

**UNIVERSIDAD NACIONAL TORIBIO RODRÍGUEZ DE
MENDOZA DE AMAZONAS**



FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y AMBIENTAL

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

**Evaluación técnica de bloques de concreto para uso estructural
elaborados de escombros de concreto de losas de pavimento
rígido**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO CIVIL**

AUTORES

**Bach. JOSÉ LUIS DÍAZ CHÁVEZ
Bach. HENRRY TORRES IDROGO**

ASESOR : ING. MANUEL EDUARDO AGUILAR ROJAS

CO-ASESOR: Mg. LENIN QUIÑONES HUATANGARI

CHACHAPOYAS-PERÚ

2018

**UNIVERSIDAD NACIONAL TORIBIO RODRÍGUEZ DE
MENDOZA DE AMAZONAS**



FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y AMBIENTAL

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

**Evaluación técnica de bloques de concreto para uso estructural
elaborados de escombros de concreto de losas de pavimento
rígido**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO CIVIL**

AUTORES

**Bach. JOSÉ LUIS DÍAZ CHÁVEZ
Bach. HENRRY TORRES IDROGO**

ASESOR : ING. MANUEL EDUARDO AGUILAR ROJAS

CO-ASESOR: Mg. LENIN QUIÑONES HUATANGARI

CHACHAPOYAS-PERÚ

2018

DEDICATORIA

A MIS PADRES:

Marcos Torres y Lucinda Idrogo, Mi padre y mi madre, porque ellos han dado razón a mi vida, por sus consejos, su apoyo incondicional para ser lo que hoy soy.

A MIS HERMANOS:

Gilmer, Nilda, Víctor Manuel, Luz Marina, María Isabel y Guzmán, gracias por todo su apoyo a lo largo de todos estos años.

Henry Torres Idrogo.

DEDICATORIA

A mi madre ejemplar Vilma por su apoyo incondicional, por guiarme día a día a cumplir mis objetivos.

A mi esposa Sheila y a mi hijo Max, que siempre serán mi mayor motivación para seguir esforzándome y salir adelante.

A mis hermanos, tíos, primos, sobrinos, abuelos y bisabuela por ser el complemento de mi felicidad y por haber estado siempre a mi lado.

José Luis Díaz Chávez.

AGRADECIMIENTO

Agradecemos en primer lugar a Dios quién nos brinda salud y fortaleza para afrontar las adversidades del día a día y cumplir con nuestras metas programadas.

A los docentes de la facultad de Ingeniería Civil y Ambiental de la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas, por fortalecer nuestros conocimientos durante el transcurso de nuestros estudios dentro de la universidad. De manera especial al asesor Ing. Manuel Eduardo Aguilar Rojas y co-asesor Mg. Lenin Quiñones Huatangari por su apoyo profesional constante durante el desarrollo de esta investigación. Al Dr. Wagner Guzmán Castillo y al Arq. Guillermo Arturo Díaz Jáuregui por el apoyo en la revisión del proyecto de tesis, dándonos las pautas necesarias para la aprobación de la ejecución de la presente investigación.

A la empresa NEGOCIACIONES AMAZONAS E.I.R.L, por habernos abierto las puertas de su empresa de manera desinteresada para la elaboración de los bloques de concreto.

Al personal, Segundo Fabián Rodríguez Tamay, Fredy Luis Gallardo Meléndez, Edgar Leonardo Ordoñez Servan y Miguel Tapayuri Chota, personal que labora en el Laboratorio de Mecánica de Suelos y Concreto de la Dirección Regional de Transportes y Comunicaciones – Amazonas, quienes apoyaron con sus conocimientos de los procedimientos realizados en los ensayos de los bloques de concreto.

A nuestros familiares que durante el desarrollo de la investigación, siempre nos brindaron su apoyo tanto moral como económico, y que sin ellos no hubiese sido posible la culminación de la investigación.

LOS AUTORES

**AUTORIDADES DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL
TORIBIO RODRÍGUEZ DE MENDOZA DE AMAZONAS**

Dr. Policarpio Chauca Valqui

RECTOR

Dr. Miguel Ángel Barrena Gurbillón

VICERRECTOR ACADÉMICO

Dra. Flor Teresa García Huamán

VICERRECTORA DE INVESTIGACIÓN

Dr. Oscar Andrés Gamarra Torres

DECANO DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y AMBIENTAL

VISTO BUENO DEL ASESOR DE TESIS

El docente de la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas que suscribe, hace constar que ha asesorado la tesis titulada “Evaluación técnica de bloques de concreto para uso estructural elaborados de escombros de concreto de losas de pavimento rígido”, los tesisistas egresados de la Facultad de Ingeniería Civil y Ambiental, Escuela Profesional de Ingeniería Civil.

- José Luis Díaz Chávez.
- Henry Torres Idrogo

El suscrito da el visto bueno de la mencionada tesis dándole pase para que sea sometida a la revisión por el jurado evaluador comprometiéndose a supervisar el levantamiento de las observaciones que formulen para su posterior sustentación.

Chachapoyas 04 de abril de 2018.

.....
Ing. Manuel Eduardo Aguilar Rojas

ASESOR

VISTO BUENO DEL CO-ASESOR DE TESIS

El docente de la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas que suscribe, hace constar que ha asesorado la tesis titulada “Evaluación técnica de bloques de concreto para uso estructural elaborados de escombros de concreto de losas de pavimento rígido”, los tesisistas egresados de la Facultad de Ingeniería Civil y Ambiental, Escuela Profesional de Ingeniería Civil.

- José Luis Díaz Chávez.
- Henry Torres Idrogo

El suscrito da el visto bueno de la mencionada tesis dándole pase para que sea sometida a la revisión por el jurado evaluador comprometiéndose a supervisar el levantamiento de las observaciones que formulen para su posterior sustentación.

Chachapoyas 04 de abril de 2018

.....
Mg. Lenin Quiñones Huatangari

CO-ASESOR

JURADO DE TESIS

.....
Dr. Juan Manuel Garay Román
PRESIDENTE

.....
Ing. Lucila Arce Meza
SECRETARIO

.....
Ing. Jorge Chávez Guivin
VOCAL

DECLARACIÓN JURADA DE NO PLAGIO

Yo, José Luis Díaz Chávez, bachiller de la escuela profesional de Ingeniería Civil, Facultad de Ingeniería Civil y Ambiental de la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas, identificado con DNI N° 44770676.

Declaro bajo juramento que:

- Soy el autor de la tesis titulada: **Evaluación técnica de bloques de concreto para uso estructural elaborados de escombros de concreto de losas de pavimento rígido**, la misma que presento para optar el título profesional de Ingeniero Civil.
- La tesis no ha sido plagiada total ni parcialmente, para la cual se han respetado las normas internacionales de citas y referencias para las fuentes consultadas.
- La tesis presentada no atenta contra derechos de terceros.
- La tesis no ha sido publicada ni presentada anteriormente para obtener algún grado académico previo o título profesional.
- Los datos presentados en los resultados son reales, no han sido falsificados, ni duplicados, ni copiados.

De identificarse fraude, piratería, plagio, falsificación o que el trabajo de investigación haya sido publicado anteriormente; asumimos las consecuencias y sanciones que nuestras acciones deriven, sometiéndonos a la normatividad vigente de la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas.

Chachapoyas 15 de marzo del 2018.

.....
José Luis Díaz Chávez
DNI N° 44770676

DECLARACIÓN JURADA DE NO PLAGIO

Yo, Henry Torres Idrogo, bachiller de la escuela profesional de Ingeniería Civil, Facultad de Ingeniería Civil y Ambiental de la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas, identificado con DNI N°47577646.

Declaro bajo juramento que:

- Soy el autor de la tesis titulada: **Evaluación técnica de bloques de concreto para uso estructural elaborados de escombros de concreto de losas de pavimento rígido**, la misma que presento para optar el título profesional de Ingeniero Civil.
- La tesis no ha sido plagiada total ni parcialmente, para la cual se han respetado las normas internacionales de citas y referencias para las fuentes consultadas.
- La tesis presentada no atenta contra derechos de terceros.
- La tesis no ha sido publicada ni presentada anteriormente para obtener algún grado académico previo o título profesional.
- Los datos presentados en los resultados son reales, no han sido falsificados, ni duplicados, ni copiados.

De identificarse fraude, piratería, plagio, falsificación o que el trabajo de investigación haya sido publicado anteriormente; asumimos las consecuencias y sanciones que nuestras acciones deriven, sometiéndonos a la normatividad vigente de la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas.

Chachapoyas 15 de marzo del 2018.

.....
Henry Torres Idrogo

DNI N° 47577646

ÍNDICE GENERAL.

	Página.
DEDICATORIA.....	i
AGRADECIMIENTO.....	iii
INDICE DE TABLAS.....	x
INDICE DE FIGURAS.....	xii
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. OBJETIVOS.....	3
III. MARCO TEÓRICO.....	4
3.1. Antecedentes de la investigación.....	4
3.2. Bases teóricas.....	6
3.2.1. Bloques de concreto.....	6
3.2.2. Pavimento.....	13
3.2.3. Cemento.....	14
3.2.4. Agregados.....	15
3.2.5. Agua.....	16
3.2.6. Muros.....	16
3.3. Definición de términos básicos.....	18
IV. MATERIAL Y MÉTODOS.....	19
4.1. Objeto de estudio.....	19
4.2. Localización de la investigación.....	19
4.3. Diseño de la investigación.....	19
4.4. Población, muestra y muestreo.....	21
4.5. Métodos.....	21
4.6. Técnicas e instrumentos.....	21
4.7. Procedimientos.....	21
V. RESULTADOS.....	23
5.1. Caracterización de los agregados usados en la investigación.....	23
5.2. Diseño de mezcla empleado en la elaboración de los bloques.....	33
5.3. Propiedades físico-mecánicas de los bloques.....	34

VI. DISCUSIÓN.....	44
VII. CONCLUSIONES.	46
VIII. RECOMENDACIONES.....	47
IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	48
X. ANEXOS.....	50
Registro fotográfico.	51
Costos unitarios de la elaboración de bloques de concreto con agregado natural y con escombros.....	59
Resultados de laboratorio de mecánica de suelos Ministerio de Transportes y Comunicaciones - Chachapoyas.	61

ÍNDICE DE TABLAS.

	Página.
Tabla N° 1: Clase de unidades de albañilería para fines estructurales.	13
Tabla N° 2: Matriz de diseño experimental tipo unifactorial.	20
Tabla N° 3: Granulometría del escombros.	23
Tabla N° 4: Composición de la muestra de escombros.	24
Tabla N° 5: Contenido de humedad promedio de la muestra de escombros.	25
Tabla N° 6: Peso unitario suelto del escombros.	25
Tabla N° 7: Peso unitario compactado del escombros.	25
Tabla N° 8: Gravedad específica y absorción del escombros.	26
Tabla N° 9: Granulometría de la gravilla.	27
Tabla N° 10: Composición de la muestra de gravilla.	27
Tabla N° 11: Contenido de humedad promedio de la gravilla.	28
Tabla N° 12: Peso unitario suelto de la gravilla.	28
Tabla N° 13: Peso unitario compactado de la gravilla.	29
Tabla N° 14: Gravedad específica y absorción de la gravilla.	29
Tabla N° 15: Granulometría de la arena.	30
Tabla N° 16: Composición de la arena.	30
Tabla N° 17: Contenido de humedad promedio de la arena.	31
Tabla N° 18: Peso unitario suelto de la arena.	31
Tabla N° 19: Peso unitario compactado de la arena.	31
Tabla N° 20: Gravedad específica y absorción de la arena.	32
Tabla N° 21: Diseño de mezcla con agregado natural.	32
Tabla N° 22: Diseño de mezcla con diferentes proporciones de escombros.	33
Tabla N° 23: Variación dimensional con respecto al alto de la unidad.	34
Tabla N° 24: Variación dimensional con respecto al ancho de la unidad.	35
Tabla N° 25: Variación dimensional con respecto al largo de la unidad.	36
Tabla N° 26: Datos individuales de alabeo con la proporción 0% de escombros.	37
Tabla N° 27: Datos individuales de alabeo con la proporción 25% de escombros.	37
Tabla N° 28: Datos individuales de alabeo con la proporción 50% de escombros.	38
Tabla N° 29: Datos individuales de alabeo con la proporción 75% de escombros.	38
Tabla N° 30: Resultado de la absorción de la muestra 0% de escombros.	39
Tabla N° 31: Resultado de la absorción de la muestra 25% de escombros.	39

Tabla N° 32: Resultado de la absorción de la muestra 50% de escombros	40
Tabla N° 33: Resultado de la absorción de la muestra 75% de escombros.	40
Tabla N° 34: Resultado de resistencia a la compresión de la muestra 0% escombros.....	41
Tabla N° 35: Resultado de resistencia a la compresión de la muestra 25% escombros...	41
Tabla N° 36: Resultado de resistencia a la compresión de la muestra 50% escombros...	42
Tabla N° 37: Resultado de resistencia a la compresión de la muestra 75% escombros...	42
Tabla N° 38: Cuadro comparativo de lotes de producción	43
Tabla N° 39: Costos unitarios de la elaboración de bloques de concreto con agregado natural.....	59
Tabla N° 40: Costos unitarios de la elaboración de bloques de concreto con agregado de escombros.....	60

ÍNDICE DE FIGURAS.

