



**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA CENTROAMERICANA**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**PROYECTO DE GRADUACIÓN**

**ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE BLOQUES DE  
CONCRETO A BASE DE CEMENTO Y BLOQUES DE CONCRETO CON  
SUSTITUCIÓN PARCIAL DE CAL EN SAN PEDRO SULA**

**PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE  
INGENIERO CIVIL**

**PRESENTADO POR:**

**21511046 DENIS ADRIÁN PERDOMO PINTO**

**21711376 JOSÉ EDGARDO GARCÍA LÓPEZ**

**ASESOR: ING. MICHAEL JOB PINEDA**

**CAMPUS SAN PEDRO SULA**

**ABRIL, 2022**

**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA CENTROAMERICANA**

**UNITEC**

**PRESIDENTE EJECUTIVA:**

**ROSALPINA RODRÍGUEZ GUEVARA**

**RECTOR:**

**MARLON ANTONIO BREVE REYES**

**VICERRECTOR ACADÉMICO:**

**DESIRÉE TEJADA CALVO**

**SECRETARIO GENERAL:**

**ROGER MARTÍNEZ MIRANDA**

**VICEPRESIDENTA CAMPUS SAN PEDRO SULA:**

**ABG. MARÍA ROXANA ESPINAL MONTEILH**

**JEFE ACADÉMICO DE INGENIERÍA CIVIL:**

**HECTOR WILFREDO PADILLA SIERRA**

**ANÁLISIS COMPARATIVOS ENTRE BLOQUES DE CONCRETO A BASE DE CEMENTO Y  
BLOQUES DE CONCRETO DE SUSTITUCIÓN PARCIAL EN SAN PEDRO SULA**

**TRABAJO PRESENTADO EN  
CUMPLIMIENTO DE LOS REQUISITOS  
EXIGIDOS PARA OPTAR EL TÍTULO DE**

**INGENIERO CIVIL**

**ASESOR METODOLÓGICO:**

**ING. MICHAEL JOB PINEDA CANALES**

**ASESOR TEMÁTICO:**

**ING. HÉCTOR BUSTILLO**

**MIEMBROS DE LA TERNA:**

**ING. EDWIN ROBERTO TURCIOS GARCIA**

**ING. ÁNGEL DAVID FUNEZ CASTRO**

**ING. ADA SOBEYDA RODRIGUEZ ZUNIGA**

## **DERECHOS DE AUTOR**

© Copyright 2021

DENIS ADRIÁN PERDOMO PINTO

JOSÉ EDGARDO GARCÍA LÓPEZ

Todos los derechos son reservados.

## **DEDICATORIA**

A mis padres que desde pequeño siempre me inculcaron valores y principios, y estuvieron conmigo apoyándome en mi educación y con mucho esfuerzo forjar el profesional que ahora soy.

A mi tío Byron Isaac Paz que me apoyo de las maneras posibles que él pudo, por verme un profesional.

A María Jose Lemus que estuvo conmigo desde un inicio de la universidad y siempre me apoyo aun en las etapas más difíciles para poder seguir adelante con mis estudios.

-Jose E. Garcia López

A mi abuela Aura Ninfa Arita Arita QDDG, quien en vida fue mi soporte emocional, mi mejor amiga y un gran ejemplo.

A mi abuelo Marco Aurelio Pinto Reyes que siempre está conmigo en las buenas y en las malas y ha sido un modelo a seguir para mí.

A mis padres Maria Graciela Pinto Arita y Arlen Denis Perdomo Perdomo a quienes les debo la vida y lo que soy, quienes me han formado y apoyado en todo a lo largo de mi vida y mi carrera.

- Denis Adrian Perdomo Pinto

## **AGRADECIMIENTOS**

Principalmente, a Dios quien fue quien me dio la fuerza y sabiduría en cada momento de mi vida y en este proceso educativo.

Al Ing. Michael Jobs Pineda, quien fue quien nos asesoró y nos enseñó como desempeñarse de la mejor manera en esta última etapa de la carrera.

Al Ing. Héctor Bustillo quien nos apoyó en la parte práctica para poder realizar esta etapa de nuestros estudios.

A mis amigos más cercanos, que de cierta manera me ayudaron en la universidad.

-Jose E. Garcia López

Primeramente, a Dios y a la virgen santisima que nunca me dejaron de la mano en ningun momento

Al ing. Michael Pineda y al Ing. Hector Bustillo quienes me asesoraron en este proyecto de investigacion

A mi familia y amigos por siempre estar conmigo en las buenas y en las malas

- Denis Adrian Perdomo Pinto



## RESUMEN EJECUTIVO

En la presente investigación se muestra la elaboración y análisis de los bloques de concreto, utilizando cantidades definidas de Cal para su posterior análisis y comportamiento, el objetivo de esta investigación es encontrar nuevas tecnologías o técnicas que no se utilicen en nuestro medio para el sector de la construcción, el objetivo principal es minimizar el impacto negativo sobre el medio ambiente. El estudio se realizó analizando las propiedades mecánicas del ladrillo, como su resistencia a la compresión y propiedades, comparando esta resistencia y propiedad con los diferentes ladrillos descritos en el trabajo. También se comparan las propiedades de los agregados utilizados en el diseño de la mezcla de concreto. Estas propiedades físicas del agregado incluyen, peso volumétrico, gravedad específica, absorción y los ensayos de resistencia, en cada uno de los ensayos se denota la tendencia que presenta cada una de las iteraciones definidas en la metodología de estudio, las iteraciones propuestas en la sustitución parcial de Cal por el cemento en la fabricación son de 25%, 30%, 35%, 40%, 45%, con base a ello se realiza una comparación con los resultados de los ensayos de cada uno de ellos en comparación a los resultados del bloque base a comparar fabricado totalmente de cemento. El estudio se desarrolló de acuerdo a las normas ACI y ASTM. Las pruebas de resistencia a la compresión se realizaron 7 días después del envejecimiento del bloque. El bloque que mayor resistencia de compresión presentó a los 7 días dentro de las iteraciones propuestas para la presente investigación fue el de 30% de sustitución en Cal con 850 [psi], que además presenta una absorción de 10.93 [lbs/pie<sup>3</sup>].

**Palabras clave:** *Absorción, ASTM, Bloques, Cal, Resistencia de compresión.*



## ABSTRACT

The present research shows the elaboration and analysis of concrete blocks, using defined quantities of lime for its subsequent analysis and behavior, the objective of this research is to find new technologies or techniques that are not used in our environment for the construction sector, the main objective is to minimize the negative impact on the environment. The study was carried out by analyzing the mechanical properties of the brick, such as its compressive strength and properties, comparing this strength and property with the different bricks described in the work. The properties of the aggregates used in the concrete mix design are also compared. These physical properties of the aggregate include, volumetric weight, specific gravity, absorption and resistance tests, in each of the tests the tendency that presents each of the iterations defined in the study methodology is denoted, the proposed iterations in the partial substitution of lime for cement in the manufacture are 25%, 30%, 35%, 40%, 45%, based on this a comparison is made with the results of the tests of each of them in comparison to the results of the base block to compare made entirely of cement. The study was carried out in accordance with ACI and ASTM standards. The compressive strength tests were performed 7 days after aging of the block. The block with the highest compressive strength at 7 days within the iterations proposed for the present investigation was the one with 30% lime substitution at 850 [psi], which also has an absorption of 10.93 [lbs/ft<sup>3</sup>].

**Keywords: Absorption:** ASMT, Blocks, Lime, Compressive strength.



# ÍNDICE DE CONTENIDO

<b>I. INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>1</b>
<b>II. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA</b> .....	<b>3</b>
2.1 Precedentes del problema .....	3
2.2 Definición del problema .....	4
2.3 Justificación .....	5
2.4 Preguntas de investigación .....	7
2.5 Objetivos .....	8
<b>III. MARCO TEÓRICO</b> .....	<b>9</b>
3.1 Análisis de situación actual .....	9
3.2 Teorías del sustento .....	36
3.3 Marco conceptual .....	54
3.4 Marco legal .....	56
<b>IV. METODOLOGÍA</b> .....	<b>58</b>
4.1 Enfoque .....	58
4.2 Variables de investigación .....	59
4.3 Hipótesis .....	53
4.4 Técnicas e instrumentos aplicados .....	55
4.5 Población y muestra .....	65
4.6 Cronograma de actividades .....	69
<b>V. ANÁLISIS Y RESULTADOS</b> .....	<b>73</b>
5.1 Granulometría de los agregados .....	73
5.2 Gravedad Especifica .....	92
5.3 Peso Volumétrico .....	94
5.4 Colorimetría .....	99
5.5 Diseño de Mezcla de Concreto .....	100
5.6 Ensayos de resistencia .....	102

