormigón con material reciclado.

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo General

- Diseñar hormigones utilizando material reciclado correspondiente a escombros de obras civiles.

1.3.2. Objetivos Específicos

- Efectuar los ensayos correspondientes para el material reciclado y para el agregado fino bajo la metodología de la Norma INEN.
- Aplicar la Norma ACI para el desarrollo y cálculo de los Diseños de Hormigones con material reciclado.
- Ensayar los diseños de hormigones con material reciclado a diferentes tiempos de curado.

2. MARCO TEÓRICO

2.1. COMPOSICIÓN DEL HORMIGÓN CON MATERIAL RECICLADO

2.1.1. Cemento

En el Ecuador mayormente se utiliza el cemento Tipo GU (+1) para la fabricación del hormigón para uso general y que va en concordancia con la normativa NTE INEN 2380 basada en la norma ASTM (2020). [4]

Por este motivo para el presente proyecto se utilizó el cemento hidráulico HOLCIM FUERTE Tipo GU (Ilustración 2.1.1) debido a su cumplimiento con la norma NTE INEN 2380 y de su compromiso con el medio ambiente al tener una reducción de 30% de emisión de CO₂.



Ilustración 2.1.1. Cemento Holcim Fuerte Tipo GU

Fuente: Holcim

2.1.2. Agua

La NTE INEN 1855-1 aclara que el agua para la mezcla debe ser limpia, no tener presencia de aceites, sales, ácidos o cualquier sustancia que pueda a llegar alterar o dañar al hormigón. [5]

2.1.3. Agregado Fino

El Agregado Fino o también denominado como arenas son aquellos que pasan a través del tamiz #4 (4,76 mm). Para poder ser empleado para hormigón debe ser compuesto de

arena natural, arena triturada o una combinación de estas y su módulo de finura debe encontrarse entre 2,3 y 3,1. [6]

En la Tabla 2.1.3 se detallan los tamices que se usan para el proceso de granulometría del agregado fino y del porcentaje pasante que este debe cumplir.

Tabla 2.1.3 Especificaciones de gradación del Agregado Fino

Tamiz (Especificación E 11)	Porcentaje Pasando (%)
9.5 mm (3/8 in)	100
4.75 mm (No. 4)	95 a 100
2.36 mm (No. 8)	80 a 100
1.18 mm (No. 16)	50 a 85
600 µm (No. 30)	25 a 60
300 µm (No. 50)	5 a 30
150 µm (No. 100)	0 a 10

Fuente: ASTM C33-03

2.1.4. Agregado Grueso correspondiente al Material Reciclado.

En general al agregado grueso es todo material triturado que supera el tamiz #4, en la Tabla 2.1.4 se expresa la relación entre el tamaño nominal del tamiz y el porcentaje del material que debe pasar. Por su parte, los agregados reciclados son aquellos que provienen de la recuperación de demoliciones en obras de construcción. [6]

En el año 1985 el American Concrete Institute (ACI) crea el comité 555 “Concreto con Material Reciclado” donde existen numerosas investigaciones sobre el comportamiento de los áridos reciclados a partir del reciclaje de estructuras demolidas. [7]

Tabla 2.2.4 Especificaciones de gradación del Agregado Grueso

Número De Tamaño	Tamaño Nominal (Tamices con abertura cuadrada)	Cantidades más finas que Cada Tamiz de Laboratorio (Abertura Cuadrada), Porcentaje Masa												
		100 mm (4 pulg)	90 mm (3½ pulg)	75 mm (3 pulg)	63 mm (2½ pulg)	50 mm (2 pulg)	37.5 mm (1½ pulg)	25 mm (1 pulg)	19 mm (¾ pulg)	12.5 mm (½ pulg)	9.5 mm (¾ pulg)	4.75 mm (No. 4)	2.36 mm (No. 8)	1.18 mm (No. 16)
1	90 a 37.5 mm	100	90 a 100	...	25 a 60	...	0 a 15	...	0 a 5	...	...	...	...	...
2	63 a 37.5 mm	...	...	100	90 a 100	35 a 70	0 a 15	...	0 a 5	...	...	...	...	...
3	50 a 25 mm	...	...	...	100	90 a 100	35 a 70	0 a 15	...	0 a 5	...	...	...	...
357	50 a 4.75 mm	...	...	...	100	95 a 100	...	35 a 70	...	10 a 30	...	0 a 5	...	...
4	37.5 a 19 mm	...	...	...	...	100	90 a 100	20 a 55	0 a 15	...	0 a 5	...	...	...
467	37.5 a 4.75 mm	...	...	...	...	100	95 a 100	...	35 a 70	...	10 a 30	0 a 5	...	...
5	25 a 12.5 mm	...	...	...	...	...	100	90 a 100	20 a 55	0 a 10	0 a 5	...	...	...
56	25 a 9.5 mm	...	...	...	...	...	100	90 a 100	40 a 85	10 a 40	0 a 15	0 a 5	...	...
57	25 a 4.75 mm	...	...	...	...	...	100	95 a 100	...	25 a 60	...	0 a 10	0 a 5	...
6	19 a 9.5 mm	...	...	...	...	...	...	100	90 a 100	20 a 55	0 a 15	0 a 5	...	...
67	19 a 4.75 mm	...	...	...	...	...	...	100	90 a 100	...	20 a 55	0 a 10	0 a 5	...
7	12.5 a 4.745 mm	...	...	...	...	...	...	...	100	90 a 100	40 a 70	0 a 15	0 a 5	...
8	9.5 a 2.36 mm	...	...	...	...	...	...	...	...	100	85 a 100	10 a 30	0 a 5	0 a 5

Fuente: ASTM C33-03

2.2. CONCEPTUALIZACIÓN DE PROPIEDADES Y CARACTERÍSTICAS DEL DISEÑO DE HORMIGÓN CON MATERIAL RECICLADO

2.2.1. Características de los Agregados Reciclados como reemplazo del Agregado Grueso

La ACI 211.1 nos menciona que los agregados gruesos de tamaño máximo nominal más pequeño proporcionan mayor resistencia potencial en el concreto, este a su vez exigen contenidos de agua mayores. Por eso se recomienda usar tamaños de agregados menores si se quiere alcanzar grandes resistencias. En el caso del agregado fino nos menciona que la mezcla de arena de diferentes fuentes nos permitirá optimizar la granulometría y conseguir incrementos de resistencias. [8]

2.2.2. Condiciones del Curado

La NTE INEN 3124 nos aclara que una vez vaciados la mezcla en los moldes se es recomendable cubrirlos para evitar la evaporación súbita del agua, esto se lo puede hacer con la ayuda de una placa o un plástico impermeable. [9]

El curado es uno de los factores que se toman en cuenta para un correcto diseño de hormigón, y que si este proceso se lo hace mal se podría incurrir en una reducción del 30% de la resistencia por este motivo es recomendable realizarlo durante 28 días. [8]

2.2.3. Uso del Material Reciclado en la sociedad

El uso del material reciclado implica romper, remover y triturar estructuras a un tamaño y calidad especificados por la normativa. Reciclar el concreto actualmente ayuda a la sostenibilidad y al desarrollo mediante la protección de los recursos naturales y de la reducción de la eliminación de los residuos en construcción. [10]

La particularidad de estos materiales reciclados es que tienen mayor absorción de agua y menor gravedad específica comparados con los áridos normales.