	Página.
Figura N° 1: Estructura del pavimento rígido.	14
Figura N° 2: Fotografía ubicación del laboratorio de mecánica de suelos MTC.....	19
Figura N° 3: Curva granulométrica de la muestra de escombros.	24
Figura N° 4: Curva granulométrica de la gravilla.....	28
Figura N° 5: Curva granulométrica de la arena.....	31

RESUMEN

La generación de escombros producto de las obras de construcción civil especialmente en las ciudades, es un problema que depende del aumento de la población y de la calidad de vida de los mismos. La construcción es una actividad que está directamente relacionada con estas características por lo que es un hecho que cada día se producirán mayor cantidad de escombros de concreto, especialmente de losas de pavimento rígido ya sea por haber cumplido su periodo de vida útil o por el cambio de tuberías de agua y alcantarillado como se ve en la actualidad en la ciudad de Chachapoyas. En este proyecto se evaluó las propiedades físicas mecánicas de cada lote de producción. Para la elaboración de los bloques de concreto, los escombros fueron triturados y analizados como agregados. La metodología fue producir cuatro lotes de bloques de concreto de 50 unidades cada uno, cada lote estuvo elaborado con una proporción de agregado de 0%, 25%, 50% y 75% de escombros de losa de pavimento rígido, sustituyendo al agregado natural en base al volumen. Esta producción se desarrolló sin aditivos y fueron sometidos a ensayos de absorción, alabeo, compresión y variación dimensional. Finalmente, se desarrolló un análisis técnico para determinar que lote de producción tiene las propiedades físico - mecánico concordante con la norma E-070 Albañilería. Pudiéndose concluir que los lotes cumplen con los parámetros del Bloque tipo NP.

Palabras clave: Bloque, concreto, escombros, muestra, gravilla.

SUMMARY

The generation of debris as a result of civil construction works, especially in the cities, is a problem that depends on the increase in the population and the quality of life of the same. Construction is an activity that is directly related to these characteristics so it is a fact that every day there will be more concrete debris, especially of rigid pavement slabs either because they have completed their useful life or because of the change of water and sewage pipes as seen nowadays in the city of Chachapoyas. In this project the mechanical physical properties of each production lot were evaluated. For the elaboration of the concrete blocks, the rubble was crushed and analyzed as aggregates. The methodology was to produce four batches of concrete blocks of 50 units each, each batch was made with an aggregate proportion of 0%, 25%, 50% and 75% of rigid pavement slab debris, replacing the natural aggregate in base to volume. This production was developed without additives and were subjected to absorption, warping, compression and dimensional variation tests. Finally, a technical analysis was developed to determine which batch of production has the physical - mechanical properties concordant with the E-070 Masonry standard. Being able to conclude that the lots comply with the parameters of Block type NP.

Keywords: Block, concrete, debris, sample, gravel.

I. INTRODUCCIÓN

El cuidado del medio ambiente es hoy en día uno de los temas más preocupantes en el mundo y por supuesto el Perú no es ajeno ello. El deterioro del planeta está llegando a niveles muy alarmantes, por lo cual es necesario la implementación de nuevas tecnologías y otras formas innovadoras de construcción para infraestructura que permita la reutilización de materiales que parecen ser desechos pero que pueden ser aprovechados. Entre los principales problemas que se presentan al momento de realizar una construcción está el retiro del escombros o el concreto demolido, los grandes costos de acarreo a sitios establecidos o rellenos que generan altos impactos a las compañías constructoras (Alvares, 2013, p.2).

El reciclaje o recuperación del concreto presenta dos ventajas principales: (1) reduce la utilización de nuevos agregados vírgenes y los costos ambientales de explotación y transporte y asociados, y (2) reduce el desecho innecesario de materiales valiosos que pueden ser recuperados y reutilizados. A pesar de estas ventajas, el reciclaje de concreto no tiene un impacto significativo en la reducción de la huella de carbono (además de algunas reducciones que pueden ser logradas en transporte). La principal fuente de emisiones de carbono en el concreto está en la producción del cemento (cemento y agregados se mezclan para hacer concreto). No es viable separar el contenido de cemento en el concreto para su reciclaje o reutilización como nuevo cemento, por lo que es posible reducir las emisiones de carbono por medio del reciclaje de concreto (Klee, 2009, p.3).

En la actualidad, en la ciudad de Chachapoyas aunque existen regulaciones por parte de las autoridades para el manejo y la disposición final de los escombros de construcción y demolición, en la realidad la práctica por parte de las empresas prestadoras del servicio de transporte sigue siendo la misma, siendo llevados los escombros a sitios sin control para su disposición final como son los barrancos, en las riberas de los ríos o terrenos comprados por las empresas prestadoras del servicio, que por lo general se encuentran cerca de zonas urbanas y en el mejor de los casos en las afueras de la ciudad. Lo que se genera en estos casos que estos se conviertan en botaderos de todo tipo de residuos propiciando grandes focos de contaminación.

En la ciudad de Chachapoyas, actualmente no se tiene registro de una investigación en la cual el escombros de losas de pavimento rígido sea reutilizado, por lo cual es importante los resultados que se obtengan de los ensayos de laboratorio, para que las empresas

regionales se beneficien con el uso de este tipo de agregado para la elaboración de bloques de concreto y ayudar al cuidado del medio ambiente.

Los bloques huecos de concreto con los que se ha trabajado en esta investigación han sido elaborados de manera artesanal, teniendo en cuenta el control de calidad de los agregados; por lo que resulta importante la determinación del valor de sus propiedades físicas-mecánicas, para ver en qué porcentaje es aprovechable el escombros de losas de pavimento rígido.

Debido a la gran demanda de materiales para la construcción de viviendas, se busca por medio de este trabajo de investigación incorporar el uso de escombros de losas de pavimento rígido para la elaboración de bloques de concreto, sustituyendo a la gravilla en porcentajes de 0 %, 25 %, 50 % y 75 % en función a su volumen.

II. OBJETIVOS

2.1. Objetivo General

Evaluar la viabilidad técnica de bloques de concreto para uso estructural elaborados de escombros de concreto de losas de pavimento rígido.

2.2. Objetivos Específicos

- ❖ Determinar las características de los escombros de losas de pavimento rígido mediante ensayos granulométricos para evaluar su utilidad como agregado en la elaboración de los bloques de concreto para uso estructural.
- ❖ Realizar diseño de mezclas correspondiente a cada proporción planteada de 0%, 25%, 50% y 75% de escombros como agregado.
- ❖ Determinar las propiedades físico – mecánicas de los bloques elaborados con escombros de concreto por medio de ensayos experimentales como variación dimensional, alabeo, absorción y compresión.
- ❖ Identificar el lote de producción que cumple con los parámetros de la norma técnica peruana de bloques de concreto para uso estructural

III. MARCO TEÓRICO

3.1. Antecedentes de la Investigación

3.1.1. Internacionales

- ❖ En el trabajo de grado, “Diagnóstico Técnico y Económico del Aprovechamiento de Residuos de Construcción y Demolición en Edificaciones en la Ciudad de Bogotá”. Realizado por Escandón en el año 2011 tiene la finalidad de usar e implementar agregados reciclados como sustitutos de los agregados naturales en el diseño de ladrillos y bloques de concreto es una alternativa para dar uso a la gran cantidad de escombros de concreto que se genera debido al gran crecimiento poblacional. El escombro de concreto al ser un proceso mecanizado y rápido en una fabricación directamente por medio de las chancadoras o trituradoras se requiere de mezclas menos exigentes en cuanto a la manejabilidad por el tiempo de vaciado que es bastante corto. Para la preparación de mezclas se puede considerar la inclusión de agregados reciclados tanto grueso (gravilla) y fino (arena), la fracción gruesa de agregados reciclados para la producción de bloques se considera un tamaño máximo de 10 mm y la fracción fina de tamaño de 5mm hasta el polvo. Para obtener un buen resultado de los agregados deben estar en un estado saturado de agua de forma que se evite la absorción del agua de diseño en las mezclas.
- ❖ El artículo científico “Aprovechamiento de los escombros generados en actividades de demolición de placas de pavimento en Cartagena –Colombia”. Realizado por Eljaiek y Quiñones en Colombia en el año 2011; en este artículo se presenta el aprovechamiento de los escombros en la elaboración de bloques de concreto macizos y huecos no estructurales, el cual fue sometido a diferentes etapas de trituración hasta obtener un material con un tamaño óptimo. Los bloques de concreto con la incorporación de escombros fueron sometidos a ensayos de compresión, absorción. Donde se realizó dos diseños de mezcla con una dosificación de 25-50-25 (natural reciclado, fino Reciclado, grueso Reciclado) alcanzaron una mayor resistencia de 42 kg/cm², mayor densidad y menor costo. Los bloques huecos tienen una resistencia a la compresión 43.56 kg/cm² y absorción 28.25% por lo que concluye esta investigación es que los bloques huecos que alcanzaron mayor resistencia son

aquellos que contenían mayor porcentaje de los agregados finos reciclados y gruesos reciclados. También concluye que no se alcanzó la resistencia esperada debido probablemente al aumento de la relación agua cemento por su alta capacidad de absorción del escombros y/o por el proceso de elaboración manual.

- ❖ En la tesis “Caracterización de los agregados de concreto reciclado, propiedades técnicas y uso”, elaborado por Cárdenas y Hernández en Colombia en el año 2014; en este trabajo analizan las características de los agregados de concreto reciclado como: la absorción, densidad y peso específico, obteniendo los resultados de humedad de los agregados reciclado 3.33 %, absorción 2.62%; gravedad específica 2.36; peso unitarios compactado 2.36 kg/m³.

3.1.2. Nacionales

- ❖ En el trabajo de grado “Influencia del porcentaje de agregado grueso reciclado sobre la resistencia a la compresión, absorción y durabilidad del concreto para bloque de muro”, realizado por Villarroel y Saldarriaga en el año 2015; se calculó que la resistencia a la compresión de estos bloques con dimensiones 40 cm de largo, 20 cm de ancho y 15 cm de altura, alcanzaron una resistencia a la compresión máxima de 98.29 kg/cm² con un 40% de remplazo de agregado reciclado, 1% de absorción de agua con el 20% de agregado reciclado y una durabilidad de 0.09 g/m²s^{0.5}. Estos ensayos se realizaron después de 28 días de curado.
- ❖ En el trabajo de investigación “Bloqueta artesanal en la zona del cono sur de la ciudad de Tacna”, realizado por Collao en el año 2008; describe de manera sencilla basada en datos y pruebas de laboratorio, la calidad de estos bloques con dimensiones 39 cm de largo, 19 cm de ancho y 14 cm de altura. Como resultado a la resistencia a la compresión con 34.51 kg/cm², un porcentaje a la absorción de 6.73%, una variación dimensional de 1.36% y alabeo de 2.00 mm. Estos ensayos se realizaron a los 28 días de curado.
- ❖ En la tesis “Estudio de la resistencia del concreto utilizando como agregado el concreto reciclado de obra”, elaborado por los bachilleres Jordan y Viera en el 2014; se establecieron las características de los agregados reciclados para estudiar su posible aplicación en la producción del concreto. Después de

dicho análisis se estudió la dosificación idónea de cuatro concretos fabricados con diferentes porcentajes de agregado grueso reciclado (0%, 25%, 50%, 100%) con resistencia a la compresión $f'c$ 210 kg/cm² y $f'c$ 175 kg/cm².

3.2.Bases Teóricas

3.2.1. Bloques de concreto

Los bloques de concreto son elementos modulares, premoldeados, diseñados para ser utilizados en los sistemas de albañilería confinada o armada. Para su fabricación se requiere de materiales usuales del concreto, es decir, piedra partida, arena, cemento y agua; siendo posible su elaboración a pie de obra, evitando así las actividades de transporte de las unidades terminadas, lo cual significa aspectos favorables para la ejecución de edificaciones, sobre todo para aquellas realizadas por autoconstrucción (Arrieta, 2001, p.1).