5.6.4	Resumen de ensayos de resistencia .....	110
5.7	Ensayos de absorción .....	110
5.8	Densidad de los bloques .....	111
5.9	Resumen de resultados de características .....	112
5.10	Costos .....	113
5.10.1	Costos totales .....	114
5.10.2	Costo de producción.....	114
5.10.3	Tendencia del precio por bloque .....;Error! Marcador no definido.	
5.10.4	Precio de venta.....	114
5.10.5	Posición en el mercado .....	114
5.10.6	Comercialización.....	114
5.10.7	Calidad de productos en proceso.....	114
5.10.8	Política de almacenamiento .....	114
5.10.9	Análisis de procesos de operacionales .....	114
5.10.10	Política de precios.....	114
5.10.11	Estrategia de promoción .....	114
VI.	CONCLUSIONES.....	117
VII.	RECOMENDACIONES .....	119
VIII.	BIBLIOGRAFÍA .....	121

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1 - Delimitación geográfica del mercado de cemento en Honduras.....	6
Ilustración 2 - Precios de cemento en 2013 .....	6
Ilustración 3 - Diagrama de operación de procesos.....	20
Ilustración 4 - Continuación de diagrama .....	21
Ilustración 5 - Límites prácticos usando agregados para bloques livianos (bloques de 25 y 35 kg/cm <sup>2</sup> ).....	25
Ilustración 6 - Cableado eléctrico en fábrica Véliz .....	28
Ilustración 7 - Resistencia a la compresión .....	32
Ilustración 8 - Resistencia a la compresión segundo día.....	34
Ilustración 9 - Resistencia a la compresión comparación de 3 días .....	36
Ilustración 8 - Diferencia de agua para concreto con aire y sin aire .....	37
Ilustración 9 - Medidas Nominales de Bloques de Concreto.....	40
Ilustración 10 - Bloques de Concreto Artesanales.....	41
Ilustración 11 - Bloques de Concreto Industriales .....	42
Ilustración 12 - Revenimiento (slump) de la mezcla para Bloques de Concreto. ....	42
Ilustración 13 - Máquina RosaCometa comúnmente usado para la fabricación semi industrial de Bloques de Concreto .....	44
Ilustración 14 - Ensayo de Variación Dimensional en Bloques de Concreto.....	46
Ilustración 15 - Ensayo de Alabeo en Bloques de Concreto.....	48
Ilustración 16. Resistencia mínima de ruptura a la compresión.....	50
Ilustración 17. Mínima Absorción del Agua .....	51
Ilustración 18. Contenido de humedad % .....	51
Ilustración 19 - Dimensiones de variables de estudio .....	60
Ilustración 20 – Balanza .....	56
Ilustración 21 – Horno.....	57
Ilustración 22 - Almacenamiento de bloques .....	66

Ilustración 23 - Almacenamiento de muestras .....	67
Ilustración 24 - Cronograma de actividades 1 .....	69
Ilustración 25 - Cronograma de actividades 2 .....	70
Ilustración 26- Cronograma de actividades 3 .....	71
Ilustración 27 - Cronograma de actividades 4 .....	72
Ilustración 28 - Resultado de colorimetría .....	99
Ilustración 29. Proceso de secado de los bloques al horno.....	102

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 - Principales costos de producción de una vivienda clase media .....	4
Tabla 2 - Costo de fabricación para producir 62 bloques de concreto.....	22
Tabla 3 - Granulometría para bloques de peso liviano (bloques de 25 y 35 kg/cm <sup>2</sup> ) .....	24
Tabla 4 - Cálculo de tiempo estándar para dosificación de mezcla, vibro compactación y transporte al área de curado.....	26
Tabla 5 - Pruebas de laboratorio para la fabricación de bloques de Calcio.....	31
Tabla 6 - Pruebas de laboratorio para la fabricación de bloques de Calcio segundo día .....	33
Tabla 7 - Pruebas de laboratorio para la fabricación de bloques de Calcio tercer día .....	34
Tabla 8 - Pruebas de laboratorio para la fabricación de bloques de Calcio cuarto día .....	35
Tabla 6 - Cantidad de agua aproximado para distintas consistencias .....	37
Tabla 7 – Tabla de variables de operacionalización.....	59
Tabla 8 - Tabla de operacionalización de variables .....	52
Tabla 9 - Proporciones por iteración.....	73
Tabla 10 - Granulometría de arena natural.....	75
Tabla 11 - Granulometría de grava natural.....	80
Tabla 12 - Granulometría de grava combinada.....	86
Tabla 13 – Peso Pisonométrico.....	93
Tabla 14 - Peso pisonómetro con agua .....	93
Tabla 15 - Muestra con superficie seca .....	93
Tabla 16 - Pisonómetro + Muestra + Agua aumentada.....	94
Tabla 17 - Peso seco final .....	94
Tabla 18 – Resultados de absorción .....	94
Tabla 19 - Peso suelto húmedo.....	95
Tabla 20 – Peso compactado.....	95
Tabla 21 – Peso suelto seco .....	95

Tabla 22 – Peso suelto seco .....	96
Tabla 23 - Ensayos de resistencia de 2 días .....	105
Tabla 24 - Ensayos de resistencia a 3 días.....	107
Tabla 25 - Resistencia a los 7 días .....	109
Tabla 26 - Absorción en iteraciones .....	111
Tabla 27 - Densidad de los bloques .....	112

## ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1 - Variación dimensional .....	46
Ecuación 2 - Densidad de la unidad .....	49
Ecuación 3 - Contenido de agua absorbida.....	50
Ecuación 4 - Peso Específico Bulk.....	92
Ecuación 5 - Peso específico Bulk saturado con superficie seca.....	92
Ecuación 6 - Peso específico aparente.....	93
Ecuación 7 - Porcentaje de Absorción .....	93
Ecuación 8 - Peso del agregado.....	95
Ecuación 9 - Peso volumétrico del agregado.....	95
Ecuación 10. Relación Agregado Cemento .....	100
Ecuación 11. Cantidad de Agregado .....	100
Ecuación 12. Área de compresión del bloque.....	103
Ecuación 13. Área de compresión del bloque.....	103
Ecuación 14. Área de compresión del bloque.....	103
Ecuación 15. Área de compresión del bloque.....	103
Ecuación 16. Resistencia de Compresión.....	103
Ecuación 17. Promedio de Resistencia de Compresión.....	103

## I. INTRODUCCIÓN

En Honduras, el sector de la construcción ha presentado un crecimiento significativo en los presentes años, según la (Inmobiliaria, 2021) en comparación con 2020, este año ha habido un aumento del 12,41% en la emisión de permisos de construcción de obras varias en la llamada "Capital Industrial". En 2020 se emitieron 174 permisos de construcción, la mayoría para viviendas. La inversión total fue de 337 millones de lempiras, con base a lo antes mencionado el colegio de ingenieros civiles (CICH, 2020) asegura que en San Pedro Sula son 231 permisos aprobados, 183 corresponden a viviendas unifamiliares y bifamiliares y tres naves industriales.

Además, que la compra de casas nuevas y usadas que conlleva a remodelaciones se ha disparado este año por varios factores. De acuerdo con expertos, una de las razones es el incremento de remesas, las tasas de interés de hasta un 5% y a la necesidad de vivienda que surgió luego de las tormentas Eta y Iota, por lo que la demanda de bloques en la capital industrial y zonas aledañas, en cuanto a los bloques de concreto, son los que mayormente son conocidos en el país, sin embargo, los bloques fabricados a base de cal no son muy conocidos en el territorio nacional, y de presentar un mejor rendimiento o costo en comparación al bloque de concreto, con base a ello puede presentar un incremento considerable en su fabricación, además, de buscar la reducción de costos y el precio a la venta.

Debido, a la falta de conocimientos de los beneficios que presentan cada uno de los elementos previamente mencionados, el presente documento detallara las características que presentan cada uno de elementos a analizar, denotando los ventajas que uno presenta sobre las otras, realizando como tal una comparación de ambos bloques fabricados. El presente documento se consta de siete capítulos, a partir del capítulo II se muestra los precedentes que se han presentado hasta la fecha, en el capítulo III se denotan todas aquellas teorías que sustentan la presente investigación, como el análisis de situación que actualmente presenta el país, en el capítulo IV se denota la metodología que más se apega las variables que se utilizarán como parámetro de entrada en la investigación, con el cual en el capítulo V, se mostrara los resultados obtenidos a partir de la fabricación de los bloques de concreto y cal, y por ultimo con los últimos dos capítulos



se cuenta con las conclusiones obtenidas a lo largo de la investigación y las recomendaciones correspondientes a cada una de las conclusiones.