2.2.4. Inconvenientes al usar Material Reciclado dentro de una mezcla de Hormigón

En definitiva, el hormigón que se elabore con agregados reciclados puede manifestar menos durabilidad debido a su alto volumen de poros que conducen a una alta permeabilidad y absorción del agua.

Esto puede tenerse en cuenta durante la etapa de diseño ajustando la mezcla de agua que será absorbida por el agregado reciclado, muchas otras investigaciones muestran el uso de material cementicios usados como complemento para mejorar la durabilidad del hormigón. [11]

2.2.5. Relación A/C

Actualmente la durabilidad de las estructuras de concreto está asociado a la relación entre el agua y el cemento (A/C), además que entre más bajo sea esta relación A/C la resistencia que se conseguirá será mayor.

En algunas ocasiones los problemas de durabilidad del hormigón se las asocia con la porosidad y permeabilidad de los agregados y del grado de hidratación que tenga el cemento, así como el volumen de aire atrapado. [12]

Para el presente proyecto se optó por tomar la relación A/C de 0.6, valor dado por la normativa ACI 211.1 y que se detalla en la tabla 2.2.5.

Tabla 2.3 Relación A/C para diferentes resistencias a compresión

Relación A/C	Resistencia kgf/cm ²
0.70	140
0.65	190
0.60	210
0.55	250
0.50	290
0.45	310
0.40	350
0.35	390
0.30	410

Fuente: ACI 211.1

2.2.6. Revenimiento

El revenimiento no es más que altura existente entre capa superior de la mezcla de hormigón con la parte superior de molde y su valor es expresado en cm y depende mucho de la cantidad agua con la que se haya diseñado inicialmente.

Cuando se requiere realizar un estudio de trabajabilidad del hormigón en estado fresco se debe tener en cuenta el revenimiento debido a su relación con la resistencia al esfuerzo de la compresión, con el fin de determinar valores de desempeños. [13]

Los valores que se usaron para el trabajo están plasmados en la tabla 2.2.6, para el asunto del revenimiento se tomó el de 15-17.5 cm con un tamaño máximo del material de 1 in o 25 mm colocándole una cantidad de agua de 202 y con un porcentaje de aire de 1.5%.

Tabla 2.4 Agua en kg/cm³ de concreto para tamaños de agregados.

Revenimiento (cm)	Tamaño máximo de la grava (mm)							
	9.5	12.5	19	25	38	50	75	150
Concreto sin aire incluido								
2.5 -> 5	207	199	190	179	166	154	130	113
7.5 -> 10	228	216	205	193	181	169	145	124
15 -> 17.5	243	228	216	202	190	178	160	---
Aire atrapado aprox. (%)	3	2.5	2	1.5	1	0.5	0.3	0.2
Concreto con aire incluido								
2.5 -> 5	181	175	168	160	150	142	122	107
7.5 -> 10	202	193	184	175	165	157	133	119
15 -> 17.5	216	205	197	174	174	166	154	---
Promedio recomendado de aire a incluir según el tipo de exposición (%)								
Exposición Ligera	4.5	4	3.5	3	2.5	2	1.5	1
Exposición Moderada	6	5.5	5	4.5	4.5	4	3.5	3
Exposición Severa	7.5	7	6	6	5.5	5	4.5	4

Fuente: ACI 211.1

2.3. NORMATIVA APLICADA PARA EL DISEÑO DE HORMIGÓN CON MATERIAL RECICLADO

2.3.1. Cemento

Densidad del Cemento – NTE INEN 156

2.3.2. Agregado Fino

Peso Volumétrico Suelto – **NTE INEN 858**

Densidad y Porcentaje de Absorción – **NTE INEN 856**

Análisis Granulométrico – **NTE INEN 696**

2.3.3. Agregado Reciclado como reemplazo del Agregado Grueso

Peso Volumétrico Suelto y Varillado – **NTE INEN 858**

Densidad y Porcentaje de Absorción – **NTE INEN 857**

Análisis Granulométrico – **NTE INEN 696**

2.3.4. Curado

Curado de los especímenes de Hormigón - **NTE INEN 3124**

2.3.5. Resistencia a la Compresión

Determinación de la resistencia a la compresión de especímenes - **NTE INEN 1573**

2.4. PROCESO METODOLÓGICO PARA EL DISEÑO DE HORMIGÓN CON MATERIAL RECICLADO

2.4.1. Densidad del Cemento (Ver Anexo1)

- Pesar 64 gr de cemento
- Colocar gasolina dentro del frasco Chatelier hasta encerarlo
- Agregar los 64 gr de cemento dentro del frasco con la gasolina y tomamos el volumen final

2.4.2. Peso Volumétrico Suelto (Agregado Fino y Agregado Reciclado) (Ver Anexo 2 y 4)

- Pesar y obtener el volumen con la medición de la sección del recipiente a usar
- Vaciar el material hasta llenarlo y luego enrasarlo con la varilla
- Pesar el recipiente con el material

2.4.3. Peso Volumétrico Varillado del Agregado Reciclado (Ver Anexo 3)

- Pesar y obtener el volumen con la medición de la sección del recipiente a usar
- Vaciar y compactar el material dando 25 golpes por cada tercera parte del recipiente, al final enrasamos con la varilla
- Pesar el recipiente con el material

2.4.4. Densidad y Porcentaje de Absorción para el Agregado Fino (Ver Anexo 8)

- Dejar la arena durante 24 horas sumergida en agua.
- Se escurre el agua y se procede a regarlo sobre papel periódico.
- Con la ayuda de una secadora se procede a secarla y para ir comprobando se utiliza el cimacio en el cual se vierte la arena por capas, la primera y segunda capa se compactará con 8 golpes, la tercera capa con 7 golpes.
- Se retira el cono y se comprueba que el desplazamiento de la arena sea mínimo de esta manera se determina si esta superficialmente seca.
- De la muestra superficialmente seca se pesa 500 gr.
- Colocamos agua en el matraz hasta encerrarlo y lo pesamos en la balanza.
- Con un embudo se va echando los 500 gr de arena dentro del matraz con agua y se pesa en la balanza.
- Luego se retira la arena del matraz y se coloca en un recipiente para llevarlo al horno por 24 horas, finalmente se pesa la arena seca.

2.4.5. Densidad y Porcentaje de Absorción para el Agregado Reciclado (Ver Anexo 5, 6 y 7)

- Se sumerge el material en agua por 24 horas en recipientes.

- Se esparce el material y con una franela se va secando hasta que no haya presencia de películas de agua.
- Pesamos el recipiente con el material superficialmente seco.
- Pesamos la canastilla sumergiéndola en el tanque agua.
- Luego se coloca el material dentro de la canastilla y se procede a sumergirla para saber su peso
- Finalmente se saca el material y se lo lleva al horno durante 24 horas para poder tener el valor del peso seco.