A inicios del siglo XIX en Inglaterra se origina uno de los grandes avances en el campo de la construcción, la fabricación del bloque de concreto. Estos bloques eran sólidos sumamente pesados en los que se utilizaba la cal como material cementante. La introducción del cemento Portland y su uso intensivo, abrió nuevos horizontes a este sector de la industria. A principios del siglo XX aparecieron los primeros bloques huecos para muros; la ligereza de estos nuevos bloques significa, por sus múltiples ventajas, un gran adelanto para el área de la construcción en relación a etapas anteriores (Arrieta, 2001, p.3).

Las primeras máquinas que se utilizan en la entonces incipiente industria se limita a simples moldes metálicos, en los cuales se compacta la mezcla manualmente; este método de producción se siguió utilizando hasta los años veinte, época en que aparecieron máquinas con martillos accionados mecánicamente; más tarde se descubrió la conveniencia de la compactación lograda basándose en vibración y compresión; actualmente, las más modernas y eficientes máquinas para la elaboración de bloques de concreto utilizan el sistema de vibro compactación (Arrieta, 2001, p.3).

Sistemas con bloques de concreto

Los bloques de concreto, que son elementos modulares y premoldeados, están dentro de la categoría de mampuestos que en obra se manipulan a mano, y son especialmente diseñados para la albañilería confinada y armada. Los

bloques de concreto se emplean en la construcción de muros para viviendas (exteriores e interiores), parapetos, muros de contención, sobrecimientos, etc. (Arrieta, 2001, p.5).

La albañilería confinada con bloques de concreto, de manera similar que cuando se utiliza ladrillo cerámico, requiere de vigas y columnas de confinamiento. En el caso de la albañilería armada con bloques de concreto, se requiere de acero de refuerzo vertical regularmente distribuido, a lo largo del muro, en los alvéolos de las unidades; por su parte, el acero de refuerzo horizontal, cuando es necesario, se aloja en las juntas pudiendo, los bloques, presentar o no detalles para su colocación (Arrieta, 2001, p.5).

La ventaja con este tipo de unidad de albañilería es que por su tamaño proporciona una economía en el tiempo de ejecución, en la utilización de mano de obra y en la cantidad de mortero necesaria, lo que conduce a un abaratamiento del costo de producción, además reduce el número de juntas (Arrieta, 2001, p.5).

3.2.1.1.Posibilidades de utilización

Como se ha mencionado, los bloques de concreto pueden utilizarse en la construcción de viviendas multifamiliares, en edificaciones en general, en muros de contención, etc. Teniendo en cuenta los siguientes aspectos (Arrieta, 2001, p.5).

a) Materiales: Para la confección del bloque solo se requiere materiales usuales, como son: piedra partida, arena, cemento y agua; un equipo de vibrado y moldes metálicos correspondientes; siendo posible su elaboración en obra, evitando así el problema de transporte de unidades fabricadas, lo cual representa aspectos favorables para el autoconstrucción (Arrieta, 2001, p.6).

b) Económicas: La construcción con bloques de concreto presenta ventajas económicas, las cuales se originan en la rapidez de ejecución, por el hecho de sólo necesitar asentar 12 bloques de concreto para construir 1 m²; así mismo una fabricación cuidadosa de los ladrillos permitirá obtener piezas de buen acabado que permite ahorrar en tarrajeo y pintado posterior (Arrieta, 2001, p.6).

c) Resistencias: Los muros principales de una vivienda construida con ladrillo de arcilla tienen un ancho de 25 cm, en el caso de las construcciones con bloques estos muros principales son de menor espesor, sin embargo, tienen la misma resistencia ya que estos últimos están reforzados con varillas de hierro. El muro delgado permite mayor amplitud en los ambientes de la edificación permitiendo una mayor área útil lo cual implica mayor valor comercial de venta (Arrieta, 2001, p.6).

d) Mano de Obra: La mano de obra debe ser calificada a nivel de operario, contándose con apoyo técnico y supervisión en el caso del autoconstrucción (Arrieta, 2001, p.6).

3.2.1.2. Ventajas

La construcción con bloques de concreto presenta ventajas económicas en comparación con cualquier otro sistema constructivo tradicional, la que se pone de manifiesto durante la ejecución de los trabajos y al finalizar la obra. (Arrieta, 2001, p.6).

Estas ventajas se originan en la rapidez de fabricación, exactitud y uniformidad de las medidas de los bloques, resistencia y durabilidad, desperdicio casi nulo, y sobre todo por constituir un sistema modular. Esta circunstancia permite computar todos los materiales en la etapa de proyecto con gran certeza, y dichas cantidades se aproximan a los realmente utilizados en obra. Esto significa que es muy importante la programación y diagramación de todos los detalles, previamente a la iniciación de los trabajos (Arrieta, 2001, p.6).

Si se compara un muro de bloques de concreto con otro de espesor equivalente, utilizando mampostería tradicional de ladrillo, se obtienen las siguientes conclusiones: (Arrieta, 2001, p.6)

- ❖ Menor costo por metro cuadrado de muro, originado en la menor cantidad de ladrillos (Arrieta, 2001, p.6).
- ❖ Menor cantidad de mortero de asiento. (Arrieta, 2001, p.6).
- ❖ Mayor rendimiento de la mano de obra debido a la menor cantidad de movimientos necesario para levantar un metro cuadrado (Arrieta, 2001, p.6).

- ❖ En la mampostería de concreto reforzada, sólo es necesario contar con un único rubro de mano de obra, es decir el albañil, ya que las tareas de armado, colocación de los bloques y terminaciones, las puede realizar sin el auxilio de los oficiales carpinteros y armadores (Arrieta, 2001, p.6).

3.2.1.3.Características

Los bloques son económicos, livianos, acústicos, impermeables, resistentes al fuego, durables y capaz de resistir cargas pesadas (Arrieta, 2001, p.12).

La unidad de albañilería, tiene en la resistencia a compresión, como una propiedad mecánica muy importante porque se relaciona con la resistencia del muro; cuanto mayor es la resistencia de la unidad de albañilería, aumenta proporcionalmente la resistencia del elemento estructural. Las propiedades físicas tales como la geometría, la densidad, la absorción y la eflorescencia, también influyen en la resistencia del elemento estructural; otros factores relacionados al proceso constructivo como el desplome con la verticalidad y la excentricidad de la carga actuante, que producirán momentos flexionante en dirección normal a su plano, reducirán la resistencia comparativamente a una sección sujeta a carga axial simple (Arrieta, 2001, p.12).

Es necesario 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; en el segundo, que el material se asiente deformando la geometría del bloque (Arrieta, 2001, p.12).

3.2.1.4.Secuencia de fabricación

a) Dosificación:

Dosificación es el término que se utiliza para definir las proporciones de agregados, agua, cemento que conforman la mezcla para la elaboración de la unidad (Arrieta, 2001, p.21).

b) Mezclado

❖ Mezclado manual:

Definido el proporcionamiento de la mezcla, se acarrea los materiales al área de mezclado. En primer lugar, se dispondrá de arena, luego, encima el agregado grueso; seguidamente se agregará el cemento, realizando el mezclado en seco empleando lampa. Será preciso realizar por lo menos dos vueltas de los materiales. Después del mezclado se incorpora el agua en el centro del hoyo de la mezcla, luego se cubre el agua con el material seco de los costados, para luego mezclar todo uniformemente. La mezcla húmeda debe voltearse por lo menos tres vueltas (Arrieta, 2001, p.21).

❖ Mezclado mecánico:

Para mezclar el material usando mezcladora (tipo trompo o de tolva) se debe iniciar mezclando previamente en seco el cemento y los agregados en el tambor, hasta obtener una mezcla de color uniforme, luego se agrega agua y se continua la mezcla húmeda durante 3 a 6 minutos. Si los agregados son muy absorbentes, incorporar a los agregados la mitad o los $2/3$ partes de agua necesaria para la mezcla antes de añadir el cemento; finalmente agregar el cemento y el resto del agua, continuando la operación de 2 a 3 minutos (Arrieta, 2001, p.21).

c) Moldeado:

Obtenida la mezcla se procede a vaciarla dentro del molde metálico colocado sobre la vibradora; el método de llenado se debe realizar en capas y con la ayuda de una varilla se puede acomodar la mezcla. El vibrado se mantiene hasta que aparezca una película de agua en la superficie, luego el mismo se retira el molde de la mesa y se lleva al área de fraguado con la ayuda del pie y en forma vertical se desmolda el bloque (Arrieta, 2001, p.21).

d) Fraguado:

Una vez fabricados los bloques, éstos deben permanecer en un lugar que les garantice protección del sol y de los vientos, con la finalidad de que puedan fraguar sin secarse.

El periodo de fraguado debe ser de 4 a 8 horas, pero se recomienda dejar los bloques de un día para otro. Si los bloques se dejarán expuestos al sol o a vientos fuertes se ocasionaría una pérdida rápida del agua de la mezcla, o sea un secado prematuro, que reduciría la resistencia final de los bloques y provocará fisuramiento del concreto (Arrieta, 2001, p.21).

e) Curado:

El curado de los bloques consiste en mantener los bloques húmedos para permitir que continúe la reacción química del cemento, con el fin de obtener una buena calidad y resistencia especificada. Por esto es necesario curar los bloques como cualquier otro producto de concreto (Arrieta, 2001, p.21).

Los bloques se deben colocar en rumas de máximo cuatro unidades y dejando una separación horizontal entre ellas de dos centímetros, como mínimo, para que se puedan humedecer totalmente por todos los lados y se permitan la circulación del aire (Arrieta, 2001, p.22).

Para curar los bloques se riega periódicamente con agua durante siete días. Se humedecen los bloques al menos tres veces al día o lo necesario para que no se comiencen a secar en los bordes. Se les puede cubrir con plásticos, papeles o costales húmedos para evitar que se evapore fácilmente el agua (Arrieta, 2001, p.22).

El curado se puede realizar también sumergiendo los bloques en un pozo o piscina llena de agua saturada con cal, durante un periodo de tres días. Lo más recomendable para el proceso de curado, y también para el almacenamiento, es hacer un entarimado de madera, que permita utilizar mejor el espacio y al mismo tiempo evitar daños en los bloques (Arrieta, 2001, p.22).

f) Secado y almacenamiento

La zona destinada para el almacenamiento de los bloques debe ser suficiente para mantener la producción de aproximadamente dos semanas y permitir que después del curado los bloques se sequen lentamente (Arrieta, 2001, p.22).

La zona de almacenamiento debe ser totalmente cubierta para que los bloques no se humedezcan con lluvia antes de los 28 días, que es su

período de endurecimiento. Si no se dispone de una cubierta o techo, se debe proteger con plástico (Arrieta, 2001, p.23).

3.2.1.5. Propiedades

a) Propiedades físicas

❖ Absorción:

La absorción del agua se mide como el paso del agua, expresado en porcentaje del peso seco, absorbido por la pieza sumergida en agua según la norma NTP 399.604. Esta propiedad se relaciona con la permeabilidad de la pieza, con la adherencia de la pieza y del mortero y con la resistencia que puede desarrollar (Arrieta, 2001, p.14).

❖ Alabeo:

Es un defecto que tiene el ladrillo de presentar una deformación superficial en sus caras; el alabeo se presenta como concavidad y convexidad (Arrieta, 2001, p.23). Se evaluará según la NTP 399.613.

❖ Variación dimensional:

Para la determinación de la variación dimensional de las unidades de albañilería, se seguirá el procedimiento indicado en la norma NTP 399.613 Y 399.604.

b) Propiedades mecánicas

❖ Resistencia a la compresión:

La propiedad mecánica de resistencia a la compresión de los bloques de concreto vibrado, es el índice de calidad más empleado para albañilería y en ella se basan los procedimientos para predecir la resistencia de los elementos estructurales. (Arrieta, 2001, p.14).

Para la determinación de la resistencia a la compresión de las unidades de albañilería, se efectuará los ensayos de laboratorio correspondientes, de acuerdo a lo indicado en las Normas NTP 399.613 Y 339.604.

3.2.1.6. Clasificación para fines estructurales

Según el Instituto de la Construcción y Gerencia para efectos del diseño estructural, las unidades de albañilería tendrán las características usadas en la construcción de muros portantes, Bloque (P) y muros no portantes, Bloque (NP). Esto se puede indicar en la tabla 1.