## **II. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

En esta sección se encontrarán, los elementos correspondientes al problema de investigación, con base a ello, se busca exteriorizar un panorama de los diferentes parámetros que se analizarán en la presente investigación. Esta sección consta de los precedentes del problema, definición del problema, justificación de la importancia del tema a analizar como también la búsqueda de la solución de la misma, a posteriori, se presentan las preguntas de investigación y los objetivos a lograr.

### **2.1 PRECEDENTES DEL PROBLEMA**

En el presente año, la producción de cemento se redujo alrededor de 741 mil bolsas, en comparación a la producción que se presentó en el año 2018, el cual, para todo el sector de construcción, y, por consiguiente, la industria que produce el bloque de concreto creando un impacto bastante considerable. Según la Cámara Hondureña de la Industria de la Construcción (CHICO, 2018) en los primeros 4 meses, las dos cementeras que operan en el país produjeron 3,613 millones de bolsas de cemento, menor en la relación al año del 2018 en el cual se produjeron 4,354 millones.

La demanda del cemento es un claro indicador para denotar el comportamiento de la construcción civil, en cuanto al ritmo que este presenta, el cual ha cesado hasta el punto de que la cementera colombiana Argos procediera a cerrar operaciones en la zona sur.

En la tabla 1, se refleja como el bloque y el cemento son los que mayor porcentaje de uso presenta en la construcción según (CDPC, 2013), el bloque como tal es el material que más se requiere al construir una casa de tamaño estándar.

**Tabla 1 - Principales costos de producción de una vivienda clase media**

Elemento	% sobre total
Cemento	9.00%
Bloque	12.00%
Arena y grava	3.00%
Madera	4.60%
Varilla de hierro	5.00%
Techo	7.50%
Cielo falso	2.75%
Pisos	5.25%
Puertas	2.75%
Ventanas	4.75%
Sistema eléctrico	5.00%
Instalaciones sanitarias	1.50%
Pintura	1.40%
Elaboración planos y permisos de construcción	2.50%
Mano de obra	33.00%
Total	100%

Fuente: (CDPC, 2013)

## **2.2 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA**

De acuerdo a los precedentes que se han presentado en la presente investigación, por consiguiente, se presenta la formulación del problema, el cual con lleva a detallar todos aquellos argumentos válidos para enunciar el problema y con base a ello formular las preguntas de investigación pertinentes, donde se buscara dar una respuesta a las interrogantes planteadas como tal.

### **2.2.1 Enunciado del problema**

"Las obras de construcción están aumentando a un ritmo alarmante debido al crecimiento de la población. La implementación de la Cal en la fabricación de bloques de concreto es una solución para aplicaciones de construcción, Se elaborará un análisis de las características que presentan los bloques elaborados con porcentajes parciales de cal y compararlos con un bloque de muestra".

### 2.2.2 Formulación del problema

¿Cuáles son los cambios mecánicos y físicos se presentarán al sustituir el cemento parcialmente por cantidades definidas de Cal en la fabricación de bloques de concreto?

## 2.3 JUSTIFICACIÓN

Existen 2 empresas productoras de cemento gris: INDUSTRIA CEMENTERA DE HONDURAS, S.A. (INCEHSA) Y CEMENTOS DEL NORTE (CENOSA), dos plantas en total el cual cuentan con una capacidad anual de producción de aprox. 960,000 TM POR INCEHSA, 850,000 TM por CENOSA, haciendo un total de 1,810,000 toneladas métricas de todo tipo de cemento.

Las plantas tienen una capacidad anual de 1,810,000 (Un millón ochocientos diez mil) toneladas métricas de cemento, y Holcim como Lafarge han adquirido una parte importante de las acciones de INCEHSA. Las empresas extranjeras poseen actualmente el 53% de las acciones, y en la empresa CENOSA, Holcim ha adquirido una proporción la cual es conservada como un dato confidencial.

Este proceso de integración ha ido acompañado de fuertes inversiones. INCEHSA ha gastado 60 millones de dólares entre los años de 1998 y 2000, para modernizar sus instalaciones, e invertirá en los años 2009 2010 un valor de 110 millones de dólares para un proceso de expansión. Al igual que su similar CENOSA está invirtiendo actualmente en la ampliación y mejoramiento de su planta promedio de 150 millones de dólares. (CDPC, 2013)

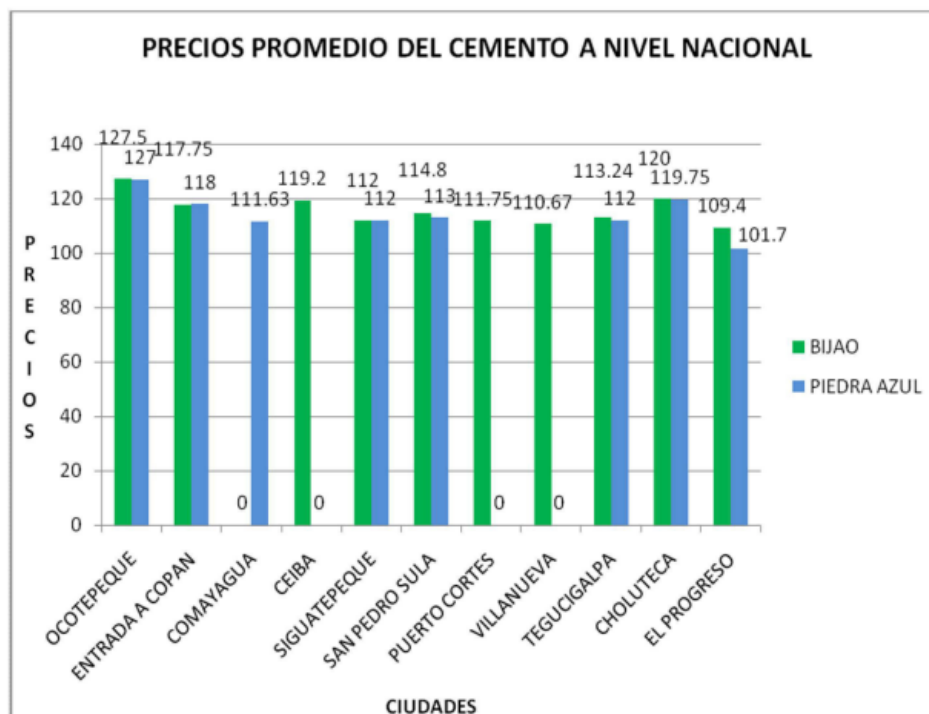
En la siguiente ilustración se muestra las zonas de Honduras predominantes de las empresas fabricantes de cemento en Honduras. Esto denota que no existe presencia de la marca competidora, siendo la venta de cementos Bijao predominante en la zona norte y occidente, y en la zona central y oriental Piedra Azul.



**Ilustración 1 - Delimitación geográfica del mercado de cemento en Honduras**

Fuente: (CDPC, 2013)

En la ilustración 2, se muestra los precios que se presentaron en durante ese tiempo descrito previamente por la comisión para la defensa y promoción de la competencia.



**Ilustración 2 - Precios de cemento en 2013**

Fuente: (CDPC, 2013)

El sector de la construcción sufrió varias pérdidas durante la pandemia del año 2020, por lo que no es de extrañarse que todos los materiales de construcción mostraron un incremento bastante considerable con respecto a años anteriores, y el cemento es una de las materias primas que más incrementos ha presentado hasta la fecha.

En cuanto al material de construcción en el que estamos trabajando actualmente, señalamos que seguimos utilizando materiales tradicionales como hormigón, mortero, bloques, prefabricados, incluidos los de cemento o arcilla cocida.

Sin duda, su comportamiento en cuanto a resistencia y aguante corresponde a que sea utilizado en el campo. Sin embargo, se deben seguir los procedimientos para la producción de estas materias primas él cual tienen un impacto negativo en el medio ambiente porque "Contiene un alto nivel de energía en su producción y una fuerte dependencia del petróleo". Por otro lado, el costo de estos productos, que tienen una gran demanda, hace que sus costos de producción también sean altos, la construcción de viviendas, por lo que algunos residentes de nuestro país no pueden pagar. (Alesmar, 2008)

La explotación de los recursos naturales por parte de los seres humanos tiene efectos adversos sobre el medio ambiente y la biodiversidad. Una gran parte de esta extracción de recursos naturales se utiliza para producir materiales para viviendas. Como fin en la presente investigación se presenta una propuesta para la el desarrollo y fabricación bloques de concreto con Cal como cementicio en sustitución parcial de las proporciones de cemento realizando varias iteraciones en el cual los porcentajes de Cal irán alterando para la sustitución del cemento, buscando cumplir con los requisitos mínimos de resistencia y lograr igualar las características generales en comparación a los que presente el bloque control, o un bloque convencional de cemento.