2.4.6. Análisis Granulométrico del Agregado Fino (Ver Anexo 10)

- Tomamos 500 ó 1000 gr del material procedente del cuarteo.
- Se procede a colocar los tamices de la siguiente manera: 3/8 in, #4, #8, #16, #30, #50, #100, #200 y fondo.
- Se coloca en la tamizadora para finos y se espera 2 min.
- Se pesa el material retenido en cada uno de los tamices con la ayuda de una balanza.

2.4.7. Análisis Granulométrico del Agregado Reciclado (Ver Anexo 9)

- Tomamos 5000 gr del material procedente del cuarteo.
- Se procede a colocar los tamices de la siguiente manera: 1 ½ in, 1 in, ¾ in, ½ in, 3/8 in, #4 y fondo.
- Se coloca en la tamizadora para gruesos y se espera 2 min.
- Se pesa el material retenido en cada uno de los tamices con la ayuda de una balanza.

3. RESULTADOS DEL DISEÑO DE HORMIGÓN CON MATERIAL RECICLADO

3.1. Material Reciclado - Escombros de Hormigón a 210 kgf/cm² - A/C = 0.6

Tabla 3.1 Resultados del Diseño de Hormigón con escombros de hormigón a A/C 0.6

MATERIAL RECICLADO - ESCOMBRO DE HORMIGÓN					
Días de Curado	Resistencia en kN	Resistencia en kgf/cm ²	Peso (gr)	Volumen (cm ³)	Densidad (gr/cm ³)
7 días (70%)	240.15	138.67	11800.00	5301.44	2.23
14 días (80%)	276.95	159.92			
28 días (100%)	334.55	193.18			

3.2. Material Reciclado - Escombros de Ladrillo a 210 kgf/cm² - A/C = 0.6

Tabla 3.2 Resultados del Diseño de Hormigón con escombros de ladrillo a A/C 0.6

MATERIAL RECICLADO - ESCOMBRO DE LADRILLO					
Días de Curado	Resistencia en kN	Resistencia en kgf/cm ²	Peso (gr)	Volumen (cm ³)	Densidad (gr/cm ³)
7 días (70%)	232.17	134.06	10900.00	5301.44	2.06
14 días (80%)	260.12	150.20			
28 días (100%)	315.72	182.31			

3.3. Material Reciclado - Escombros de Bloque a 210 kgf/cm² - A/C = 0.6

Tabla 3.3 Resultados del Diseño de Hormigón con escombros de bloque a A/C 0.6

MATERIAL RECICLADO - ESCOMBRO DE BLOQUE					
Días de Curado	Resistencia en kN	Resistencia en kgf/cm ²	Peso (gr)	Volumen (cm ³)	Densidad (gr/cm ³)
7 días (70%)	226.30	130.67	9500.00	5301.44	1.79
14 días (80%)	249.21	143.90			
28 días (100%)	301.81	174.28			

4. CONCLUSIONES

- Mediante los ensayos realizados al agregado reciclado se pudo conocer las propiedades físicas y mecánicas, además se evidenció que estos agregados reciclados poseen un gran porcentaje de absorción para los escombros de hormigón se obtuvo un 11.94% de absorción, para los escombros de ladrillo un 23.494% de absorción y finalmente para los escombros de bloque un 22.783% de absorción comparados con el agregado grueso habitual usado en obra.
- La guía de diseño de hormigones que nos proporciona la norma ACI 211.1 posee un alto margen de fiabilidad para el desarrollo y obtención de dosificaciones ya que nos proporcionan tablas como, por ejemplo: Relación A/C, revenimientos, etc., los cuales ayudan a proponer diseños de mezclas de hormigón que alcancen ciertas resistencias, en el caso nuestro se propuso obtener diseños de hormigón con material reciclado que alcancen una resistencia de 210 kgf/cm² a los 28 días de curado.
- Los resultados a esfuerzos de compresión que se obtuvieron al finalizar los 28 días de curados con una proyección de 210 kgf/cm² son los siguientes, para el diseño con escombros de Hormigón se obtuvo 193.18 kgf/cm², para el diseño con escombros de ladrillo 182.31 kgf/cm², finalmente para el diseño con escombros de bloques 174.28 kgf/cm².

5. RECOMENDACIONES

- Manipular correctamente los materiales y equipos usados para los diferentes ensayos para evitar afectaciones en los resultados finales de las prácticas.
- Se recomienda hacer una limpieza y engrasado de los moldes cilíndricos para evitar deformación de los cilindros de hormigón, además realizar el correcto varillado por capas al momento de verter la mezcla y para evitar espacios vacíos dar 25 golpes con el martillo de caucho por capas con esto se logrará una óptima compactación.
- En base a los resultados se recomienda el uso de escombros de hormigón y ladrillo para la elaboración de muro de hormigón ciclópeo o replantillo los cuales requieren una resistencia baja de 180 kgf/cm², para el caso del escombro de bloque se podría optar por utilizar en pisos o en otros lugares donde se busque alivianar cargas.

6. BIBLIOGRAFÍA

- [1] Sindy Sofía Suárez Silgado, Carolina Betancourt Quiroga, Juan Molina Benavides, Leandro Mahecha Vanegas, «La gestión de los residuos de construcción y demolición en Villavicencio: estado actual, barreras e instrumentos de gestión,» *Scielo*, vol. 15, nº 1, pp. 224-244, 2019.
- [2] Lia Lorena Pimentel, Giovanna Falzetta Rizzo, Ana Elisabete Paganelli Guimarães de Avila Jacintho, Patrícia Stella Pucharelli Fontanini, «Concrete produced with recycled aggregate: a durability analysis for structural use,» *Scielo*, vol. 13, nº 6, pp. 1-17, 2020.
- [3] Hernán Xargay, Marianela Ripani, Antonio Caggiano, Paula Folino, Enzo Martinelli, «Uso de materiales reciclados en compuestos cementicios,» *Redalyc*, vol. 23, nº 60, pp. 38-51, 2019.
- [4] Jorge L. Santamaría, Byron Adame, César Bermeo, «Influencia de la calidad de los agregados y tipo de cemento en la resistencia a la compresión del hormigón dosificado al volumen,» *Scielo*, vol. 4, nº 1, pp. 91-101, 2021.
- [5] NTE INEN 1855-1:2016-10, «Hormigones. Hormigón Premezclado. Requisitos,» Quito, 2016.
- [6] Óscar Palacio León, Álvaro Chávez Porras, Yessica Liceth Velásquez Castiblanco, «Evaluación y comparación del análisis granulométrico obtenido de agregados naturales y reciclados,» *Redalyc*, vol. 23, nº 53, pp. 96-106, 2017.
- [7] Carlos Bedoya, Luis Dzul, «Concrete with recycled aggregates as urban sustainability,» *Scielo*, vol. 30, nº 2, pp. 99-108, 2015.
- [8] Liset León Consuegra, Lázaro Osmany Torres Mojena & Carlos Rodríguez García, «Disminución del contenido de cemento a partir de un diseño de mezcla en la Unidad de Servicios Básicos Hormigón,» *Redalyc*, vol. 14, nº 2, pp. 1-15, 2020.
- [9] Luis Daniel Zambrano Navarrete; Ronnie Jefferson Alava Santos; Wilter Enrique Ruíz Párraga & Edgar Antonio Menéndez Menéndez, «Aplicación de Métodos de