Tabla 1. Clase de unidades de albañilería para fines estructurales

Clase	Variación de la dimensión (máximo en porcentaje)			Alabeo (máximo en mm)	Resistencia compresión f'_b mínimo en MPa (kg/cm^2) sobre área bruta
	Hasta 100 mm	Hasta 150 mm	Más 150mm		
Ladrillo I	+8 -8	+6 -6	+4 -4	10	4.9(50)
Ladrillo II	+7 -7	+6 -6	+4 -4	8	6.9(70)
Ladrillo III	+5 -5	+4 -4	+3 -3	6	9.3(95)
Ladrillo IV	+4 -4	+3 -3	+2 -2	4	12.7(130)
Ladrillo V	+3 -3	+2 -2	+1 -1	2	17.6(180)
Bloque (P)	+4 -4	+3 -3	+2 -2	4	4.9(50)
Bloque (NP)	+7 -7	+6 -6	+4 -4	8	2.0(20)

(Fuente: RNE, norma E-070 unidad de albañilería, pg.388)

3.2.2. Pavimento

3.2.2.1. Pavimento rígido

La superficie de rodamiento de un pavimento rígido es proporcionada por losas de concreto hidráulico, las cuales distribuyen las cargas de los vehículos hacia las capas inferiores por medio de toda la superficie de la losa y de las adyacentes, que trabajan en conjunto con la que recibe directamente las cargas. Este tipo de pavimento no puede plegarse a las deformaciones de las capas inferiores sin que se presente la falla estructural. Aunque en teoría las losas de concreto hidráulico pueden colocarse en forma directa sobre la sub-rasante, es necesario construir una capa de sub-base para evitar que los finos sean bombeado hacia la superficie de rodamiento al pasar los vehículos, lo cual puede provocar fallas de esquina o de orilla en la losa. La sección transversal de un pavimento rígido está constituida por la losa de concreto hidráulico y la sub-base, que se construyen sobre la capa subrasante (Olivera, 2000, p.7).

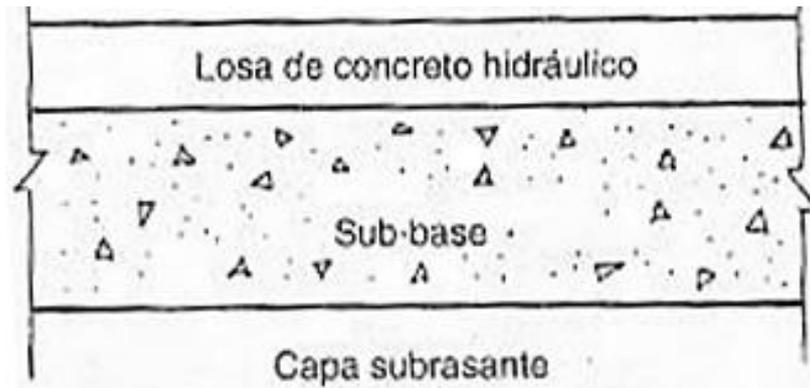


Figura 1: Estructura del pavimento rígido

(Fuente: Olivera Bustamante. *Estructuración de vías terrestres*)

3.2.3. Cemento

El cemento es una de los elementos principales del concreto, que se forma a partir de una mezcla de caliza y arcilla calcinada y posteriormente molida, el cual posee la propiedad de endurecerse al entrar en contacto con el agua al ser mezclado con agregados pétreos como (grava y arena) y que crea una mezcla plástica, uniforme, maleable , de características plásticas, con propiedades adherentes, que solidifica en horas y endurece de manera creciente durante varias semanas hasta adquirir su resistencia característica, esta mezcla adquiere consistencia pétreo que se denomina hormigón concreto (Acosta,2014, p. 15).

3.2.3.1. Tipos de cemento

Los cementos Portland, se fabrican en cinco tipos cuyas propiedades se han normalizado sobre la base de la especificación ASTM de normas para cemento Portland (C150) (Abanto, 2009, p. 17).

- ❖ **Tipo I:** Es el cemento destinado a obras de concreto en general, cuando en las mismas no se especifica la utilización de los otros 4 tipos de cemento.
- ❖ **Tipo II:** Es el cemento destinado a obras de concreto en general y obras expuestas a la acción moderada de sulfatos o donde se requiere moderado calor de hidratación.
- ❖ **Tipo III:** Es el cemento de alta resistencia inicial. El concreto hecho con el cemento tipo III desarrolla una resistencia en tres días igual a la desarrollada en 28 días por concretos hechos con cemento tipo I o tipo II.

- ❖ **Tipo IV:** Es el cemento del cual se requiere bajo calor de hidratación.
- ❖ **Tipo V:** Es el cemento del cual se requiere alta resistencia a la acción de los sulfatos. Las aplicaciones típicas comprenden las estructuras hidráulicas expuestas a aguas con alto contenido de álcalis y estructuras expuestas al agua de mar.

3.2.4. Agregados

- a) **Definición:** Llamados también áridos, son materiales inertes que se combinan con los aglomerantes (cemento, cal, etc.) y el agua formando los morteros y concretos. La importancia de los agregados radica en que constituyen alrededor del 75% en volumen, de una mezcla típica de concreto (Abanto, 2009, p. 23).
- b) **Clasificación:** Los agregados naturales se clasifican en:
 - ❖ **Agregado fino:**
 - **Definición:** Se considera como agregados finos a la arena o piedra natural finamente triturada, de dimensiones reducidas y que pasan el tamiz 9.5 mm (3/8") y que cumple con los límites establecidos en la norma ITINTEC 400.037 (Abanto, 2009, p. 23).
 - **Granulometría:** La granulometría es la distribución por tamaños de las partículas de arena. La distribución del tamaño de las partículas se determina por separación con una serie de mallas normalizadas. Las mallas normalizadas utilizadas para agregado fino son las N° 4, 8, 16,50 y 100 (Abanto, 2009, p. 24).
 - ❖ **Agregado grueso:**
 - **Definición:** Se define como agregado grueso al material retenido en el tamiz ITINTEC 4.75 mm (N° 4) proveniente de la desintegración natural o mecánica de las rocas y que cumple con los límites establecidos en la norma ITINTEC 400.037. El agregado grueso puede ser grava. Piedra chancada, etc. (Abanto, 2009, p. 26).
 - **Granulometría:** El agregado grueso deberá estar graduado dentro de los límites establecidos en la norma ITINTEC 400.037 o en la norma ASTM C 33 (Abanto, 2009, p. 27).

3.2.5. Agua

El agua es un elemento fundamental en la preparación del concreto, estando relacionado con la resistencia, trabajabilidad y propiedades del concreto endurecido (Abanto, 2009, p. 21).

❖ Requisitos que debe cumplir:

- El agua a emplearse en la preparación del concreto, deberá ser limpia y estará libre de cantidades perjudiciales de aceites, ácidos, álcalis, sales, material orgánico y otras sustancias que puedan ser nocivas al concreto o al acero (Abanto, 2009, p. 21).
- Si tuviera dudas de la calidad del agua a emplearse en la preparación de una mezcla de concreto, será necesario realizar un análisis químico (Abanto, 2009, p. 22).
- El agua de mar, se puede usar en la preparación de mezclas para estructuras de concreto simple. No se utilizará agua de mar en concretos con resistencias mayores a 175 kg/cm^2 a los 28 días (Abanto, 2009, p. 22).

3.2.6. Muros

Los muros son elementos verticales que se usan para separar y cerrar espacios. Aunque son malos aislantes térmicos y acústicos, se usan mucho en la construcción por sus propiedades resistentes. Por las cargas que reciben, pueden clasificarse en muros portantes, muros no portantes. Los primeros son aquellos que soportan cargas verticales y/o cargas horizontales perpendiculares a él mientras que los segundos sólo resisten su peso propio y eventualmente cargas horizontales (Harmsen, T. 2002. p.299).

3.2.6.1. Función del muro

El muro de albañilería divide o limita espacios al interior de la vivienda; soporta las cargas de gravedad, es decir, el peso de los materiales, personas, etc. y soporta las cargas sísmicas (Seguro, 2010. p.2).

3.2.6.2. Muros portantes

La albañilería confinada es el sistema de construcción que más se emplea en nuestro país, en la construcción de viviendas y edificios multifamiliares de hasta cinco pisos. En este sistema, los muros que sirven para dividir las habitaciones (sala, dormitorio, etc.) cumplen también funciones

estructurales, es decir, soportan el peso de la construcción y la fuerza de los sismos (Seguro, 2010. p.2).

La albañilería es un sistema estructural, que resulta de la superposición de ladrillos fuertemente unidos entre sí por el mortero, y en cuyo perímetro se han colocado elementos de confinamiento verticales (columnas de amarre) y horizontales (viga solera), los cuales se unen sólidamente al muro para formar un conjunto totalmente monolítico. (Seguro, 2010. p.3).

Los muros portantes son elementos estructurales que ayudan a darle a una vivienda la fortaleza que necesita, especialmente ante la eventualidad de un sismo (Seguro, 2010. p.3).

Para que los muros portantes realicen esta imprescindible función, es importante utilizar buenos materiales y que el proceso constructivo sea el correcto (Seguro, 2010. p.3).

3.2.6.3.Muros no portantes

Estos, a diferencia de los muros portantes, se caracterizan por ser construidos después de que la estructura principal esté terminada, que generalmente es de concreto armado y de ladrillo (Seguro, 2010. p.5).

Sobre el tabique o muro NO portante, es importante tener en cuenta lo siguiente:

- ❖ El tabique no está preparado para soportar los diversos tipos de fuerzas presentes en una estructura; solo puede soportar (sin ninguna dificultad) su propio peso, y los efectos de un sismo actuando sobre su masa; como verás, son fuerzas pequeñas en relación a las que soporta la estructura completa (Seguro, 2010. p.5).
- ❖ Este tipo de muro debe usarse solamente para dividir espacios o ambientes dentro de una edificación (Seguro, 2010. p.5).
- ❖ En las edificaciones aporticadas, debe estar aislado de las columnas y vigas, para que exista una separación suficiente entre ellos, y así evitar problemas en la estructura. Esta separación o espacio (junta) puede llenarse con un material compresible, como el tecnopor (Seguro, 2010. p.5).

3.3. Definición de términos básicos

- a) **Bloques de concreto:** Es la unidad de albañilería, cuyas dimensiones nominales mínimas son 300 mm de largo, 200 mm de ancho y 200 mm de alto, y en el que su alto es tal, que no debe exceder a su largo ni a seis veces su ancho (Chuquihuanga, et al., 2014, p.32).
Se denomina bloque a aquella unidad que por su dimensión y peso requiere de las dos manos para su manipuleo (Vásquez, 2015, p.388).
- b) **Pavimento:** Estructura compuesta por capas que apoya en toda su superficie sobre el terreno preparado para soportarla durante un lapso denominado periodo de diseño y dentro de un rango de serviciabilidad (Vásquez, 2015, p.78).
- c) **Muros portantes:** Muro diseñado y construido en forma tal que pueda transmitir cargas horizontales y verticales de un nivel al nivel inferior o a la cimentación (Vásquez, 2015, p. 387).
- d) **Muros no portantes:** Muro diseñado y construido en forma tal que sólo lleva cargas provenientes de su peso propio y cargas transversales a su plano. Son por ejemplo los parapetos y los cercos (Vásquez, 2015, p.387).
- e) **Lote de producción:** Conjunto de unidades de un producto que se han fabricado de en circunstancias homogéneas.
- f) **Escombros:** Proceden principalmente de las actividades propias del sector de la construcción y demolición de obras de edificación o de infraestructura, de la implantación de servicios (acueductos y alcantarillados, vías, telecomunicaciones, suministros eléctricos, etc.) y obras de remodelación menores (Acosta, 2014.p.20).

IV. MATERIAL Y MÉTODOS

4.1. Objeto de estudio

Bloques de concreto elaborados de escombros de losa de pavimento rígido.

4.2. Localización de la investigación

La investigación se realizó en el Laboratorio de Mecánica de Suelos del Ministerio de Transporte y Comunicaciones (MTC) – Chachapoyas, ubicado en:

Localidad : Chachapoyas.
Distrito : Chachapoyas.
Provincia : Chachapoyas.
Región : Amazonas
País : Perú.