## **2.4 PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN**

Para la presente investigación se denotaron las siguientes preguntas de investigación:

1. ¿Qué dimensiones y dosificación contempla el bloque más utilizado en San Pedro Sula?
2. ¿Qué diferencias presenta en las características mecánicas y físicas un bloque con sustitución de Cal con un convencional de cemento?

3. ¿Qué proporciones de Cal son las más óptimas para alcanzar las características generales del bloque control?
4. ¿Qué efecto presenta las sustituciones parciales de Cal en los índices de absorción?
5. ¿Cuánto se reduce los costos en la fabricación de bloque con Cal en comparación a uno de Cemento?

## **2.5 OBJETIVOS**

A continuación, se muestran los objetivos definidos para la presente investigación.

### 2.5.1 Objetivo general

Realizar un análisis comparativo de las características físicas y mecánicas a partir de la iteración de porcentajes de Cal en sustitución del Cemento en la fabricación del bloque de concreto.

### 2.5.2 Objetivos específicos

Como parte de los objetivos específicos se muestra:

- Presentar las dimensiones y dosificación de los bloques más utilizados en San Pedro Sula
- Identificar las diferencias que presentan en las características mecánicas y físicas de un bloque de sustitución de Cal
- Denotar las proporciones óptimas para alcanzar las características generales del bloque control
- Mostrar los distintos índices de absorción obtenidos en los bloques con sustitución parcial de Cal
- Analizar la diferencia que refleja los costos de fabricación de bloques con sustitución parcial.

### **III. MARCO TEÓRICO**

La presente investigación se centra en el análisis comparativo de las características generales que se encuentran en los bloques de concreto de cemento y los bloques de cal. El enfoque de los dos casos previamente mencionados es denotar que rendimiento presentan uno sobre el otro, y que tan eficiente son en su manipulación.

La explicación de estos dos casos es importante para la comprensión de la metodología, y de los resultados que se presentarán a en las siguientes secciones del documento. La función del marco teórico es la de explicar cómo estas variables afectan en proceso de elaboración del bloque como tal, o el rendimiento que este puede presentar.

#### **3.1 ANÁLISIS DE SITUACIÓN ACTUAL**

En el siguiente apartado se pretende presentar un análisis de nivel macro y micro de la situación actual del problema planteado conociendo un panorama general que beneficiará el proceso de la investigación, en el cual se mencionará información relevante de datos oficiales y estadísticos, de igual manera presentando un análisis interno.

##### **3.1.1 Análisis de macroentorno**

En el macro entorno se mostrará un análisis de diferentes lugares en todo el mundo donde se han realizado estudios afines a la investigación planteada en el presente documento:

###### **3.1.1.1 México**

“ELABORACIÓN Y EVALUACIÓN DE PIEZAS DE TABICÓN CON CAL HIDRATADA A UNA CALIDAD NO MENOR AL 80% DE HIDRÓXIDO DE CALCIO, EN SUSTITUCIÓN DEL CEMENTO PORTLAND TIPO 1.” (BARAJAS PÉREZ, 2014)

#### **Datos preliminares de la investigación**

La investigación se lleva a cabo en el país de México donde (BARAJAS PÉREZ, 2014) menciona que ha venido utilizando los materiales de jal, cemento, arena, y agua, en diferentes proporciones (según la zona donde se elaboren) para la elaboración de las piezas de mampostería de jal-creto mejor conocidos como tabicones, teniendo diferentes rendimientos, comportamientos



mecánicos y de resistencia ya que en su mayoría se elaboran manualmente, y es ahí cuando interviene la mano del hombre y se puede dar las diferentes calidades de las piezas.

Como elemento constructivo presenta ciertas ventajas comparadas con el ladrillo rojo recocido delgado (material tradicional del sistema local), dentro de las cuales se pueden mencionar las siguientes:

- Proporciona una mayor área de construcción con un menor número de piezas
- Su producción es constante todo el año ya que no se ve afectada por los distintos cambios de estaciones en el año.
- Al requerir menor de piezas para cubrir el área necesitada, se requiere menor junta para unir las, por lo tanto, se reflejará en un menor costo.
- El costo en la mano de obra se podrá reducir por contar con mayor avance.

También (BARAJAS PÉREZ, 2014) presento algunas desventajas, las cuales son parte fundamental para el desarrollo de esta investigación y a continuación se mencionan: ∞ Al emplear el jal (piedra pómez) resulta con sobrecosto ya que no es un material que exista en esta zona y los fletes nos podrían impactar en el precio final. ∞ Al incrementar el precio del cemento, el jal y del diésel nos afecta directamente.

El proyecto de investigación tenía como objetivo como tal elaborar piezas de tabicón de jal-creto, a las cuales se les sustituirá cemento portland por Hidróxido de Calcio, cuyo valor de resistencia sea aceptado por los parámetros de calidad mismos estipulados por las normas de la S.C.T, y con esto determinar si dichas piezas son de mejor calidad en cuanto a: mayor resistencia a la compresión, mayor impermeabilidad y mejores capacidades térmicas.

La fabricación de los tabiques estaba sujetos a la norma UNE 41 166/1 el cual define el bloque de hormigón (tabicón) como:

(Calidra, 2020) menciona que es una pieza prefabricada a base de cemento, agua, áridos finos y/o gruesos de materiales naturales y/o artificiales con o sin aditivos incluidos pigmentos sensiblemente de forma octaédrica de dimensiones exteriores no mayores a 60 cm, de relación alto-ancho inferior a 6 y alto-largo inferior a 1 y sin armadura alguna.

La cal como tal presenta dos aplicaciones el cuales son:

**INDUSTRIA METALÚRGICA:** En la producción de magnesio se pueden utilizar dos tipos de procesos de fabricación: proceso electrolítico o proceso de reducción térmica, en el proceso electrolítico se utiliza cal hidratada.

**QUÍMICA:** En mezclas de pesticidas; en el proceso para la neutralización de ácido sobrante, en la industria petrolera; en la manufactura de aditivos para el petróleo crudo; en la industria petroquímica para la manufactura de aceite sólido; en la manufactura de estereato de calcio; como rellenanete y como materia prima para la obtención de carbonato de calcio precipitado (CCP ó PCC)

Dentro de las características e hidratación del cemento Portland, se menciona que uno de los principales componentes es el silicato (C3S) ya que este suma un 80% de los compuestos del cemento y es de los principales responsables de la resistencia del cemento, para ellos presentaron un esquema de hidratación de los silicatos:



C<sub>n</sub>S: silicatos de calcio

H<sub>2</sub>O: agua

Gel SCH: silicatos de calcio hidratados o gel de tobermorita (o gel de cemento)

(OH)<sub>2</sub>Ca: hidróxido de calcio

### **Metodología de investigación**

La metodología propuesta por (BARAJAS PÉREZ, 2014) es una que no tenía que ser estrictamente sobre una sola dirección ya que se requiere llegar a encontrar las cantidades, tiempos y proporciones adecuadas para la obtención de un resultado favorable, por lo tanto, lo que se propone es lo siguiente:

#### **FASE I RECOPIACION DE LA INFORMACION**

**a) INVESTIGACION DOCUMENTAL:** Recopilación de todo tipo de información que tenga que ver acerca del tema y el análisis de la misma.

a) Documentar proyectos que antecedan a esta investigación.

b) Libros, revistas, documentales, edictos, y normas.

b) INVESTIGACIÓN DE CAMPO: Consiste en verificar como se realizan las piezas de tabicón y sus diferentes tipos de técnicas, la realización de pruebas de ensaye con el método de prueba y error, en diferentes proporciones de sustitución de cal hidratada por cemento, para con esto hacer la recopilación de la información, y una vez obtenidos los resultados hacer las comparativas y determinar su factibilidad de uso.

c) A continuación se describen los pasos se siguieron para llevar a cabo el experimento

1) Definición de los especímenes.

2) Síntesis del proceso de fabricación.

3) Descripción de las observaciones que se obtuvieron en las pruebas de laboratorio en los especímenes.

4) análisis de los resultados.

## FASE II ANALISIS E INTERPRETACION DE LA INFORMACION

a) Pruebas a la compresión, con graficas comparativas.

b) Pruebas de absorción con graficas comparativas. c) Pruebas de térmicas con graficas comparativas.

d) La interpretación de la información que arrojen los diferentes ensayos realizados, se cotejaron con el testigo para comparar que tan bueno o malo resultaren las piezas.

## FASE III

- Resultados
- Conclusión
- Edición del documento
- Presentación del proyecto

Como parte del alcance de la investigación (BARAJAS PÉREZ, 2014) propuso que las pruebas que se iban a elaborar de la pieza de tabicón, se les iba a sustituir el hidróxido de calcio, por cemento portland tipo 1 en diferentes porcentajes para encontrar la sustitución perfecta y con esto bajar los costos del proceso de elaboración.