- Curado y su influencia en la resistencia a la compresión del Hormigón,» *Redalyc*, vol. 23, nº 1, pp. 35-47, 2022.
- [10] Shahiron Shahidan, Mohamad Azim Mohammad Azmi, Kumanan Kupusamy, Sharifah Salwa Mohd Zuki & Noorwirdawati Ali, «Utilizing Construction and Demolition (C&D) Waste as Recycled Aggregates (RA) in Concrete,» *ScienceDirect*, vol. 11, nº 8, pp. 1028-1035, 2017.
- [11] Sherif Yehia, Kareem Helal, Anaam Abusharkh, Amani Zaher, and Hiba Istaitiyeh, «Strength and Durability Evaluation of Recycled Aggregate Concrete,» *International Journal of Concrete Structures and Materials*, vol. 9, nº 2, pp. 219-239, 2015.
- [12] Solís Carcaño Rómel Gilberto & Alcocer Fraga Miguel Angel, «Durabilidad del concreto con agregados de alta absorción,» *Redalyc*, vol. 10, nº 4, pp. 1-13, 2019.
- [13] Bedoya Montoya Carlos Mauricio, «Incidencias del contenido de agua en la trabajabilidad, resistencia a la compresión y durabilidad del concreto.,» *Redalyc*, vol. 11, nº 1, pp. 1-9, 2017.

7. ANEXOS

7.1. Resultados de los ensayos realizados en el Laboratorio de Comportamiento de Materiales de la F.I.C.

Tabla 7.1 Densidad del Cemento Holcim Fuerte Tipo GU

DENSIDAD DEL CEMENTO	
w cemento (gr)	64
Volumen Inicial Vi (cm3)	0
Volumen Final Vf (cm3)	21.4
V=Vf-Vi	21.4
Densidad (gr/cm3)	2.99

Tabla 7.2 Peso Volumétrico Suelto para Agregado Fino

MASA UNITARIA SUELTA - ARENA		
Datos del Molde	Diametro (cm)	15
	Altura (cm)	15.1
	Peso (kg)	2,43
Datos del Ensayo	w molde (kg)	2,43
	w molde + arena (kg)	6.141
	w arena (kg)	3.627
	Volumen Molde (m3)	0.002668
	P.V.S (kg/m3)	1359.25
	P.V.S (gr/cm3)	1.359

Tabla 7.3 Peso Volumétrico Suelto y Varillado del Agregado Reciclado – Escombros de Hormigón

PESO VOLUMÉTRICO SUELTO - ESCOMBRO DE HORMIGÓN		
Datos del Molde	Diametro (cm)	25.1
	Altura (cm)	27.5
	Peso (kg)	8.805
Datos del Ensayo	w molde (kg)	8.805
	w molde + hormigón (kg)	23.053
	w hormigón (kg)	14.248
	Volumen Molde (m3)	0.013607
	P.V.S (kg/m3)	1047.07
	P.V.S (gr/cm3)	1.047

PESO VOLUMÉTRICO VARILLADO - ESCOMBRO DE HORMIGÓN		
Datos del Molde	Diametro (cm)	25.1
	Altura (cm)	27.5
	Peso (kg)	8.805
Datos del Ensayo	w molde (kg)	8.805
	w molde + hormigón (kg)	25.822
	w hormigón (kg)	17.017
	Volumen Molde (m3)	0.013607
	P.V.V (kg/m3)	1250.58
	P.V.V (gr/cm3)	1.251

Tabla 7.4 Peso Volumétrico Suelto y Varillado del Agregado Reciclado – Escombro de Ladrillo

PESO VOLUMÉTRICO SUELTO - ESCOMBRO DE LADRILLO		
Datos del Molde	Diametro (cm)	25.1
	Altura (cm)	27.5
	Peso (kg)	8.805
Datos del Ensayo	w molde (kg)	8.805
	w molde + ladrillo (kg)	19.467
	w ladrillo (kg)	10.662
	Volumen Molde (m3)	0.013607
	P.V.S (kg/m3)	783.58
	P.V.S (gr/cm3)	0.784

PESO VOLUMÉTRICO VARILLADO - ESCOMBRO DE LADRILLO		
Datos del Molde	Diametro (cm)	25.1
	Altura (cm)	27.5
	Peso (kg)	8.805
Datos del Ensayo	w molde (kg)	8.805
	w molde + ladrillo (kg)	21.416
	w ladrillo (kg)	12.611
	Volumen Molde (m3)	0.013607
	P.V.V (kg/m3)	926.79
	P.V.V (gr/cm3)	0.927

Tabla 7.5 Peso Volumétrico Suelto y Varillado del Agregado Reciclado – Escombro de Bloque

PESO VOLUMÉTRICO SUELTO - ESCOMBRO DE BLOQUE		
Datos del Molde	Diametro (cm)	25.1
	Altura (cm)	27.5
	Peso (kg)	8.805
Datos del Ensayo	w molde (kg)	8.805
	w molde + bloque (kg)	17.669
	w bloque (kg)	8.864
	Volumen Molde (m3)	0.013607
	P.V.S (kg/m3)	651.39
	P.V.S (gr/cm3)	0.651

PESO VOLUMÉTRICO VARILLADO - ESCOMBRO DE BLOQUE		
Datos del Molde	Diametro (cm)	25.1
	Altura (cm)	27.5
	Peso (kg)	8.805
Datos del Ensayo	w molde (kg)	8.805
	w molde + bloque (kg)	19.795
	w bloque (kg)	10.990
	Volumen Molde (m3)	0.013607
	P.V.V (kg/m3)	807.68
	P.V.V (gr/cm3)	0.808

Tabla 7.6 Densidad y Porcentaje de Absorción del Agregado Fino

Volumen de la Muestra		
Peso del agregado sss (gr)	D	516.27
Peso del Matraz+agua (gr)	G	696.12
Peso del Matraz+agua+agregado sss (gr)	H	1008.10
Volumen de la Muestra	$I=(D+G)-H$	204.29

DENSIDAD ESPECÍFICA DEL AGREGADO FINO - ARENA MATERIAL QUE PASA EL TAMIZ N° 4 Y ES RETENIDO EN EL TAMIZ N° 200		
MUESTRA N°		1
Peso del Matraz (g)	A	179.83
Peso del recipiente (g)	B	56.31
Peso del Rec + agregado sss (g)	C	572.58
Peso del agregado sss (g)	D	516.27
Peso del Rec + Peso del agregado seco (g)	E	548.10
Peso del agregado seco (g)	F	491.79
Peso del Matraz + Agua (g)	G	696.12
Peso del Matraz + Agua+agregado sss (g)	H	1008.10
Volumen de la Muestra (cm ³)	I	204.29
Densidad del agregado SSS (g/cm ³)	$D_{sss} = D / I$	2.527
Densidad del agregado MASA (g/cm ³)	$D_{masa} = F / I$	2.407
Densidad del agregado APARENTE (g/cm ³)	$D_{ap} = F / (I - (D - F))$	2.735
Porcentaje de Absorción %	$Abs \% = ((D - F) / F) * 100$	4.978

Tabla 7.7 Densidad y Porcentaje de Absorción del Agregado Reciclado – Escombros de Hormigón