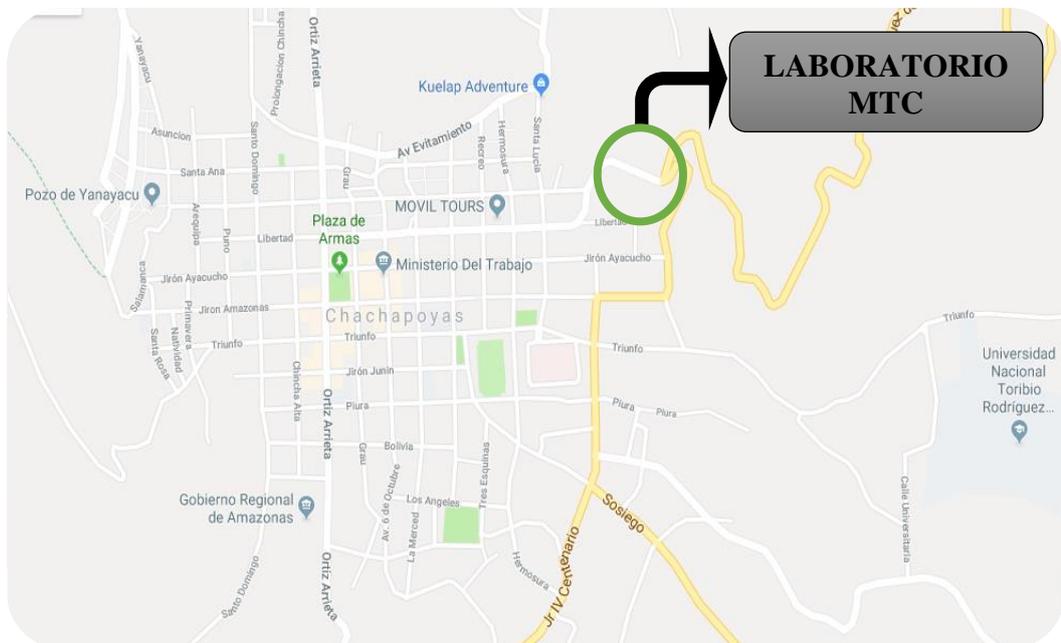


Figura 2: Fotografía satelital de la ubicación del Laboratorio de mecánica de Suelos del Ministerio de Transportes y Comunicaciones- Chachapoyas

Fuente: <http://www.google.com/maps>

4.3. Diseño de la investigación

Se aplicó el diseño experimental de tipo unifactorial y cuya matriz se presenta en el siguiente cuadro:

Tabla 2: Matriz de diseño experimental tipo unifactorial

Variable Independiente		Variable Dependiente			
		Variación Dimensional (A)	Alabeo (B)	Absorción (C)	Resistencia a la compresión (D)
X	X ₁ = 0%	X ₁ A ₁	X ₁ B ₁	X ₁ C ₁	X ₁ D ₁
		X ₁ A ₂	X ₁ B ₂	X ₁ C ₂	X ₁ D ₂
		X ₁ A ₃	X ₁ B ₃	X ₁ C ₃	X ₁ D ₃
		X ₁ A ₄	X ₁ B ₄	X ₁ C ₄	X ₁ D ₄
		X ₁ A ₅	X ₁ B ₅	X ₁ C ₅	X ₁ D ₅
	X ₂ = 25%	X ₂ A ₁	X ₂ B ₁	X ₂ C ₁	X ₂ D ₁
		X ₂ A ₂	X ₂ B ₂	X ₂ C ₂	X ₂ D ₂
		X ₂ A ₃	X ₂ B ₃	X ₂ C ₃	X ₂ D ₃
		X ₂ A ₄	X ₂ B ₄	X ₂ C ₄	X ₂ D ₄
		X ₂ A ₅	X ₂ B ₅	X ₂ C ₅	X ₂ D ₅
	X ₃ = 50%	X ₃ A ₁	X ₃ B ₁	X ₃ C ₁	X ₃ D ₁
		X ₃ A ₂	X ₃ B ₂	X ₃ C ₂	X ₃ D ₂
		X ₃ A ₃	X ₃ B ₃	X ₃ C ₃	X ₃ D ₃
		X ₃ A ₄	X ₃ B ₄	X ₃ C ₄	X ₃ D ₄
		X ₃ A ₅	X ₃ B ₅	X ₃ C ₅	X ₃ D ₅
	X ₄ =75%	X ₄ A ₁	X ₄ B ₁	X ₄ C ₁	X ₄ D ₁
		X ₄ A ₂	X ₄ B ₂	X ₄ C ₂	X ₄ D ₂
		X ₄ A ₃	X ₄ B ₃	X ₄ C ₃	X ₄ D ₃
		X ₄ A ₄	X ₄ B ₄	X ₄ C ₄	X ₄ D ₄
		X ₄ A ₅	X ₄ B ₅	X ₄ C ₅	X ₄ D ₅

4.4.Población, muestra y muestreo

a) Población:

Se tendrá una población del tipo finita con 50 bloques de concreto por cada lote de producción, con la adición de escombros de concreto en porcentajes de: 0%,25%,50% y 75% en relación al volumen del agregado natural. (Luna y Pinedo, 2011. p.15)

b) Muestra:

Es obtenida al azar de cada lote de producción.

- ❖ 10 unidades del lote de producción 0% escombros.
- ❖ 10 unidades del lote de producción 25% escombros.
- ❖ 10 unidades del lote de producción de 50% escombros.
- ❖ 10 unidades del lote de producción de 75% escombros.

c) Muestreo:

Será realizado con la técnica de muestreo aleatorio simple en el cual cada unidad de la población tendrá la posibilidad de pertenecer a la muestra, se realizará por sorteo, colocando a cada unidad un número (1,2, 3, ...,50) y escogiendo 10 de cada proporción.

4.5.Métodos

El método a utilizar será el método sintético- analítico.

4.6.Técnicas e instrumentos

- ❖ **Técnica de recolección:** Observación, medición.
- ❖ **Instrumentos de recolección de información:**
 - Ficha técnica de ensayo de variación dimensional.
 - Ficha técnica de ensayo de alabeo.
 - Ficha técnica de ensayo de absorción.
 - Ficha técnica de ensayo de resistencia a la compresión.

4.7.Procedimientos

Paso1: Seleccionar los escombros de concreto de losas de pavimento rígido de resistencia 175 kg/cm^2 para luego ser trituradas y realizar un análisis granulométrico.

Paso2: Este material se utilizó como una adición al agregado natural en un porcentaje de: (0%,25%, 50% y 75%), en relación al agregado natural para la elaboración de bloques para unidad de albañilería, es decir

reemplazó a la proporción de gravilla en función a su volumen dentro de la mezcla.

Paso 3: Se realizó un correcto estudio de la dosificación y un adecuado diseño de los bloques.

Paso 4: Se procedió a llenar el molde en tres capas dando 3 golpes por capa para sus compactación, para luego realizar el desmolde en una superficie plana.

Paso 5: Luego se procedió a realizar el curado respectivo a los bloques para ser almacenados en un lugar protegido de la intemperie.

Paso 6: Posteriormente a los 28 días se realizó las pruebas correspondientes de variación dimensional, alabeo, resistencia a la compresión y a las 24 horas de inmersión en el agua para las pruebas de absorción de los bloques.

Paso 7: Se procesó los datos recolectados de las muestras, para de esa forma encontrar en que porcentaje es viable emplear los escombros de concreto de losas de pavimento rígido para unidad de albañilería.

V. RESULTADOS

5.1. Caracterización de los agregados usados en la investigación

5.1.1. Escombros

a) Granulometría

Tabla 3: Granulometría del escombros

Tamices ASTM	Abertura (mm)	Peso Retenido	Retenido Parcial	Retenido Acumulado	Porcentaje que Pasa
1/2"	12.700	0.0	0.0	0.0	100.0
3/8"	9.525	0.0	0.0	0.0	100.0
1/4"	6.350	0.5	0.1	0.1	99.9
N° 4	4.760	5.6	1.1	1.2	98.8
N° 6	3.350	35.8	7.2	8.4	91.6
N° 8	2.360	79.5	15.9	24.3	75.7
N° 10	2.000	31.7	6.3	30.6	69.4
N° 16	1.180	84.9	17.0	47.6	52.4
N° 20	0.850	42.6	8.5	56.1	43.9
N° 30	0.600	42.0	8.4	64.5	35.5
N° 40	0.425	38.5	7.7	72.2	27.8
N° 50	0.300	31.9	6.4	78.6	21.4
N° 80	0.180	28.6	5.7	84.3	15.7
N° 100	0.150	6.0	1.2	85.5	14.5
N° 200	0.074	16.5	3.3	88.8	11.2
Pasante		56.1	11.2	100.0	0.0

Tabla 4: Composición de la muestra de escombro

DESCRIPCIÓN	
1. Peso de material	
Peso Inicial Total (kg)	500
2. Características	
Grava (%)	1.2
Arena (%)	87.6
Finos (%)	11.2
Módulo de Fineza (%)	3.02

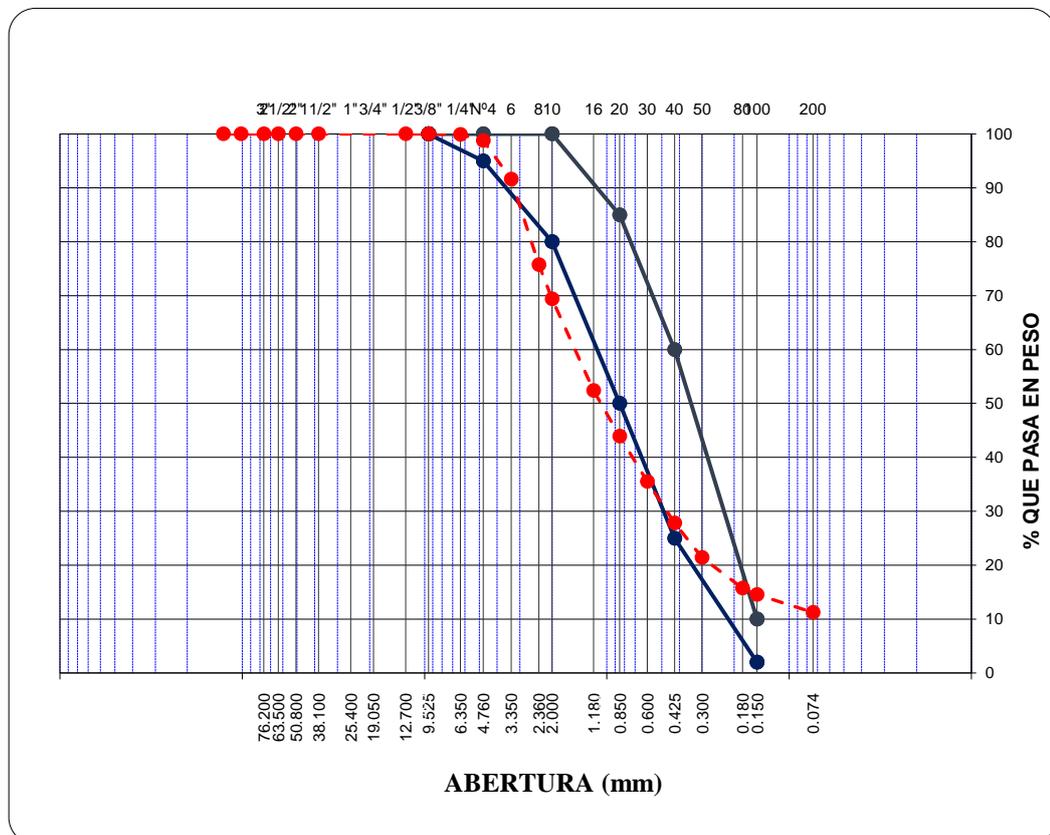


Figura 3: Curva granulométrica de la muestra de escombro

b) Peso unitario

Tabla 5: Contenido de humedad promedio de la muestra de escombros

Descripción	Muestra 1	Muestra 2
Peso de tara (gr)	38.9	38.9
Peso de la tara + muestra húmeda (gr)	128.6	128.4
Peso de la tara + muestra seca (gr)	123.2	122.6
Peso del agua contenida (gr)	5.4	5.8
Peso de la muestra seca (gr)	84.3	83.7
Contenido de Humedad (%)	6.4	6.9
Contenido de Humedad Promedio (%)	6.67	

Tabla 6: Peso unitario suelto del escombros

Descripción	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3
Peso del recipiente + muestra (gr)	14017.0	14046	14087
Peso del recipiente (gr)	6579.0	6579.0	6579.0
Peso de la muestra (gr)	7438.0	7467	7508
Volumen (m ³)	5615.0	5615.0	5615.0
Peso Unitario Suelto Húmedo (kg/cm ³)	1.325	1.330	1.337
Peso Unitario Suelto Seco	1.247		

Tabla 7: Peso unitario compactado del escombros

Descripción	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3
Peso del recipiente + muestra (gr)	14536.0	14730	14785
Peso del recipiente (gr)	6579.0	6579.0	6579.0
Peso de la muestra (gr)	7957.0	8151	8206
Volumen (m ³)	5615.0	5615.0	5615.0
Peso Unitario Compactado Húmedo (kg/cm ³)	1.417	1.452	1.461
Peso Unitario Compactado Seco	1.353		

c) Gravedad específica y absorción

Tabla 8: Gravedad específica y absorción del escombros

DATOS			Muestra 1	Muestra 2	
A	Peso Mat. Sat. Sup. Seco (en Aire)	gr.	500.0	500.0	
B	Peso Frasco + agua	gr.	509.7	503.4	
C	Peso Frasco + agua + A	gr.	1009.7	1003.4	
D	Peso del Mat. + agua en el frasco	gr.	794.4	794.3	
E	Vol. de masa + vol. de vacío = C-D	gr.	215.3	209.1	
F	Pe. De Mat. Seco en estufa (105°C)	gr.	470.6	471.7	
G	Vol. de masa = E - (A - F)		185.9	180.8	
RESULTADOS			Muestra 1	Muestra 2	PROMEDIO
1	Pe bulk (Base seca) = F/E		2.186	2.256	2.221
2	Pe bulk (Base saturada) = A/E		2.322	2.391	2.357
3	Pe aparente (Base Seca) = F/G		2.531	2.609	2.570
4	% de absorción = ((A - F)/F)*100		6.247	6.000	6.123