Los materiales a emplear fueron; Cal (hidróxido de Calcio), Cemento Portland Tipo I, Piedra Pómez (jal) y Agua

### **Conclusiones de mayor importancia**

Del primer grupo de ensayos de color "BLANCO" y a los cuales se les sustituyó un 5% de Cemento por Cal y analizados a los 4 días de su elaboración, presentaron una resistencia sin alcanzar la solicitada ya que los valores fueron; un promedio final de 33.4 Kg/Cm<sup>2</sup>, dándonos 10.7 kg/Cm<sup>2</sup> menos, siendo esto un 24.3% en comparación con la del testigo. No obstante, el comportamiento que presentaron siendo la misma proporción de sustitución, pero a la edad de 9 días fue más alentadora ya que los valores fueron; un promedio final de 41.48 Kg/Cm<sup>2</sup>, dándonos 1.18 kg/Cm<sup>2</sup> menos, dando un 2.8% menos en comparación con la del testigo. Siendo la edad de 28 días y de la misma proporción ya nos queda muy por debajo de lo que finalmente esperábamos debido a que nos arrojó un promedio final de 56.02 Kg/Cm<sup>2</sup>, dándonos 15.34kg/Cm<sup>2</sup> menos, siendo esto un 21.5% en comparación con la del testigo. (BARAJAS PÉREZ, 2014)

- Las piezas de color "ROJO" y que fueron elaboradas con un 10% de sustitución y ensayadas a los 28 días de su elaboración no arroja una resistencia más baja con relación a la sustitución anterior, obteniendo un promedio final de 55 Kg/Cm<sup>2</sup>, dándonos 16.36kg/Cm<sup>2</sup> menos, siendo esto un 22.9% en comparación con la del testigo. (BARAJAS PÉREZ, 2014)

- Las piezas de color "AZUL" y que fueron elaboradas con un 15% de sustitución y ensayadas a los 28 días de su elaboración no arroja una resistencia más baja con relación a la sustitución anterior, obteniendo un promedio final de 54.3 Kg/Cm<sup>2</sup>, dándonos 17.06kg/Cm<sup>2</sup> menos, siendo esto un 23.9% en comparación con la del testigo. (BARAJAS PÉREZ, 2014)

- Las piezas de color "VERDE" y que fueron elaboradas con un 20% de sustitución y ensayadas a los 28 días de su elaboración no arroja una resistencia más baja con relación a la sustitución anterior, obteniendo un promedio final de 51.3 Kg/Cm<sup>2</sup>, dándonos 20.06 kg/Cm<sup>2</sup> menos, siendo esto un 28.1% en comparación con la del testigo. (BARAJAS PÉREZ, 2014)

- Las piezas de color "NEGRO" y que fueron elaboradas con un 25% de sustitución y ensayadas a los 28 días de su elaboración no arroja una resistencia más baja con relación a la sustitución anterior, obteniendo un promedio final de 49.08 Kg/Cm<sup>2</sup>, dándonos 22.28kg/Cm<sup>2</sup> menos, siendo esto un 31.2% en comparación con la del testigo. (BARAJAS PÉREZ, 2014)

"La sustitución adecuada y controlada de cal hidratada por cemento portland en la elaboración de las piezas de tabicón generan un mejor comportamiento, térmico, impermeable y de resistencia, por lo tanto, resultaran a un menor costo y de mejor calidad."

De acuerdo a los resultados recolectados en la investigación (BARAJAS PÉREZ, 2014) muestra que la hipótesis planteada en el documento, no se logra cumplir con la hipótesis, pero menciona que aunque no se cumple con los parámetros solicitados por ellos los especímenes que no fueron aceptados, por los criterios impuestos en la hipótesis, se contempla en la misma norma de la SCT otra clasificación, la de tipo F, los cuales se permiten para emplearse exclusivamente en muros interiores de relleno (muros tapón) y cuyas resistencias permitidas para este tipo de pieza son: El promedio de resistencia a la compresión de 5 Piezas es de 40 kg/cm<sup>2</sup> y el mínimo alcanzado por una pieza debe ser de 32 kg/cm<sup>2</sup>, originando con esto que las piezas se puedan emplear para estos fines.

Aunque hasta cierto punto los objetivos específicos se lograron cumplir, tales que:

- Realizar y analizar pruebas de ensaye a diferentes piezas de mampostería hechas de jal-cemento-cal hidratada-agua (tabicón) para determinar las proporciones adecuadas de los materiales ya mencionados puesto que si se realizaron todas las pruebas.
- Determinar qué tan resistentes serán las piezas con el uso de cal hidratada en la elaboración del tabicón de jal-creto, esto mediante los resultados que nos da el laboratorio.

### 3.1.1.2 Ecuador

"ELABORACIÓN DE BLOQUES CON SÍLICE PARA MAMPOSTERÍA NO PORTANTE". (CALLE ULLAURI, 2015)

#### **Información preliminar**

En la investigación (CALLE ULLAURI, 2015) que realizo en Cuenca, México, menciona que plantea una alternativa muy viable que es la elaboración de un bloque sílico-calcáreo; el mismo que no estará elaborado con cemento si no que se utilizará un mortero formado con cal y sílice, el primero serviría de aglomerante y el segundo como agregado fino para la elaboración de morteros. Elaborado el bloque de sílice; tomando en cuenta todas las normas que contempla la Norma Ecuatoriana de la Construcción en cuanto a materiales se refiere; el prototipo será endurecido curándose al vapor en cámaras de autoclave con elevada presión. Un plus adicional que se pretende brindar al prototipo es el de alcanzar una superficie completamente lisa, lo cual permitiría a los constructores la eliminación de los enlucidos de las mamposterías que en la actualidad alcanzan una considerable cantidad de dinero dentro de los presupuestos en edificaciones. El aporte que brindará esta investigación tendrá un valor agregado que será el brindar un nuevo material de construcción alternativo y más acoplado con el medio ambiente, reduciendo la contaminación o polución de elementos altamente tóxicos emanados por las cementeras.

Una vez con la idea de la investigación planteada, procede a formular la problemática de la investigación que llevo a cabo en el cual menciona que el bloque es un material de construcción utilizado en nuestro medio; por lo que un trabajo de investigación en este campo proporcionará argumentos valederos y confiables para que los constructores tengan a su alcance una alternativa válida como material de construcción.

Además, de que se plantea como una alternativa muy viable que es la elaboración de un bloque sílico-calcáreo; el mismo que no estará elaborado con cemento si no que se utilizará un mortero formado con cal y sílice, el primero serviría de aglomerante y el segundo como agregado fino para la elaboración de morteros.

La investigación como tal, propone que brindara un valor agregado al brindar un nuevo material de construcción alternativo a los que ya existen, además que reduciría significativamente los daños que puede generar la fabricación de un bloque convencional, en comparación al bloque propuesto en la investigación.

Ya con la idea clara del alcance de la investigación, (CALLE ULLAURI, 2015) propone como objetivo general: Elaborar bloques con sílice, confeccionados con materiales propios de la zona, para la fabricación de paredes no portantes para viviendas.

Las materias primas de las unidades sílico-calcáreo son la cal-viva, arena natural o roca triturada o una combinación de ellas. Estas fueron conocidas inicialmente como unidades de cal y arena, cuando se fabricaban solo con arenas naturales.

Existen diferentes tipos de unidades sílico-calcáreas; así como la composición de los mismos, por lo tanto, conoceremos sus respectivos

procedimientos, al saber que estas unidades provienen de los prefabricados de cal, se realiza la siguiente descripción.

### **Metodología de investigación planteada**

De acuerdo a la problemática que se presente investigación (CALLE ULLAURI, 2015) propuso la siguiente metodología, ya que a través de la información documental era preciso remitirse al estado del arte, con la finalidad de analizar la composición de la materia prima, señalar e interpretar los datos secundarios registrados y testimonios de expertos profesionales. Posteriormente, con la información de campo se accede a las diferentes canteras o minas de la zona, es necesario obtener información municipal correspondiente y consecutivamente tomar muestras para los ensayos de laboratorio.

Consecuentemente del diseño experimental permite ser congruentes con el objetivo general y los objetivos específicos, se tendrá que efectuar los siguientes tipos de ensayos: compresión, absorción de agua, peso; los prototipos elaborados fueron ensayados en el laboratorio de la Universidad de Cuenca.

### **Sumario**

### **Capítulo 1.- Lineamientos**

El capítulo inicia con el planteamiento del problema que consta en su identificación, formulación y delimitación; para continuar analizando los objetivos de la investigación tanto generales como específicos para concluir con la justificación, hipótesis y metodología.