DENSIDAD ESPECÍFICA DEL AGREGADO RECICLADO - ESCOMBRO DE HORMIGÓN MATERIAL QUE PASA EL TAMIZ 1/2" Y ES RETENIDO EN EL TAMIZ 3/8"		
MUESTRA N°		1
Peso del recipiente (g)	P1	791.48
Rec + agregado sss (g)	P2	2948.30
Rec + agregado seco (g)	P3	2718.24
Peso de la canastilla sumergida (g)	P4	1048.70
Peso de la canast.+agreg. sumergido (g)	P5	1539.80
Peso del agregado sss (g)	$A = P2 - P1$	2156.82
Peso del agregado sumergido (g)	$B = P5 - P4$	491.10
Volumen del agregado (cm ³)	$C = A - B$	1665.72
Peso del agregado seco (g)	$D = P3 - P1$	1926.76
Densidad del agregado SSS (g/cm ³)	$D_{sss} = A / C$	1.295
Densidad del agregado MASA (g/cm ³)	$D_{masa} = D / C$	1.157
Densidad del agregado APARENTE (g/cm ³)	$D_{ap} = D / (D - B)$	1.342
Porcentaje de Absorción %	$Abs \% = ((A - D) / D) * 100$	11.940
Densidad del agreg. SSS (g/cm ³)	PROMEDIO	1.295
Densidad del agreg. MASA (g/cm ³)	PROMEDIO	1.157
Densidad del agreg. APARENTE (g/cm ³)	PROMEDIO	1.342
Porcentaje de Absorción %	PROMEDIO	11.940

Tabla 7.8 Densidad y Porcentaje de Absorción del Agregado Reciclado – Escombros de Ladrillo

DENSIDAD ESPECÍFICA DEL AGREGADO RECICLADO - ESCOMBRO DE LADRILLO		
MATERIAL QUE PASA EL TAMIZ 1/2" Y ES RETENIDO EN EL TAMIZ 3/8"		
MUESTRA N°		1
Peso del recipiente (g)	P1	784.31
Rec + agregado sss (g)	P2	2259.74
Rec + agregado seco (g)	P3	1979.05
Peso de la canastilla sumergida (g)	P4	1015.90
Peso de la canast.+agreg. sumergido (g)	P5	1742.30
Peso del agregado sss (g)	A = P2 - P1	1475.43
Peso del agregado sumergido (g)	B = P5 - P4	726.40
Volumen del agregado (cm3)	C = A - B	749.03
Peso del agregado seco (g)	D = P3 - P1	1194.74
Densidad del agregado SSS (g/cm3)	Dsss = A / C	1.970
Densidad del agregado MASA (g/cm3)	Dmasa = D / C	1.595
Densidad del agregado APARENTE (g/cm3)	Dap = D / (D - B)	2.551
Porcentaje de Absorción %	Abs % = ((A - D) / D) * 100	23.494
Densidad del agreg. SSS (g/cm3)	PROMEDIO	1.970
Densidad del agreg. MASA (g/cm3)	PROMEDIO	1.595
Densidad del agreg. APARENTE (g/cm3)	PROMEDIO	2.551
Porcentaje de Absorción %	PROMEDIO	23.494

Tabla 7.9 Densidad y Porcentaje de Absorción del Agregado Reciclado – Escombros de Bloque

DENSIDAD ESPECÍFICA DEL AGREGADO RECICLADO - ESCOMBRO DE BLOQUE		
MATERIAL QUE PASA EL TAMIZ 1/2" Y ES RETENIDO EN EL TAMIZ 3/8"		
MUESTRA N°		1
Peso del recipiente (g)	P1	793.43
Rec + agregado sss (g)	P2	2112.75
Rec + agregado seco (g)	P3	1867.94
Peso de la canastilla sumergida (g)	P4	1015.90
Peso de la canast.+agreg. sumergido (g)	P5	1540.10
Peso del agregado sss (g)	A = P2 - P1	1319.32
Peso del agregado sumergido (g)	B = P5 - P4	524.20
Volumen del agregado (cm3)	C = A - B	795.12
Peso del agregado seco (g)	D = P3 - P1	1074.51
Densidad del agregado SSS (g/cm3)	Dsss = A / C	1.659
Densidad del agregado MASA (g/cm3)	Dmasa = D / C	1.351
Densidad del agregado APARENTE (g/cm3)	Dap = D / (D - B)	1.953
Porcentaje de Absorción %	Abs % = ((A - D) / D) * 100	22.783
Densidad del agreg. SSS (g/cm3)	PROMEDIO	1.659
Densidad del agreg. MASA (g/cm3)	PROMEDIO	1.351
Densidad del agreg. APARENTE (g/cm3)	PROMEDIO	1.953
Porcentaje de Absorción %	PROMEDIO	22.783

Tabla 7.10 Análisis Granulométrico del Agregado Fino

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE LA ARENA							
TAMIZ	Milímetros	Cantidad retenida parcial	Cantidad retenida acumulada	PORCENTAJE		ESPECIFICACIONES ASTM C33 % QUE PASA	Observaciones
				Retenido Acumulado	Pasante Acumulado		
3/8 "	9.52	0.00	0.00	0.00	100.00	100	CUMPLE
Nº 4	50	9.87	9.87	0.99	99.01	95 - 100	CUMPLE
Nº 8	23.6	29.24	39.11	3.91	96.09	80 - 100	CUMPLE
Nº 16	1.19	125.45	164.56	16.46	83.54	50 - 85	CUMPLE
Nº 30	600 micron.	396.24	560.80	56.09	43.91	25 - 60	CUMPLE
Nº 50	300 micron.	301.24	862.04	86.22	13.78	10 - 30	CUMPLE
Nº 100	150 micron.	65.22	927.26	92.74	7.26	2 - 10	CUMPLE
Nº 200		69.60	996.86	99.70	0.30	0 - 2	CUMPLE
FONDO		2.96	999.82	100.00	0.00		
TOTAL		999.82					

DENSIDAD D.S.S.S.	2527.29	Kg/m ³
PESO VOLUM. SUELTO	1359.25	Kg/m ³
MODULO DE FINURA	2.564	ESPECIF.: entre 2.30 - 3.10

Tabla 7.11 Análisis Granulométrico del Agregado Reciclado – Escombros de Hormigón

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DEL AGREGADO RECICLADO - ESCOMBRO DE HORMIGÓN								
TAMIZ	Cantidad retenida parcial	Cantidad retenida acumulada	PORCENTAJE		ESPECIFICACIONES NORMA A.S.T.M.			
			Retenido Acumulado	Pasante Acumulado	2 "	1 1/2 "	1 "	3/4 "
2 1/2 "	0.00	0.00	0.00	100.00	100			
2 "	0.00	0.00	0.00	100.00	95 - 100	100		
1 1/2 "	0.00	0.00	0.00	100.00		95 - 100	100	
1 "	885.00	885.00	17.75	82.25	35 - 70		95 - 100	
3/4 "	1825.00	2710.00	54.35	45.65		35 - 70		90 - 100
1/2 "	1235.00	3945.00	79.12	20.88	10 - 30		25 - 60	
3/8 "	522.00	4467.00	89.59	10.41		10 - 30		20 - 55
Nº 4	471.00	4938.00	99.04	0.96	0 - 5	0 - 5	0 - 10	0 - 10
Nº 8	0.00	4938.00	99.04	0.96			0 - 5	0 - 5
FONDO	48.00	4986.00	100.00	0.00				
TOTAL	4986.00							