5.1.2. Gravilla

a) Granulometría

Tabla 9: Granulometría de la gravilla

Tamices ASTM	Abertura (mm)	Peso Retenido	Retenido Parcial	Retenido Acumulado	Porcentaje que Pasa
1/2"	12.700	0.0	0.0	0.0	100.0
3/8"	9.525	0.0	0.0	0.0	100.0
1/4"	6.350	20.2	4.0	4.0	96.0
N° 4	4.760	48.0	9.6	13.6	86.4
N° 6	3.350	55.2	11.0	24.7	75.3
N° 8	2.360	74.5	14.9	39.6	60.4
N° 10	2.000	24.1	4.8	44.4	55.6
N° 16	1.180	63.2	12.7	57.0	43.0
N° 20	0.850	27.9	5.6	62.6	37.4
N° 30	0.600	26.6	5.3	67.9	32.1
N° 40	0.425	26.1	5.2	73.1	26.9
N° 50	0.300	27.2	5.4	78.6	21.4
N° 80	0.180	33.5	6.7	85.3	14.7
N° 100	0.150	7.0	1.4	86.7	13.3
N° 200	0.074	16.9	3.4	90.0	10.0
Pasante		49.7	10.0	100.0	0.0

Tabla 10: Composición de la muestra de gravilla

DESCRIPCIÓN	
1. Peso de Material	
Peso Inicial Total (kg)	500
Peso Fracción Fina Para Lavar (gr)	0.0
2. Características	
Grava (%)	13.6
Arena (%)	76.4
Finos (%)	10.0
Módulo de Fineza (%)	3.43

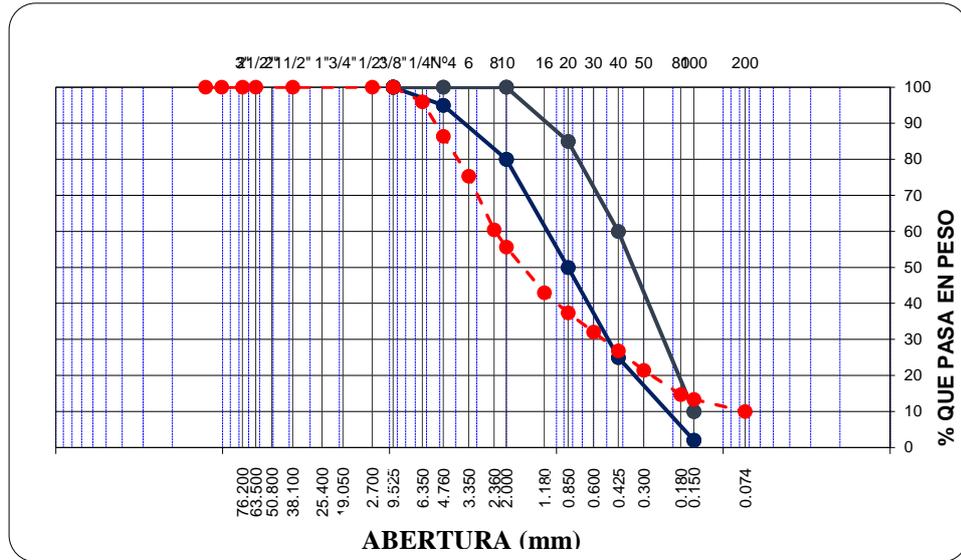


Figura 4: Curva granulométrica de la gravilla

b) Peso unitario

Tabla 11: Contenido de humedad promedio de la gravilla

Descripción	Muestra 1	Muestra 2
Peso de tara (gr)	38.9	38.9
Peso de la tara + muestra húmeda (gr)	126.9	127.0
Peso de la tara + muestra seca (gr)	121.4	121.5
Peso del agua contenida (gr)	5.5	5.5
Peso de la muestra seca (gr)	82.5	82.6
Contenido de Humedad (%)	6.7	6.7
Contenido de Humedad Promedio (%)	6.66	

Tabla 12: Peso unitario suelto de la gravilla

Descripción	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3
Peso del recipiente + muestra (gr)	14828.0	14816	14919
Peso del recipiente (gr)	6579.0	6579.0	6579.0
Peso de la muestra (gr)	8249.0	8237	8340
Volumen (m ³)	5615.0	5615.0	5615.0
Peso Unitario Suelto Húmedo (kg/cm ³)	1.469	1.467	1.485
Peso Unitario Suelto Seco	1.382		

Tabla 13: Peso unitario compactado de la gravilla

Descripción	Muestra	Muestra	Muestra
	1	2	3
Peso del recipiente + muestra (gr)	15276.0	15266	15489
Peso del recipiente (gr)	6579.0	6579.0	6579.0
Peso de la muestra (gr)	8697.0	8687	8910
Volumen (m ³)	5615.0	5615.0	5615.0
Peso Unitario Compactado Húmedo (kg/cm ³)	1.549	1.547	1.587
Peso Unitario Compactado Seco	1.463		

c) Gravedad específica y absorción

Tabla 14: Gravedad específica y absorción de la gravilla

DATOS		Muestra	Muestra	
		1	2	
A	Peso Mat. Sat. Sup. Seco (en Aire) (gr)	gr.	500.0	500.0
B	Peso Frasco + agua	gr.	524.7	522.8
C	Peso Frasco + agua + A (gr)	gr.	1024.7	1022.8
D	Peso del Mat. + agua en el frasco (gr)	gr.	809.4	809.4
E	Vol. de masa + vol de vacío = C-D (gr)	gr.	215.3	213.4
F	Pe. De Mat. Seco en estufa (105°C) (gr)	gr.	494.7	494.1
G	Vol. de masa = E - (A - F) (gr)		210.0	207.5
RESULTADOS		1	2	PROMEDIO
1	Pe bulk (Base seca) = F/E	2.298	2.315	2.307
2	Pe bulk (Base saturada) = A/E	2.322	2.343	2.333
3	Pe aparente (Base Seca) = F/G	2.356	2.381	2.368
4	% de absorción = ((A - F)/F)*100	1.071	1.194	1.133

5.1.3. Arena

a) Granulometría

Tabla 15: Granulometría de la arena

Tamices ASTM	Abertura (mm)	Peso Retenido	Retenido Parcial	Retenido Acumulado	Porcentaje que Pasa
1/4"	6.350	0.0	0.0	0.0	0.0
N° 4	4.760	0.0	0.0	0.0	100.0
N° 6	3.350	2.2	0.4	0.4	99.6
N° 8	2.360	7.6	1.5	2.0	98.0
N° 10	2.000	4.2	0.8	2.8	97.2
N° 16	1.180	25.5	5.1	7.9	92.1
N° 20	0.850	23.8	4.8	12.6	87.4
N° 30	0.600	84.9	17.0	29.6	70.4
N° 40	0.425	96.9	19.4	49.0	51.0
N° 50	0.300	103.6	20.7	69.7	30.3
N° 80	0.180	81.0	16.2	85.9	14.1
N° 100	0.150	26.6	5.3	91.3	8.7
N° 200	0.074	21.3	4.3	95.5	4.5
Pasante		22.5	4.5	100.0	0.0

Tabla 16: Composición de la arena

DESCRIPCIÓN	
1. Peso de Material	
Peso Inicial Total (kg)	500
2. Características	
Grava (%)	0
Arena (%)	95.5
Finos (%)	4.5
Módulo de Fineza (%)	2.0

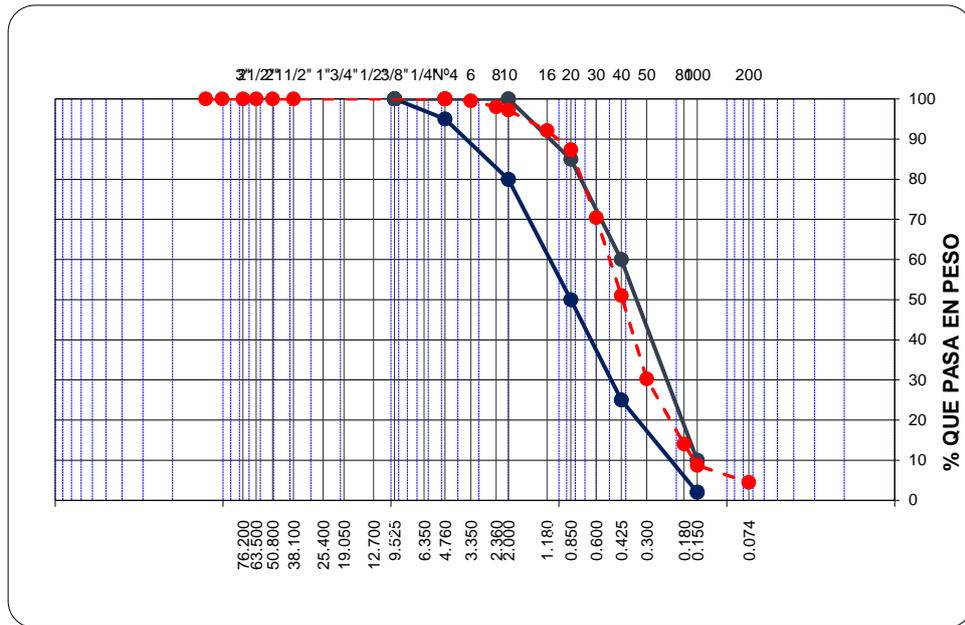


Figura 5: Curva granulométrica de la arena

b) Peso unitario

Tabla 17: Contenido de humedad promedio de la arena

Descripción	Muestra 1	Muestra 2
Peso de tara (gr)	38.9	38.8
Peso de la tara + muestra húmeda (gr)	122.9	122.6
Peso de la tara + muestra seca (gr)	118.4	118.3
Peso del agua contenida (gr)	4.5	4.3
Peso de la muestra seca (gr)	79.5	79.5
Contenido de Humedad (%)	5.7	5.4
Contenido de Humedad Promedio (%)	5.53	

Tabla 18: Peso unitario suelto de la arena

Descripción	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3
Peso del recipiente + muestra (gr)	5484.0	5448	5437.6
Peso del recipiente (gr)	4027.0	4027.0	4027.0
Peso de la muestra (gr)	1457.0	1421	1410.6
Volumen (m³)	930.0	930.0	930.0
Peso Unitario Suelto Húmedo (kg/cm³)	1.567	1.528	1.517
Peso Unitario Suelto Seco	1.457		

Tabla 19: Peso unitario compactado de la arena

Descripción	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3
Peso del recipiente + muestra (gr)	5596.1	5636.9	5637
Peso del recipiente (gr)	4027.0	4027.0	4027.0
Peso de la muestra (gr)	1569.1	1609.9	1610
Volumen (m ³)	930.0	930.0	930.0
Peso Unitario Compactado Húmedo (kg/cm ³)	1.687	1.731	1.731
Peso Unitario Compactado Seco	1.626		

c) Gravedad específica y absorción

Tabla 20: Gravedad específica y absorción de la arena

DATOS			Muestra 1	Muestra 2	
A	Peso Mat. Sat. Sup. Seco (en Aire)	gr.	500.0	500.0	
B	Peso Frasco + agua	gr.	524.3	518.7	
C	Peso Frasco + agua + A	gr.	1024.3	1018.7	
D	Peso del Mat. + agua en el frasco	gr.	809.0	809.3	
E	Vol. de masa + vol. de vacío = C-D	gr.	215.3	209.4	
F	Pe. De Mat. Seco en estufa (105°C)	gr.	494.5	495.3	
G	Vol. de masa = E - (A - F)		209.8	204.7	
RESULTADOS			Muestra 1	Muestra 2	PROMEDIO
1	Pe bulk (Base seca) = F/E		2.297	2.365	2.331
2	Pe bulk (Base saturada) = A/E		2.322	2.388	2.355
3	Pe aparente (Base Seca) = F/G		2.357	2.420	2.388
4	% de absorción = ((A - F)/F)*100		1.112	0.949	1.031

5.2. Diseño de mezcla empleado en la elaboración de los bloques (Método A.C.I)

Tabla 21: Diseño de mezcla con agregado natural

Tipo de mezcla	Proporciones de materiales				Resistencia a los 28 días
Contenido de cemento (Kg/m ³)	Agua	Cemento	Arena	Gravilla	80 kg/cm ²
225	0.55	1	4	4	
Utilizando un bulto de cemento de 20 kg					
Contenido de cemento (Kg/m ³)	Agua (lt)	Cemento (kg)	Arena (kg)	Gravilla (kg)	
225	11	20	80	80	

Tabla 22: Diseño de mezcla en diferentes proporciones de escombros

Proporción de material en peso al 25 % de escombros						
Contenido de cemento (Kg/m ³)	Agua (lt)	Cemento (kg)	Arena (kg)	Gravilla (kg)	Escombros (kg)	Resistencia a los 28 días 80 kg/cm ²
225	11	20	80	60	20	
Proporción de material en peso al 50 % de escombros						
Contenido de cemento (Kg/m ³)	Agua (lt)	Cemento (kg)	Arena (kg)	Gravilla (kg)	Escombros (kg)	Resistencia a los 28 días 80 kg/cm ²
225	11	20	80	40	40	
Proporción de material en peso al 75 % de escombros						
Contenido de cemento (Kg/m ³)	Agua (lt)	Cemento (kg)	Arena (kg)	Gravilla (kg)	Escombros (kg)	Resistencia a los 28 días 80 kg/cm ²
225	11	20	80	20	60	

5.3. Propiedades físico-mecánicas de los bloques

5.3.1. Resultados obtenidos del ensayo de variación dimensional (NTP 339.604)

a) Variación dimensional (alto)

Tabla 23: Variación dimensional con respecto al alto de la unidad.