### **Capítulo 2.- Estado del Arte**

Este capítulo inicia con una breve introducción, luego describe la clasificación de las piezas de mampostería dentro de la cual se analizan: piezas de arcilla cocida, piezas de hormigón y piezas sílico- calcáreos; posteriormente se revisará el estado del arte de los bloques sílicocalcáreos.

### **Capítulo 3.-Elaboración del Bloque**

En este capítulo se inicia con la introducción, la cual describe a breves rasgos el proceso por el cual se pasó para elaborar los bloques con sílice; también estudia las características de los materiales a utilizar (sílice, cal y agua), siguiendo con la descripción del proceso para la elaboración de bloques, elaboración de muretes y se finaliza con las conclusiones.

### **Capítulo 4.- Conclusiones y Recomendaciones**

En este capítulo se detallan las conclusiones a las cuales se llegó después de toda la investigación realizada y las recomendaciones hechas para futuras investigaciones relacionadas al tema.

#### **Conclusiones relevantes**

Luego de los resultados obtenidos por (CALLE ULLAURI, 2015), además de cumplir con la hipótesis planteada para la investigación, denota que en recolección a los capítulos elaborados llego a las siguientes conclusiones:

- El estudio de la materia prima procedente de diferentes localidades en nuestra región, ha permitido establecer con claridad, mediante pruebas en el laboratorio



la dosificación óptima para ser utilizadas en la presente investigación. (CALLE ULLAURI, 2015)

- Con la finalidad de reducir costos de producción a escala industrial en un futuro, se vuelve indispensable la utilización de puzolana del sector, Llaaco ubicado en el cantón Cuenca. (CALLE ULLAURI, 2015)
- La experimentación de la materia en laboratorio ha demostrado que la fabricación de los ladrillos sílico-calcáreos son factibles de elaborarlos, alcanzando resistencia adecuadas.
- -Se opto por la utilización de cal apagada no así cal viva, porque se quiere suprimir el tiempo de apagarla, con la finalidad de acelerar el proceso de fabricación y optimización de recursos. por tal motivo, se adiciona agua en la dosificación óptima para hidratarla, dejándola reposar por el lapso de dos a tres horas.
- El aglomerante adecuado para el proceso debe ser cal viva. La calidad de la cal debe ser tal que, si es viva, hidrate completamente durante la tapa del proceso destinada a su hidratación, con anterioridad al moldeado. Este requisito es esencial, por la expansión que ocurre cuando la cal se hidrata. Si la hidratación no se ha completado previamente, ella ocurre en la autoclave y la expansión resultante, si es pequeña, reduce la resistencia de las unidades y si es grande, las agrieta y hasta puede destruirlas. (CALLE ULLAURI, 2015)

### 3.1.1.3 Guatemala

“IMPLEMENTACIÓN DE MEJORAS EN EL PROCESO DE FABRICACIÓN DE BLOQUES DE CONCRETO LIVIANO, EN UNA FÁBRICA DE LA ZONA METROPOLITANA” (Valdez Rodríguez, 2015)

#### **Información relativa**

La investigación efectuada por (Valdez Rodríguez, 2015) en Guatemala, el documento como tal presente como generalidades del desarrollo de la investigación que los bloques de concreto deben poseer propiedades y características físicas determinadas para cumplir con la Norma Coganor NGO 41054 Especificaciones.

En Guatemala y otros países, se usan bloques modulares con medidas de 19x19x39 cm y 14x19x39 cm. Las medidas reales aumentadas de un centímetro, o sea el espesor de junta normal de mortero.

Además, según su masa seca (peso) en kg/m<sup>3</sup> los bloques se subdividen en pesados: mayor de 2000, medianos: de 1680 a 2000, y livianos: menor de 1680. La absorción de agua en kg/m<sup>3</sup> en función de la masa seca está en revisión. En cuanto a las medidas, las normas establecen tolerancias en ellas.

Los agregados desempeñan un papel importante en la determinación de las propiedades y características finales de los bloques, tales como la durabilidad, la resistencia, la uniformidad y sus propiedades térmicas y acústicas.

La mayoría de agregados que se usan tiene cierta proporción de agua (humedad) que puede variar del 1 hasta el 10 o 12% en arenas normales, y hasta más del 30% en arenas pómez. Si se proporciona por masa (peso) deben pesarse mayores cantidades de material para compensar el agua.

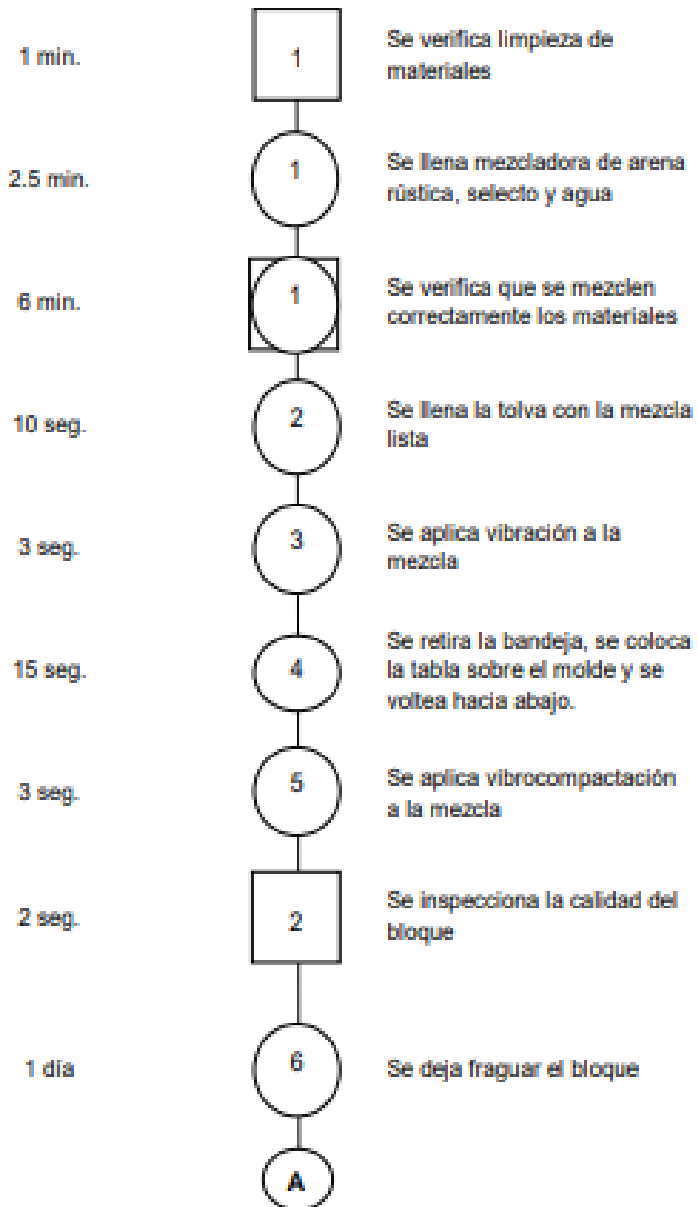
Para la fabricación de bloques de concreto se deben utilizar agregados con granulometrías continuas para obtener mayor densidad en la mezcla y lograr piezas con superficies cerradas, de textura fina.

Para la fabricación de los bloques (Valdez Rodríguez, 2015) define un diagrama para la fabricación de los bloques, en cual se lleva un mejor control de los procesos que se llevan a cabo, en el se basa a partir de los requerimientos definidos, como lo son el curado del bloque, ya sea el tiempo en el que se debe de efectuar, el almacenamiento de los bloques, y previamente características como la elaboración de la mezcla para la elaboración de los bloques como tal. (ver ilustración 3 y 4)