PESO ANTES DEL TAMIZADO	5000	gr	PAT
PESO DESPUES DEL TAMIZADO	4986.00	gr	PDT
ERROR (PAT-PDT)/PAT*100	0.28	%	

Tabla 7.12 Análisis Granulométrico del Agregado Reciclado – Escombros de Ladrillo

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DEL AGREGADO RECICLADO - ESCOMBRO DE LADRILLO								
TAMIZ	Cantidad retenida parcial	Cantidad retenida acumulada	PORCENTAJE		ESPECIFICACIONES NORMA A.S.T.M.			
			Retenido Acumulado	Pasante Acumulado	2 "	1 1/2 "	1 "	3/4 "
2 1/2 "	0.00	0.00	0.00	100.00	100			
2 "	0.00	0.00	0.00	100.00	95 - 100	100		
1 1/2 "	0.00	0.00	0.00	100.00		95 - 100	100	
1 "	262.00	262.00	5.25	94.75	35 - 70		95 - 100	
3/4 "	1476.00	1738.00	34.85	65.15		35 - 70		90 - 100
1/2 "	1743.00	3481.00	69.80	30.20	10 - 30		25 - 60	
3/8 "	661.00	4142.00	83.06	16.94		10 - 30		20 - 55
Nº 4	702.00	4844.00	97.13	2.87	0 - 5	0 - 5	0 - 10	0 - 10
Nº 8	0.00	4844.00	97.13	2.87			0 - 5	0 - 5
FONDO	143.00	4987.00	100.00	0.00				
TOTAL	4987.00							

PESO ANTES DEL TAMIZADO	5000	gr	PAT
PESO DESPUES DEL TAMIZADO	4987.00	gr	PDT
ERROR (PAT-PDT)/PAT*100	0.26	%	

Tabla 7.13 Análisis Granulométrico del Agregado Reciclado – Escombros de Bloque

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DEL AGREGADO RECICLADO - ESCOMBRO DE BLOQUE								
TAMIZ	Cantidad retenida parcial	Cantidad retenida acumulada	PORCENTAJE		ESPECIFICACIONES NORMA A.S.T.M.			
			Retenido Acumulado	Pasante Acumulado	2 "	1 1/2 "	1 "	3/4 "
2 1/2 "	0.00	0.00	0.00	100.00	100			
2 "	0.00	0.00	0.00	100.00	95 - 100	100		
1 1/2 "	0.00	0.00	0.00	100.00		95 - 100	100	
1 "	550.00	550.00	11.03	88.97	35 - 70		95 - 100	
3/4 "	1045.00	1595.00	31.98	68.02		35 - 70		90 - 100
1/2 "	1290.00	2885.00	57.84	42.16	10 - 30		25 - 60	
3/8 "	648.00	3533.00	70.83	29.17		10 - 30		20 - 55
N° 4	939.00	4472.00	89.66	10.34	0 - 5	0 - 5	0 - 10	0 - 10
N° 8	0.00	4472.00	89.66	10.34			0 - 5	0 - 5
FONDO	516.00	4988.00	100.00	0.00				
TOTAL	4988.00							

PESO ANTES DEL TAMIZADO	5000	gr	PAT
PESO DESPUES DEL TAMIZADO	4988.00	gr	PDT
ERROR (PAT-PDT)/PAT*100	0.24	%	

7.2. Memoria Técnica del Diseño de Hormigón con Material Reciclado

7.2.1 Diseño de Hormigón con Material Reciclado (Escombros de Hormigón)

Tabla 7.14 Propiedades de Agregado Reciclado y Agregado Fino

ESCOMBRO DE HORMIGÓN		AGREGADO FINO	
R A/C =	0.60	P.V.S (gr/cm3) =	1.359
AGUA (lt) =	202.00	DSSS (gr/cm3) =	2.527
P.V.V (gr/cm3) =	1.25	M.F =	2.56
P.V.S (gr/cm3) =	1.05	ABSORCION (%) =	5.0%
DSSS (gr/cm3) =	1.29		
ABSORCION (%) =	11.94		

Volumen Aparente del Agregado Reciclado por Unidad de Volumen de Hormigón

$$\text{Peso del Cemento} = \frac{\text{Peso } H_2O}{R_{A/C}}$$

Tabla 7.15 Peso, densidad y Coeficiente V.A.G.C

P. Saco de Cemento (kg)	50
P. Cemento (kg)	336.67
# sacos	6.73
Densidad del Cemento (gr/cm3)	2.99
Coeficiente V.A.G.C	0.65

Tabla 7.16 Volumen para 1 m³

VOLUMEN PARA 1 M3	
CEMENTO =	0.113
AGUA =	0.202
AIRE =	0.015
ESCOMBRO DE HORMIGÓN =	0.628
ARENA =	0.043
ARENA CORREGIDA =	0.268
ESC. DE HORMIGÓN CORREGIDO =	0.402

Tabla 7.17 Peso en kg del material para 1 m³

PESO EN KILOGRAMOS PARA 1M3	
CEMENTO (kg) =	336.667
AGUA (lt) =	202.00
ARENA (kg) =	677.68
ESCOMBRO DE HORMIGÓN (kg) =	520.83
TOTAL (kg) =	1737.181

Tabla 7.18 Peso en kg del material para 3 cilindros

DIMENSIONES DEL MOLDE CILÍNDRICO	
Altura (m)	0.3
Diámetro (m)	0.15
Área (m ²)	0.018
Volumen (m ³)	0.005
Vol. de 3 Cilin.	0.016

MATERIAL PARA 3 CILÍNDROS		
CEMENTO =	5.35	kg
AGUA =	3.21	lt
ARENA =	10.78	kg
ESCOMBRO DE HORMIGÓN =	8.28	kg

Cantidad de material con 10 % de pérdida		
CEMENTO =	5.89	kg
AGUA =	3.53	lt
ARENA =	11.86	kg
ESCOMBRO DE HORMIGÓN =	9.11	kg

Tabla 7.19 Peso en kg del material para 1 saco de cemento

PESO EN KG. PARA 1 SACO DE CEMENTO	
CEMENTO (kg) =	50.00
AGUA (lt) =	30.00
ARENA (kg) =	100.65
ESCOMBRO DE HORMIGÓN (kg) =	77.35

ARENA	0.0740452
ESCOMBRO DE HORMIGÓN	0.0738746

Tabla 7.20 Dosificación en volumen Parihuelas

DIMENSIONES DE PARIHUELA	
Largo (m)	0.4
Ancho (m)	0.4
Altura (m)	0.2
Volumen (m3)	0.032

DOSIFICACION EN VOLUMEN PARIHUELAS DE 40X40X20		
CEMENTO	1.00	SACO
ARENA	2.31	PARIHUELA
ESCOMBRO DE HORMIGÓN	2.31	PARIHUELA
AGUA	30	LITROS