Muestra	DIMENSIONES					
	Dimensión nominal (cm)	Dimensión real (cm)	Variación (mm)	Variación promedio	% variación	% variación promedio
X_{1A}=0%	19	18.73	-2.73	-2.66	1.43	1.40
	19	18.85	-1.53		0.80	
	19	18.78	-2.23		1.17	
	19	18.71	-2.93		1.54	
	19	18.61	-3.90		2.05	
X_{2A}=25%	19	18.65	-3.48	-3.67	1.83	1.93
	19	18.54	-4.62		2.43	
	19	18.62	-3.85		2.03	
	19	18.67	-3.35		1.76	
	19	18.70	-3.05		1.61	
X_{3A}=50%	19	18.67	-3.28	-3.31	1.72	1.74
	19	18.76	-2.37		1.25	
	19	18.62	-3.78		1.99	
	19	18.66	-3.45		1.82	
	19	18.64	-3.65		1.92	
X_{4A}=75%	19	18.91	-0.90	-2.75	0.47	1.45
	19	18.59	-4.07		2.14	
	19	18.70	-3.00		1.58	
	19	18.77	-2.33		1.22	
	19	18.66	-3.45		1.82	

b) Variación dimensional (ancho)

Tabla 24: Variación dimensional con respecto al ancho de la unidad.

Muestra	DIMENSIONES					
	Dimensión nominal (cm)	Dimensión real (cm)	Variación (mm)	Variación promedio	% variación	% variación promedio
X_{1A}=0%	12	12.19	1.90	2.00	-1.58	-1.66
	12	12.20	2.03		-1.69	
	12	12.19	1.90		-1.58	
	12	12.21	2.10		-1.75	
	12	12.21	2.05		-1.71	
X_{2A}=25%	12	12.29	2.93	2.50	-2.44	-2.08
	12	12.26	2.62		-2.19	
	12	12.22	2.17		-1.81	
	12	12.24	2.38		-1.98	
	12	12.24	2.38		-1.98	
X_{3A}=50%	12	12.20	1.95	2.32	-1.63	-1.93
	12	12.24	2.35		-1.96	
	12	12.27	2.70		-2.25	
	12	12.23	2.30		-1.92	
	12	12.23	2.27		-1.90	
X_{4A}=75%	12	12.20	1.98	2.13	-1.65	-1.77
	12	12.17	1.72		-1.44	
	12	12.23	2.30		-1.92	
	12	12.23	2.33		-1.94	
	12	12.23	2.30		-1.92	

c) Variación dimensional (largo)

Tabla 25: Variación dimensional con respecto al largo de la unidad.

Muestra	DIMENSIONES					
	Dimensión nominal (cm)	Dimensión real (cm)	Variación (mm)	Variación promedio	% variación	% variación promedio
X_{1A}=0%	39	38.73	-2.75	2.35	0.71	-0.60
	39	39.45	4.50		-1.15	
	39	39.05	0.50		-0.13	
	39	38.73	-2.75		0.71	
	39	39.13	1.25		-0.32	
X_{2A}=25%	39	38.95	-0.50	1.18	0.13	-0.30
	39	39.11	1.12		-0.29	
	39	39.18	1.75		-0.45	
	39	39.05	0.50		-0.13	
	39	38.80	-2.00		0.51	
X_{3A}=50%	39	38.80	-2.00	1.05	0.51	-0.27
	39	38.85	-1.50		0.38	
	39	39.08	0.75		-0.19	
	39	39.03	0.25		-0.06	
	39	39.08	0.75		-0.19	
X_{4A}=75%	39	38.84	-1.62	-1.52	0.42	0.39
	39	38.70	-3.00		0.77	
	39	38.90	-1.00		0.26	
	39	38.98	-0.25		0.06	
	39	38.83	-1.75		0.45	

5.3.2. Resultados obtenidos del ensayo de alabeo (NTP 399.613)

a) Alabeo (0% escombros)

Tabla 26: Datos individuales de Alabeo con la proporción de 0% de escombros.

Muestra (0%)	Medidas			
	Cara superior (mm)		Cara inferior (mm)	
	Cóncavo	Convexo	Cóncavo	Convexo
X ₁ B	0	2.7	0	2.1
	0	2.5	0	2.1
	0	2.4	0	3.3
	0	1.8	0	2.2
	2.2	2.8	0	1.9
Promedio	0.44	2.44	0	2.32

b) Alabeo (25% escombros)

Tabla 27: Datos individuales de Alabeo con la proporción de 25% de escombros.

Muestra (25%)	Medidas			
	Cara superior (mm)		Cara inferior (mm)	
	Cóncavo	Convexo	Cóncavo	Convexo
X ₂ B	2.3	3.3	0	3.7
	0	5.2	3.6	0
	0	2.7	3.5	4.3
	2.5	4	0	3.5
	0	3	3.2	0
Promedio	0.96	3.64	2.06	2.3

c) Alabeo (50% escombros)

Tabla 28: Datos individuales de Alabeo con la proporción de 50% de escombros.

Muestra (50%)	Medidas			
	Cara superior (mm)		Cara inferior (mm)	
	Cóncavo	Convexo	Cóncavo	Convexo
X ₃ B	0	0	0	2.6
	0	0	2.5	0
	2.8	0	3	0
	0	2.5	2	0
	0	4	2.6	2.7
Promedio	0.56	1.3	2.02	1.06

d) Alabeo (75% escombros)

Tabla 29: Datos individuales de Alabeo con la proporción de 75% de escombros.

Muestra (75%)	Medidas			
	Cara superior (mm)		Cara inferior (mm)	
	Cóncavo	Convexo	Cóncavo	Convexo
X ₄ B	0	3.2	3.6	0
	0	3.1	0	4
	2.6	2.4	2.7	0
	0	3	0	2.9
	0	3.7	2.6	1.5
Promedio	0.52	3.08	1.78	1.68

5.3.4. Resultados obtenidos del ensayo de absorción (NTP 399.613)

Tabla 30: Resultado de la absorción de la muestra 0% de escombros

Muestra X₁	Peso Saturado (g)	Peso Seco (g)	Absorción (%)	Peso Saturado Promedio	Peso Seco Promedio	Promedio Absorción (%)
C ₁	12075.0	11784.0	2.5	11888	11605	2.4
C ₂	11665.0	11395.0	2.4			
C ₃	11986.0	11724.0	2.2			
C ₄	11766.0	11447.0	2.8			
C ₅	11946.0	11674.0	2.3			

Tabla 31: Resultado de la absorción de la muestra de 25% de escombros

Muestra X₂	Peso Saturado (g)	Peso Seco (g)	Absorción (%)	Peso Saturado Promedio	Peso Seco Promedio	Promedio Absorción (%)
C ₁	11839.0	11706.0	1.1	11565	11310	2.3
C ₂	11102.0	10741.0	3.4			
C ₃	11280.0	10941.0	3.1			
C ₄	11860.0	11650.0	1.8			
C ₅	11745.0	11514.0	2.0			

Tabla 32: Resultado de la absorción de la muestra de 50% de escombros

Muestra X3	Peso Saturado (g)	Peso Seco (g)	Absorción (%)	Peso Saturado Promedio	Peso Seco Promedio	Promedio Absorción (%)
C1	11652.0	11245.0	3.6	11457	11180	2.5
C2	11308.0	11157.0	1.4			
C3	11340.0	11095.0	2.2			
C4	11396.0	11127.0	2.4			
C5	11591.0	11275.0	2.8			

Tabla 33: Resultado de la absorción de la muestra de 75% de escombros.

Muestra X4	Peso Saturado (g)	Peso Seco (g)	Absorción (%)	Peso Saturado Promedio	Peso Seco Promedio	Promedio Absorción (%)
C ₁	11573.0	11296.0	2.5	11493	11247	2.2
C ₂	11596.0	11341.0	2.2			
C ₃	11705.0	11484.0	1.9			
C ₄	11306.0	11063.0	2.2			
C ₅	11285.0	11052.0	2.1			

5.3.5. Resultados obtenidos del ensayo de resistencia a la compresión a los 28 días (NTP 399.613)

Tabla 34: Resultado de resistencia a la compresión de la muestra de 0% de escombros.

RESULTADOS DE ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN					
MUESTRA X₁	ANCHO (A)	LARGO (B)	AREA BRUTA I= A*B	CARGA (kg) (K)	f' b (kg/cm²) L=K/I
D ₁	12.19	38.73	472.06	14220	30.12
D ₂	12.20	39.45	481.39	14530	30.18
D ₃	12.19	39.05	476.02	13260	27.86
D ₄	12.21	38.73	472.83	22630	47.86
D ₅	12.21	39.13	477.52	20430	42.78
PROMEDIO					35.76

Tabla 35: Resultado de resistencia a la compresión de la muestra de 25% de escombros.

RESULTADOS DE ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN					
MUESTRA X₂	ANCHO (A)	LARGO (B)	AREA BRUTA I= A*B	CARGA (kg) (K)	f' b (kg/cm²) L=K/J
D ₁	12.29	38.95	478.79	15260	31.87
D ₂	12.26	39.11	479.62	15500	32.32
D ₃	12.22	39.18	478.62	17820	37.23
D ₄	12.24	39.05	477.87	16570	34.67
D ₅	12.24	38.80	474.82	19130	40.29
PROMEDIO					35.28

Tabla 36: Resultado de resistencia a la compresión de la muestra de 50% de escombros

RESULTADOS DE ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN					
MUESTRA X₃	ANCHO (A)	LARGO (B)	AREA BRUTA I= A*B	CARGA (kg) (K)	f'b (kg/cm²) L=K/J
D ₁	12.20	38.80	473.17	19250	40.68
D ₂	12.24	38.85	475.33	26830	56.45
D ₃	12.27	39.08	479.45	20730	43.24
D ₄	12.23	39.03	477.28	22970	48.13
D ₅	12.23	39.08	477.79	18910	39.58
PROMEDIO					45.61

Tabla 37: Resultado de resistencia a la compresión de la muestra de 75% de escombros

RESULTADOS DE ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN					
MUESTRA X₄	ANCHO (A)	LARGO (B)	AREA BRUTA I= A*B	CARGA (kg) (K)	f'b (kg/cm²) L=K/J
D ₁	12.20	38.84	473.72	21680	45.77
D ₂	12.17	38.70	471.08	16370	34.75
D ₃	12.23	38.90	475.75	21800	45.82
D ₄	12.23	38.98	476.76	19390	40.67
D ₅	12.23	38.83	474.83	16120	33.95
PROMEDIO					40.19

5.3.6. Resultados promedios por lote de producción

Tabla 38: Cuadro comparativo de los lotes de producción

Lote	Propiedades físico-mecánicas de los bloques									
	Promedios								Absorción (%)	Resistencia a la compresión (kg/cm ²)
	Variación dimensional (%)			Alabeo (mm)						
	Alto	Ancho	Largo	C. Superior		C. Inferior				
Cón.				Conv.	Cón.	Conv.				
0%	1.40	-1.66	-0.60	0.44	2.44	0	2.32	2.4	35.76	
25%	1.93	-2.08	-0.30	0.96	3.64	2.06	2.30	2.3	35.28	
50%	1.74	-1.93	-0.27	0.56	1.30	2.02	1.06	2.5	45.61	
75%	1.45	-1.77	0.39	0.52	3.08	1.78	1.68	2.2	40.19	

VI. DISCUSIÓN

6.1. Caracterización de los agregados

- ❖ Si comparamos el trabajo de investigación “Caracterización de los agregados de concreto reciclado, propiedades técnicas y uso” (Cárdenas, 2014); indica que la humedad y la absorción es mayor en los agregados reciclados; obtuvo como contenido de humedad para el escombros 3.33 y porcentaje de absorción 2.62; mientras que para el agregado natural obtuvo un contenido de humedad de 0.04 y un porcentaje de absorción de 0.42; caso que en nuestra investigación el escombros y la gravilla poseen similar contenido de humedad (6.67 para el escombros y 6.66 para la gravilla) ; mientras que la absorción en el escombros es mucho mayor (6.123 para el escombros y 1.133 para la gravilla). Esto puede estar influenciado por la distribución granulométrica, contenido de finos, tamaño máximo de los agregados y forma de las partículas. En cuanto al peso unitario compactado Cárdenas opina que el agregado reciclado es más liviano que el agregado natural, hecho que se confirma con nuestra investigación.
- ❖ En el artículo científico “Aprovechamiento de los escombros generados en actividades de demolición de placas de pavimento en Cartagena –Colombia” (Eljaiek y Quiñonez, 2011), observa que los agregados finos producto de la trituración de escombros tienen un porcentaje de absorción muy alto de un 19.67%; hecho que en nuestra investigación dicha absorción tuvo un máximo valor de 6.123% acercándose más a lo normalizado que es de un máximo de 5%, esto podría estar relacionado a las características propias de los agregados de cada zona.