## DIAGRAMA DE OPERACIONES DEL PROCESO

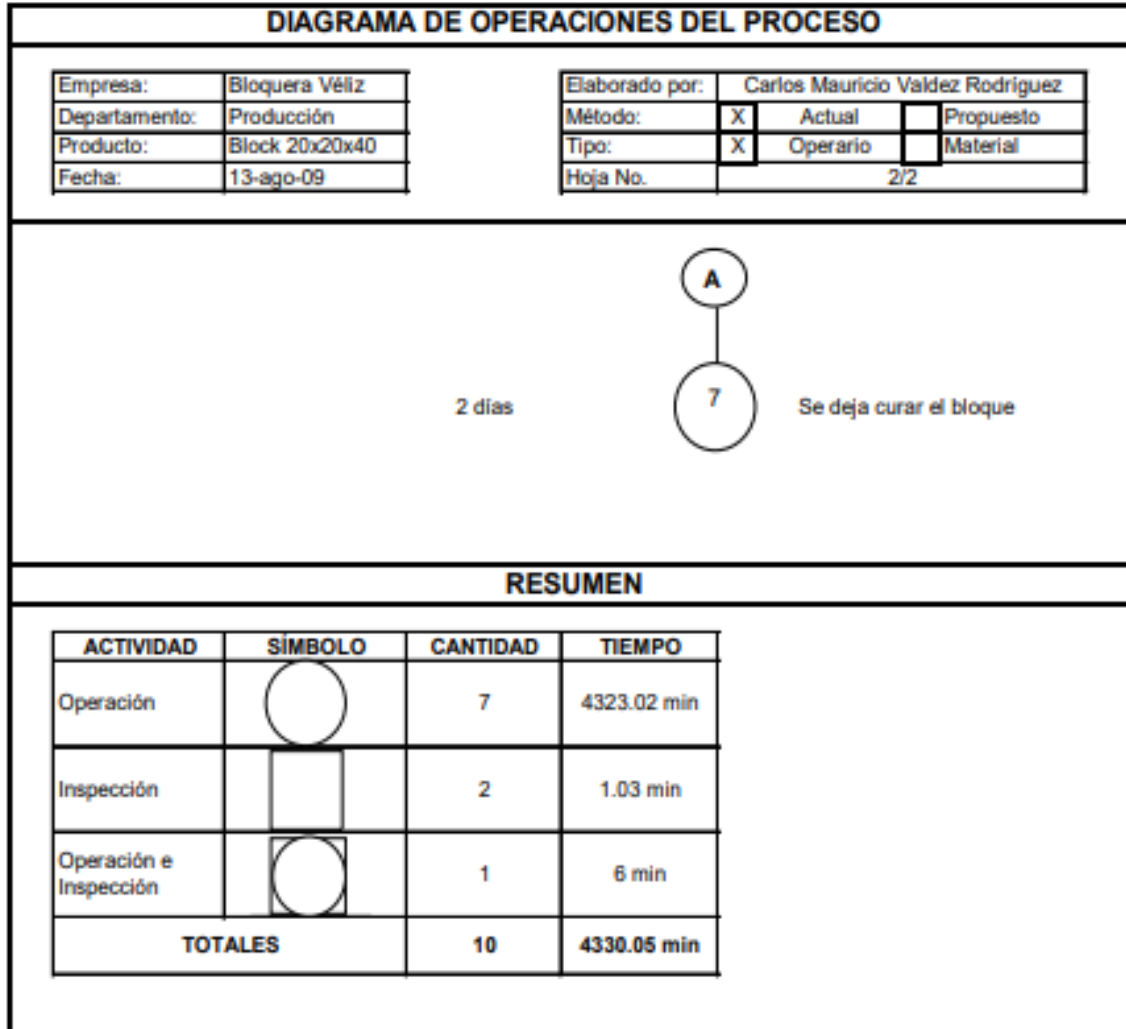
Empresa:	Bloquera Véliz
Departamento:	Producción
Producto:	Block 20x20x40
Fecha:	13-ago-09

Elaborado por:	Carlos Mauricio Valdez Rodríguez			
Método:	<input checked="" type="checkbox"/>	Actual	<input type="checkbox"/>	Propuesto
Tipo:	<input checked="" type="checkbox"/>	Operario	<input type="checkbox"/>	Material
Hoja No.	1/2			



**Ilustración 3 - Diagrama de operación de procesos**

Fuente: (Valdez Rodríguez, 2015)



**Ilustración 4 - Continuación de diagrama**

Fuente: (Valdez Rodríguez, 2015)

(Valdez Rodríguez, 2015) menciona en el documento que mucho incide en la calidad del bloque la calidad en la selección de los materiales por utilizar. Sin embargo, es importante hacer hincapié en las proporciones de materiales que se utilizan para fabricar el bloque de concreto, y es por

esto que uno de los principales aspectos que ayudan a mejorar la calidad del bloque es la distribución de los tamaños de los agregados que se utilizan en la mezcla.

En la fábrica, la mezcla se realizó con arena pómez y arena tipo selecto en proporciones de 10:1 respectivamente. Esta amalgama se efectúa con el objeto de que la mezcla sea más uniforme al momento en que la arena tipo selecto al ser de grano más pequeño, llene los espacios que quedan entre los granos de la arena pómez y exista una mejor compactación de la mezcla.

Y el costo promedio de mano de obra, actualmente es de Q620.00/trabajador a la semana; la fábrica tiene 26 trabajadores.

Al reunir los costos de cada material con los datos anteriores en una misma tabla para poder apreciar mejor los costos, se tiene que el costo total de fabricación por unidad que se muestra en la tabla 2 a continuación.

**Tabla 2 - Costo de fabricación para producir 62 bloques de concreto**

Material	Curva sin corregir		
	m <sup>3</sup>	Costo/m <sup>3</sup>	Total (Q)
Cemento	0.039644	1,478.17 Q	58.60 Q
Arena pómez	0.638084	13.33 Q	8.51 Q
Polvillo	0.066009	27.33 Q	1.80 Q
Agua	0.077510	2.54 Q	0.20 Q
<b>Costo materia prima</b>			<b>69.11 Q</b>
Mano de Obra	-	-	22.63 Q
<b>Costo primo</b>			<b>91.74 Q</b>
Energía eléctrica	-	-	15.50 Q
<b>Costo fabril</b>	-	-	<b>107.24 Q</b>
Rendimiento	62 bloques		
<b>Costo fabril por bloque</b>	<b>1.73 Q</b>		

Fuente: (Valdez Rodríguez, 2015)

### **Dosificación de los agregados**

Los agregados utilizados por los fabricantes artesanales y tecnificados de bloques de concreto liviano y normal, presentan una deficiencia en la granulometría (distribución de

tamaños). Estos tamaños de agregados son en su mayoría la parte intermedia del agregado, es decir, los agregados para bloques de concreto presentan gran cantidad de gruesos y finos con escasa presencia de intermedios o medio (Valdez Rodríguez, 2015)

Un agregado con una graduación adecuada de tamaños permite obtener una mezcla más trabajable, con un acomodamiento de sus partículas o granos más eficiente, que da como resultado un concreto con mejores características, sobre todo en el incremento de la resistencia a compresión, lo que permite al fabricante optimizar el uso de cemento en la producción de bloques de concreto. (Valdez Rodríguez, 2015)

### **Análisis de la curva granulométrica en los agregados**

La distribución ponderada de agregados en una mezcla es de vital importancia para obtener un bloque que cumpla con la norma establecida para los bloques de concreto.

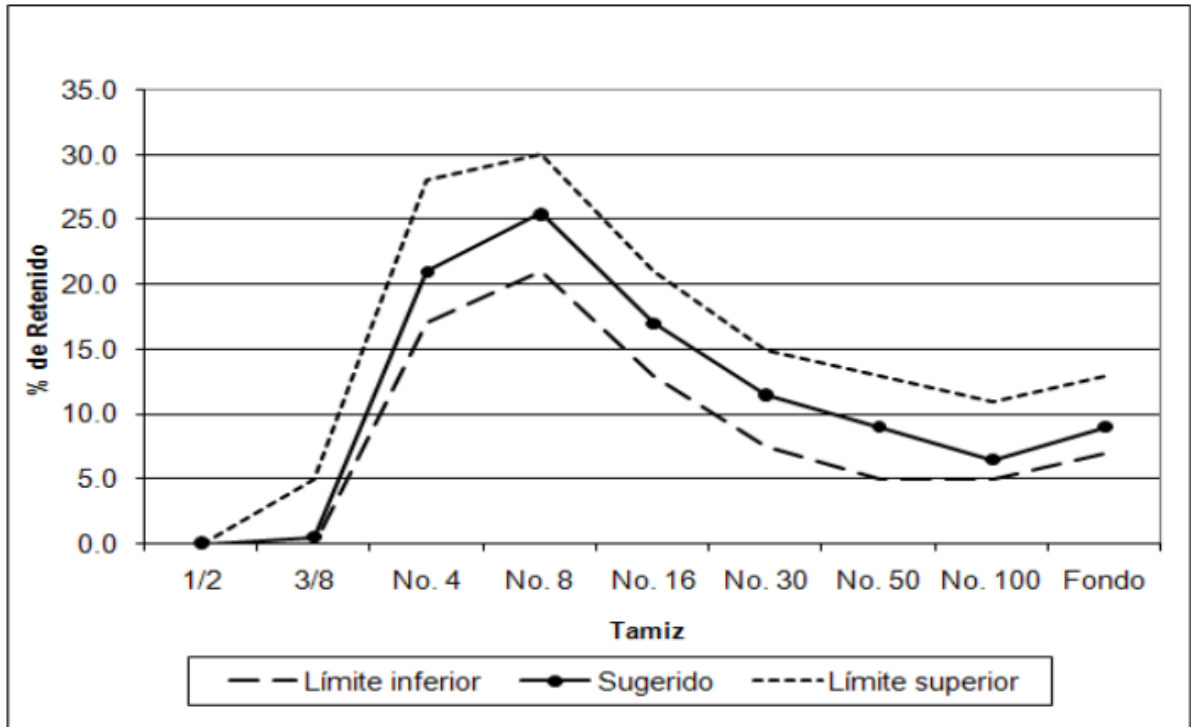
Como se indicó, lo común para incrementar las resistencias de los concretos para elaborar bloques es aumentar la cantidad de cemento, y siendo una forma sencilla de lograr mayor resistencia, tiene la gran desventaja de requerir de elevados costos para el productor.