Tabla 7.21 Resistencia a la Compresión en kN del Escombro de Hormigón

MATERIAL RECICLADO - ESCOMBRO DE HORMIGÓN	
Días de Curado	Resistencia en kN
7 días	240.15
14 días	276.95
28 días	334.55

Conversión de kN a kgf/cm²

Resistencia dada por la Máquina en kN => 1kN = 102.04 kgf

$$\text{Área del Cilindro ensayado} = \frac{\pi * D^2}{4} ; D = 15 \text{ cm}$$

$$\text{Área del Cilindro ensayado} = \frac{\pi * 15^2}{4} = 176.71 \text{ cm}^2$$

Factor de Conversión:

$$\frac{102.04 \text{ kgf}}{176.71 \text{ cm}^2} = 0.5774 \text{ kgf/cm}^2$$

Para 7 días:

$$240.15 \text{ kN} * 0.5774 = \mathbf{138.67 \text{ kgf/cm}^2}$$

Para 14 días:

$$276.95 \text{ kN} * 0.5774 = \mathbf{159.92 \text{ kgf/cm}^2}$$

Para 28 días:

$$334.55 \text{ kN} * 0.5774 = \mathbf{193.18 \text{ kgf/cm}^2}$$

Tabla 7.22 Resistencia a la Compresión en kgf/cm² del Escombros de Hormigón

MATERIAL RECICLADO - ESCOMBRO DE HORMIGÓN		
Días de Curado	Resistencia en kN	Resistencia en kgf/cm²
7 días	240.15	138.67
14 días	276.95	159.92
28 días	334.55	193.18

7.2.2 Diseño de Hormigón con Material Reciclado (Escombros de Ladrillo)

Tabla 7.23 Propiedades de Agregado Reciclado y Fino

ESCOMBRO DE LADRILLO		AGREGADO FINO	
R A/C =	0.60	P.V.S (gr/cm ³) =	1.359
AGUA (lt) =	202.00	DSSS (gr/cm ³) =	2.527
P.V.V (gr/cm ³) =	0.93	M.F =	2.56
P.V.S (gr/cm ³) =	0.78	ABSORCION (%) =	5.0%
DSSS (gr/cm ³) =	1.97		
ABSORCION (%) =	23.49		

Volumen Aparente del Agregado Reciclado por Unidad de Volumen de Hormigón

$$\text{Peso del Cemento} = \frac{\text{Peso } H_2O}{R_{A/C}}$$

Tabla 7.24 Peso, densidad y Coeficiente V.A.G.C

P. Saco de Cemento (kg)	50
P. Cemento (kg)	336.67
# sacos	6.73
Densidad del Cemento (gr/cm ³)	2.99
Coeficiente V.A.G.C	0.65

Tabla 7.25 Volumen para 1 m³

VOLUMEN PARA 1 M³	
CEMENTO =	0.113
AGUA =	0.202
AIRE =	0.015
ESCOMBRO DE LADRILLO =	0.306
ARENA =	0.365
ARENA CORREGIDA =	0.268
ESC. DE LADRILLO CORREGIDA =	0.402

Tabla 7.26 Peso en kg del material para 1 m³

PESO EN KILOGRAMOS PARA 1M3	
CEMENTO (kg) =	336.667
AGUA (lt) =	202.00
ARENA (kg) =	677.68
LADRILLO (kg) =	792.33
TOTAL (kg) =	2008.678

Tabla 7.27 Peso en kg del material para 3 cilindros

DIMENSIONES DEL MOLDE CILÍNDRICO	
Altura (m)	0.3
Diámetro (m)	0.15
Área (m ²)	0.018

Volumen (m ³)	0.005
---------------------------	-------

Vol. de 3 Cilin.	0.016
------------------	-------

MATERIAL PARA 3 CILÍNDROS		
CEMENTO =	5.35	kg
AGUA =	3.21	lt
ARENA =	10.78	kg
ESCOBRO DE LADRILLO =	12.60	kg

Cantidad de material con 10 % de pérdida		
CEMENTO =	5.89	kg
AGUA =	3.53	lt
ARENA =	11.86	kg
ESCOBRO DE LADRILLO =	13.86	kg

Tabla 7.28 Peso en kg del material para 1 saco de cemento

PESO EN KG. PARA 1 SACO DE CEMENTO	
CEMENTO (kg) =	50.00
AGUA (lt) =	30.00
ARENA (kg) =	100.65
ESCOBRO DE LADRILLO (kg) =	117.67

ARENA	0.0740452
ESCOBRO DE LADRILLO	0.1501737

Tabla 7.29 Dosificación en volumen Parihuelas

DIMENSIONES DE PARIHUELA	
Largo (m)	0.4
Ancho (m)	0.4
Altura (m)	0.2
Volumen (m ³)	0.032

DOSIFICACION EN VOLUMEN PAHIGUELAS DE 40X40X20		
CEMENTO	1.00	SACO
ARENA	2.31	PARIHUELA
ESCOMBRO DE LADRILLO	4.69	PARIHUELA
AGUA	30	LITROS

Tabla 7.30 Resistencia a la Compresión en kN del Escombros de Ladrillo

MATERIAL RECICLADO - ESCOMBRO DE LADRILLO	
Días de Curado	Resistencia en kN
7 días	232.17
14 días	260.12
28 días	315.72

Conversión de kN a kgf/cm²

Resistencia dada por la Máquina en kN => 1kN = 102.04 kgf

$$\text{Área del Cilindro ensayado} = \frac{\pi * D^2}{4} ; D = 15 \text{ cm}$$

$$\text{Área del Cilindro ensayado} = \frac{\pi * 15^2}{4} = 176.71 \text{ cm}^2$$

Factor de Conversión

$$\frac{102.04 \text{ kgf}}{176.71 \text{ cm}^2} = 0.5774 \text{ kgf/cm}^2$$

Para 7 días:

$$232.17 \text{ kN} * 0.5774 = \mathbf{134.06 \text{ kgf/cm}^2}$$

Para 14 días:

$$260.12 \text{ kN} * 0.5774 = \mathbf{150.20 \text{ kgf/cm}^2}$$

Para 28 días:

$$315.72 \text{ kN} * 0.5774 = \mathbf{182.31 \text{ kgf/cm}^2}$$

Tabla 7.31 Resistencia a la Compresión en kgf/cm² del Escombros de Ladrillo

MATERIAL RECICLADO - ESCOMBRO DE LADRILLO		
Días de Curado	Resistencia en kN	Resistencia en kgf/cm ²
7 días	232.17	134.06
14 días	260.12	150.20
28 días	315.72	182.31

7.2.3 Diseño de Hormigón con Material Reciclado (Escombros de Bloque)

Tabla 7.32 Propiedades de Agregado Reciclado y Fino

ESCOMBRO DE BLOQUE		AGREGADO FINO	
R A/C =	0.60	P.V.S (gr/cm3) =	1.359
AGUA (lt) =	202.00	DSSS (gr/cm3) =	2.527
P.V.V (gr/cm3) =	0.81	M.F =	2.56
P.V.S (gr/cm3) =	0.65	ABSORCION (%) =	5.0%
DSSS (gr/cm3) =	1.66		
ABSORCION (%) =	22.78		