6.2. Propiedades de los bloques

- ❖ En el artículo científico “Aprovechamiento de los escombros generados en actividades de demolición de placas de pavimento en Cartagena –Colombia” (Eljaiek y Quiñones, 2011), obtuvo el mayor valor de 28.25% de absorción en su lote de producción del 75% de escombros, mientras que en nuestra investigación se obtuvo un valor de 2.2 % de absorción; lo cual está relacionado a alto porcentaje de absorción que tienen sus agregados.
- ❖ En el artículo científico “Aprovechamiento de los escombros generados en actividades de demolición de placas de pavimento en Cartagena –Colombia”

(Eljaiek y Quiñones, 2011), obtuvo un 43.56 kg/cm^2 de resistencia a la compresión en su lote de producción del 75% de escombros y un 36.69 kg/cm^2 para su lote de 50% de escombros, mientras que en nuestra investigación se obtuvo un valor de 40.19 kg/cm^2 para el 75% de escombros y para el 50% de escombros un 45.61 kg/cm^2 ; lo cual Quiñones indica que la resistencia está relacionada con el alto valor de absorción de sus agregados y con el proceso de fabricación que fue de manera artesanal; además también concluye que al aumentar progresivamente la cantidad de agregado fino reciclado la resistencia a la compresión tiende a aumentar, lo cual se confirma con nuestra investigación con excepción del lote de 75% que obtuvieron resultados ligeramente menores en comparación al 50%; esto debido al proceso de elaboración de los bloques.

- ❖ En la tesis “Bloqueta artesanal en la zona del cono sur de la ciudad de Tacna” (Collao, 2008), obtiene una resistencia máxima de 34.51 kg/cm^2 , una absorción de 6.73%, una variación dimensional de 1.36% y un alabeo de 2.00 mm, dicho autor concluye que los resultados obtenidos varían desde un rango regular a deficiente debido a la elaboración de manera artesanal, en nuestra investigación se obtuvieron resultados que clasificaron a nuestros bloques del Tipo NP, sin embargo concordamos con Collao en que el proceso de fabricación se realice de manera industrial y no artesanal, porque generarían un mejor control de calidad del producto final.

VII.CONCLUSIONES

- ❖ El agregado de escombros de losas de pavimento rígido, poseen propiedades similares a las del agregado natural, teniendo mejores resultados a medida que se va incrementando su dosificación, puesto que al tener un menor módulo de fineza existe un mejor acomodamiento de las partículas obteniéndose un bloque con mejor textura y con menor porosidad fortaleciendo así su resistencia a la compresión.
- ❖ Según los resultados obtenidos se concluye que el diseño de mezcla que tuvo los mejores resultados fue el correspondiente al 50% de escombro, debido a que presento un mejor acomodamiento de los agregados.
- ❖ Los parámetros de variación dimensional, alabeo, absorción fueron similares para los diferentes lotes de producción, es la resistencia a la compresión que hizo la diferencia para determinar que el diseño más óptimo para la elaboración de bloques es la proporción correspondiente del 50% de escombros que obtuvo por resistencia promedio un valor de 45.61 kg/cm^2 , y cuyo medida individual alcanzo la mayor resistencia en el bloque 2 con un valor de 56.45 kg/cm^2 ; superando el valor mínimo para bloques de tipo P.
- ❖ De los resultados obtenidos todos los lotes de producción cumplen los parámetros de la norma E-070 de albañilería, el cual lo clasifica con bloques estructurales de Tipo NP, que son bloques usados para muros no portantes.

VIII. RECOMENDACIONES

- ❖ Realizar la elaboración de los bloques de concreto mediante un proceso industrial, con la finalidad de mejorar los resultados obtenidos, esto también da la posibilidad de incluir en los diseños aditivos que mejoren la resistencia a la compresión.
- ❖ Realizar investigaciones comparativas económicamente en la elaboración de bloques de concreto con agregado de escombros y con agregado natural para complementar la investigación.
- ❖ Se recomienda que a largo plazo se proyecte el uso de los residuos sólidos como son los escombros en la elaboración de bloques de concreto, y que además se incentiven a futuras investigaciones que ayuden a solucionar el problema de la contaminación mediante el uso de materiales reciclados.

IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abanto Castillo, F. (2009). *Tecnología del concreto*. Lima. Perú: Editorial San Marcos.
- Acosta L. (2014). *Análisis comparativo de la resistencia a compresión de bloques huecos de concreto con adición de fibra de polipropileno*. Tesis para optar el título de ingeniería civil. Universidad Nueva Esparta. República Bolivariana de Venezuela.
- Alvares D. (2013). *Uso de agregados reciclados para pavimentación*. Tesis para optar el grado de Ingeniero Civil. Instituto Tecnológico de Sonora. Ciudad de Obregón.
- Arrieta, F.J. (2001). *Fabricación de Bloques de Concreto con Mesa Vibradora*. Lima, Universidad Nacional de Ingeniería.
- Cardenas, W. y Hernandez, J. (2014). “Caracterización de los agregados de concreto reciclado, propiedades técnicas y uso”. Zipaquirá Colombia.
- Chuquihuanga, M., Flores, Y., Gamonal, R., Gil, A., Olivera, E., Saavedra, R., y otros. (2014). *Normalización*. Recuperado de: <https://es.scribd.com/document/257102341/Norma-Tecnica-Peruana-de-Albanileria>
- Collao, F. (2008). *Bloqueta artesanal en la zona del Cono Sur de la ciudad de Tacna*. Universidad Nacional de Tacna. Tacna. Perú.
- Eljaiek, M. y Quiñonez, E. (2011). *Aprovechamiento de los escombros generados en actividades de demolición de placas de pavimento en Cartagena-Colombia*. Cartagena Colombia.
- Escandón, M J, C. (2011). *Diagnostico Técnico y Económico del Aprovechamiento de Residuos de Construcción y Demolición en Edificaciones en la Ciudad de Bogotá*. (Trabajo de Grado -Tesis Pregrado en Ingeniería Civil). Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá Colombia.
- Harmsen, T. E. (2002). *Diseño de estructuras de concreto armado*. Lima. Perú: Fondo editorial.

- Jordan, J. y Viera, N. (2014). *Estudio de la resistencia del concreto, utilizando como agregado el concreto reciclado de obra*. (Tesis para optar el grado de Ingeniero Civil). Universidad Nacional del Santa. Chimbote. Perú.
- Klee, H. (2009): *Reciclando concreto*. Washington. EE.UU. Cement Sustainability Initiative.
- Olivera, B.F. (2000). *“Estructuración de vías terrestres”*. 2ª Edición, Editorial C.E.C.S.A.
- Pinedo, R., & Luna, Y. (2011). *Estudio de la Factibilidad Técnica del Diseño de Bloques de Concreto Sustituyendo el Agregado Fino por Aliven*. (Tesis para optar el título de Ingeniero Civil). Universidad Nueva Esparta, Caracas Venezuela.
- Seguro, J. (2010). *Construyendo*. Recuperado de <http://www.acerosarequipa.com/construccion-de-viviendas/construccion-de-viviendasaprende-linea/12capacitandonos-muros-portantes.html>.
- Vásquez Bustamante, O. (2015). *Reglamento Nacional de Edificaciones (2015)*. Editorial Oscar Vásquez S.A.C.
- Villarroel y Saldarriaga. (2015). *Influencia del porcentaje de agregado grueso reciclado sobre la resistencia a la compresión, absorción y durabilidad del concreto para bloques de muro*. (Trabajo para optar el título de Ingeniería Civil). Universidad Nacional de Trujillo. Trujillo. Perú.
- NPT 399.604.2002. UNIDADES DE ALBAÑILERÍA. *Método de muestreo y ensayo de unidades de albañilería de concreto*. Primera edición.
- NPT 399.613.2005. UNIDADES DE ALBAÑILERÍA. *Método de muestreo y ensayo de ladrillos de arcilla usados en albañilería*. Primera edición

ANEXOS

REGISTRO FOTOGRÁFICO



Foto 1: Escombros obtenidos de la demolición de los pavimentos de la plaza de armas de Chachapoyas – Amazonas.



Foto 2: Proceso de triturado de los escombros de losa de pavimento rígido.



Foto 3: Selección de los escombros triturados de losa de pavimento rígido.



Foto 4: Ensayo granulométrico por tamizado de los agregados y determinación del módulo de fineza.



Foto 5: Determinación del peso unitario compactado y peso unitario sin compactar del escombro de losa de pavimento rígido.



Foto 6: Determinación de la gravedad específica.



Foto 7: Mezclado de los agregados en seco después de cada dosificación.



Foto 8: Medición de la consistencia por medio del cono de Abrams.



Foto 9: Elaboración de los bloques de concreto y desmolde de los bloques.



Foto 10: Almacenamiento y curado de los bloques de concreto.



Foto 11: Medición de la variación dimensional de los bloques de concreto.



Foto 12: Ensayo resistencia a la compresión.



Foto 13: Saturación de los bloques de concreto por 24 horas.



Foto 14: Secado de los bloques de concreto por 24 horas.



Foto 15: Obtención de la masa seca de los bloques de concreto después de estar 24 horas en el horno.



Foto 16: Obtención de masa saturada de los bloques de concreto después de estar 24 horas en el agua.

COSTOS UNITARIOS DE LA ELABORACIÓN DE LOS BLOQUES DE CONCRETO CON AGREGADO NATURAL Y CON ESCOMBROS

Tabla N° 39: Costos unitarios de la elaboración de bloques de concreto con agregado natural

Partida	ELABORACIÓN DE BLOQUES DE CONCRETO					
Rendimiento	Millar/día	0.14		Costo unitario directo por millar (S/.)		1174.59
Código	Descripción del recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
	Mano de Obra					
	PEÓN	hh	1.000	57.14	9.26	529.12
	Sub Total					529.12
	Materiales Puesto en obra					
	Cemento portland tipo I	bls.		17.70	26.000	460.20
	Arena gruesa	m ³		2.00	45.000	90.00
	Gravilla	m ³		2.00	35.000	70.00
	Agua	m ³		0.60	3.00	1.80
	Sub Total					622.00
	Equipos					
	Herramientas Manuales	%MO		0.030	0.529	0.016
	Mezcladora de concreto	hm		0.670	35.000	23.450
	Sub Total					23.47
	TOTAL					

Tabla N° 40: Costos unitarios de la elaboración de bloques de concreto con agregado escombros

Partida	ELABORACIÓN DE BLOQUES DE CONCRETO					
Rendimiento	Millar/día	0.14		Costo unitario directo por millar (S/.)		1124.59
Código	Descripción del recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
	Mano de Obra					
	PEÓN	hh	1.000	57.14	9.26	529.12
	Sub Total					529.12
	Materiales Puesto en obra					
	Cemento portland tipo I	bls		17.70	26.000	460.20
	Arena gruesa	m3		2.00	45.000	90.00
	Escombros	m3		2.00	10.000	20.00
	Agua	m3		0.60	3.00	1.80
	Sub Total					572.00
	Equipos					
	Herramientas manuales	%MO		0.030	0.529	0.016
	Mezcladora de concreto	hm		0.670	35.000	23.450
	Sub Total					23.47
TOTAL						1124.59

**RESULTADOS DEL LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS DEL
MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES CHACHAPOYAS**