Volumen Aparente del Agregado Reciclado por Unidad de Volumen de Hormigón

$$\text{Peso del Cemento} = \frac{\text{Peso } H_2O}{R_{A/C}}$$

Tabla 7.33 Peso, densidad y Coeficiente V.A.G.C

P. Saco de Cemento (kg)	50
P. Cemento (kg)	336.67
# sacos	6.73
Densidad del Cemento (gr/cm3)	2.99
Coeficiente V.A.G.C	0.65

Tabla 7.34 Volumen para 1 m3

VOLUMEN PARA 1 M3	
CEMENTO =	0.113
AGUA =	0.202
AIRE =	0.015
ESCOMBRO DE BLOQUE =	0.316
ARENA =	0.354
ARENA CORREGIDA =	0.268
ESC. DE BLOQUE CORREGIDA =	0.402

Tabla 7.35 Peso en kg del material para 1 m3

PESO EN KILOGRAMOS PARA 1M3	
CEMENTO (kg) =	336.667
AGUA (lt) =	202.00
ARENA (kg) =	677.68
ESCOMBRO DE BLOQUE (kg) =	667.43
TOTAL	1883.776

Tabla 7.36 Peso en kg del material para 3 cilindros

DIMENSIONES DEL MOLDE CILÍNDRICO	
Altura (m)	0.3
Diámetro (m)	0.15
Área (m ²)	0.018

Volumen (m ³)	0.005
---------------------------	-------

Vol. de 3 Cilin.	0.016
------------------	-------

MATERIAL PARA 3 CILÍNDROS		
CEMENTO =	5.35	kg
AGUA =	3.21	lt
ARENA =	10.78	kg
ESCOMBRO DE BLOQUE =	10.61	kg

Cantidad de material con 10 % de pérdida		
CEMENTO =	5.89	kg
AGUA =	3.53	lt
ARENA =	11.86	kg
ESCOMBRO DE BLOQUE =	11.68	kg

Tabla 7.37 Peso en kg del material para 1 saco de cemento

PESO EN KG. PARA 1 SACO DE CEMENTO	
CEMENTO (kg) =	50.00
AGUA (lt) =	30.00
ARENA (kg) =	100.65
ESCOMBRO DE BLOQUE (kg) =	99.12

ARENA	0.0740452
ESCOMBRO DE BLOQUE	0.1521706

Tabla 7.38 Dosificación en volumen Parihuelas

DIMENSIONES DE PARIHUELA	
Largo (m)	0.4
Ancho (m)	0.4
Altura (m)	0.2
Volumen (m ³)	0.032

DOSIFICACION EN VOLUMEN PARIHUELAS DE 40X40X20		
CEMENTO	1.00	SACO
ARENA	2.31	PARIHUELA
BLOQUE	4.76	PARIHUELA
AGUA	30	LITROS

Tabla 7.39 Resistencia a la Compresión en kN del Escombros de Bloque

MATERIAL RECICLADO - ESCOMBRO DE BLOQUE	
Días de Curado	Resistencia en kN
7 días	226.30
14 días	249.21
28 días	301.81

Conversión de kN a kgf/cm²

Resistencia dada por la Máquina en kN => 1kN = 102.04 kgf

$$\text{Área del Cilindro ensayado} = \frac{\pi * D^2}{4} ; D = 15 \text{ cm}$$

$$\text{Área del Cilindro ensayado} = \frac{\pi * 15^2}{4} = 176.71 \text{ cm}^2$$

Factor de Conversión

$$\frac{102.04 \text{ kgf}}{176.71 \text{ cm}^2} = 0.5774 \text{ kgf/cm}^2$$

Para 7 días:

$$226.30 \text{ kN} * 0.5774 = \mathbf{130.67 \text{ kgf/cm}^2}$$

Para 14 días:

$$249.21 \text{ kN} * 0.5774 = \mathbf{143.90 \text{ kgf/cm}^2}$$

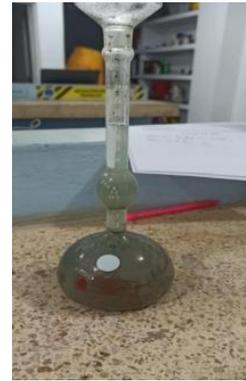
Para 28 días:

$$301.81 \text{ kN} * 0.5774 = \mathbf{174.28 \text{ kgf/cm}^2}$$

Tabla 7.40 Resistencia a la Compresión en kgf/cm² del Escombros de Bloque

MATERIAL RECICLADO - ESCOMBRO DE BLOQUE		
Días de Curado	Resistencia en kN	Resistencia en kgf/cm²
7 días	226.30	130.67
14 días	249.21	143.90
28 días	301.81	174.28

7.3. Memoria Fotográfica de los Ensayos en Laboratorio



Anexos 1. Densidad del Cemento



Anexos 2 Peso Volumétrico Suelto de Escombros



Anexos 3. Peso Volumétrico Varillado de Escombros



Anexos 4. Peso Volumétrico Suelto de la Arena



Anexos 5. Densidad y Porcentaje de Absorción de Escombros - Hormigón



Anexos 6. Densidad y Porcentaje de Absorción de Escombros - Bloque



Anexos 7. Densidad y Porcentaje de Absorción de Escombros - Ladrillo





Anexos 8. Densidad y Absorción del Agregado Fino





Anexos 9. Granulometría de los Escombros (Hormigón, Ladrillo y Bloque)



Anexos 10. Granulometría del Agregado Fino

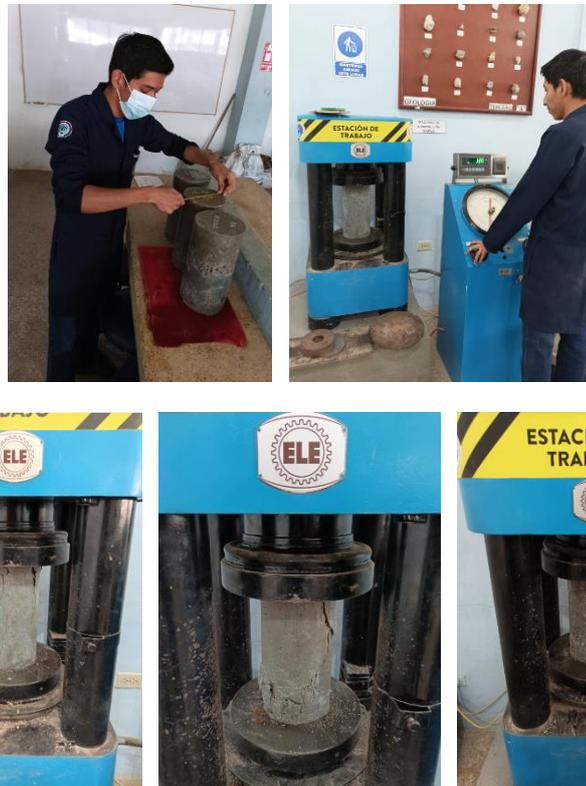


Anexos II. Preparación y Vaciado del Hormigón Reciclado





Anexos 12. Desencofrado y Curado de los Especímenes



Anexos 13. Ensayo a la Compresión de los Especímenes a diferentes edades de curado (7, 14 y 28 días)