Tradicionalmente la mezcla está formada por granos grandes y pequeños, pero escasos granos de tamaño medio. Al agregar a la mezcla granos de tamaño medio, los espacios entre grano y grano disminuyen, haciendo una mezcla mucho más compacta, que da como resultado un bloque de concreto fabricado con una mayor resistencia. Para compensar la falta de fracciones en los agregados que se utilizan en la fábrica de bloques, se puede utilizar el agregado de 5/16". La ilustración 5 muestra la curva de granulometría idónea para bloques de concreto liviano, según (CETEC, 2015):

**Tabla 3 - Granulometría para bloques de peso liviano (bloques de 25 y 35 kg/cm<sup>2</sup>)**

TAMIZ O MALLA		% RETENIDO INDIVIDUAL en peso			% ACUMULADO RETENIDO IDEAL
plg	mm	Mínimo	Ideal	Máximo	
1/2	12.50	0.0	0.0	0.0	0.0
3/8	9.50	0.0	0.5	5.0	0.5
No. 4	4.75	17.0	21.0	28.0	21.5
No. 8	2.36	21.0	25.5	30.0	47.0
No. 16	1.18	13.0	17.0	21.0	64.0
No. 30	0.60	7.5	11.5	15.0	75.5
No. 50	0.30	5.0	9.0	13.0	84.5
No. 100	0.15	5.0	6.5	11.0	91.0
FONDO		7.0	9.0	13.0	-
		Módulo de finura			3.84

Fuente: (CETEC, 2015)



**Ilustración 5 - Límites prácticos usando agregados para bloques livianos (bloques de 25 y 35 kg/cm<sup>2</sup>)**

Fuente: (CETEC, 2015)

### **Cálculos de tiempos estándar**

Luego de agregar la dosificación con respecto a sus agregados (Valdez Rodríguez, 2015) menciona que, al combinar el tiempo cronometrado, las condiciones para el tiempo normal y las consideraciones de tolerancias, se determina fácilmente el tiempo estándar en segundos, el cual está dado en la tabla 5 para cada operación analizada:



**Tabla 4 - Cálculo de tiempo estándar para dosificación de mezcla, vibro compactación y transporte al área de curado**

Operación	Tiempo medio observado	Calificación	Tiempo normal	Tolerancias	Tiempo estándar
Dosificación de mezcla	137.96	0.00	137.96	18%	162.80
Vibrocompactación de mezcla	20.66	0.20	24.79	18%	29.25
Transporte al área de curado	19.64	0.10	21.60	18%	25.49

Fuente: (Valdez Rodríguez, 2015)

**Metodología implementada por** (Valdez Rodríguez, 2015)

***Sensibilización al fabricante***

Una de las reacciones más frecuentes al momento de implementar un nuevo método en un proceso de fabricación es la resistencia al cambio. Para esto es sumamente necesario crearle conciencia al fabricante por qué es importante entregar al consumidor un bloque de concreto liviano que cumpla con características de calidad y seguridad al momento de llevar a cabo los sistemas constructivos.

Una de las mejores formas de proponerles a los productores y fabricantes el método mejorado es a través de la retroalimentación, ya que de esta manera podrán tener la sensibilización necesaria para fabricar bloques de concreto liviano que posean propiedades y características físicas que cumplan con la Norma Coguanor NGO 41054 "Especificaciones".

***Proceso de capacitación***

La capacitación tiene como finalidad llenar las brechas de conocimiento en un tema específico, que en este caso será lograr que tanto el fabricante como el operador se den cuenta de la importancia que tiene fabricar bloques de concreto liviano que cumplan con estándares de calidad. Las ventajas no solamente inciden en disminución de costos para el fabricante, también incrementan el conocimiento y técnica de los trabajadores y

proporciona a la sociedad un producto terminado útil y confiable en los desarrollos constructivos.

### ***Capacitación al fabricante***

Debe venderse la idea al fabricante mediante el incremento del rendimiento en los bloques de concreto y el decremento en los costos de fabricación. Al informar al fabricante sobre la normalización de los bloques de concreto se debe explicar la norma de manera amena al fabricante.

Sin embargo, aunque se logre hacer conciencia en el fabricante de las grandes ventajas que tiene producir un bloque de concreto que cumpla con los estándares de calidad, la labor no es suficiente si los operadores desconocen que existe una norma para fabricar estos bloques de concreto y más aún si desconocen las ventajas técnicas y económicas que esto implica.

### ***Charlas técnicas a operadores***

Para lograr una capacitación efectiva es necesario realizar charlas técnicas a las cuales asistan los fabricantes y puedan ellos comprender las múltiples ventajas que ofrece modificar correctamente la dosificación de los agregados, así como la importancia que tiene mantener el método mejorado en la forma especificada y no permitir a los trabajadores que reinstalen el método antiguo o introduzcan elementos no permitidos. Es necesario tener en cuenta los siguientes aspectos:

- Ser amable con el fabricante
- Definir su trabajo y averiguar su experiencia
- Despertar su interés por aprender
- Colocar al educando en posición adecuada
- Explicar y demostrar una a una las fases importantes
- Resaltar cada punto clave
- Instruir de manera clara, completa paciente

- Comprobar lo aprendido
- Corregir errores

***Implementación de lineamientos de seguridad industrial en el proceso de fabricación de bloques de concreto liviano***

Se muestra una fotografía en la cual se aprecian claramente las deficiencias de seguridad eléctrica que posee la fábrica



**Ilustración 6 - Cableado eléctrico en fábrica Véliz**

Fuente: (Valdez Rodríguez, 2015)

(Valdez Rodríguez, 2015) menciona que la caja de conexiones eléctricas está expuesta inapropiadamente en el área de trabajo, los conductores eléctricos están desordenados. Esto tiene incidencia en el consumo de energía, pues para que la electricidad se aproveche, se debe hacer que circule por los circuitos con el mínimo de pérdida, y en este caso la resistencia de los conductores eléctricos se ve afectado por la longitud de los mismos y la humedad del ambiente.

Es recomendable contactar a un electricista que ordene los conductores eléctricos y los una en la medida de lo posible a través de canales eléctricos para mayor seguridad.

### ***Conclusiones de la investigación***

- A través de un análisis detallado se logró establecer un sistema que brinda lineamientos que mejoran el proceso de fabricación, como la eficiencia en la utilización de los insumos, la redistribución de la planta de producción y el intento por promover la importancia de fabricar un bloque de concreto que sea efectivo y seguro en la construcción. (Valdez Rodríguez, 2015)
- Se analizó el proceso actual de fabricación de bloques de concreto liviano, desglosando cada una de sus operaciones para lograr identificar las áreas de mejora.
- Al estudiar el proceso se analizaron también las diferentes proporciones de granos que se utilizan en la mezcla de agregados, por lo que se determinó una curva granulométrica que mejora las proporciones y acomodamiento de los granos en la mezcla. (Valdez Rodríguez, 2015)
- Luego de analizar los ensayos se verificó que, al utilizar en la mezcla de agregados, además de granos gruesos y finos, granos de tamaño medio, mejora la curva granulométrica final, la cual incide directamente en la calidad y resistencia final del bloque de concreto liviano. (Valdez Rodríguez, 2015)
- Se logró determinar un procedimiento que permite el ahorro de cemento en la fabricación de los bloques de concreto liviano, que consiste en obtener una mezcla mucho más compacta ya que los espacios que quedan entre los granos gruesos y finos, se llenan con granos de tamaño medio. (Valdez Rodríguez, 2015)

#### 3.1.2 Análisis de micro-entorno

Los depósitos naturales de suelos rurales que están disponibles para el uso de construcción pueden tener problemas de alta plasticidad o con los cambios de humedad, se adiciona un porcentaje de CAL VIVA para estabilizarlos se pueden cambiar y mejorar sus propiedades como

la agronometría y la plasticidad, significativamente, la calidad de los suelos poco apropiados puede ser mejorados notablemente.

La estabilización de los suelos permite la compactación permanente de los materiales arcillosos, base del terreno. Con este sencillo proceso de reacciones químicas se obtiene un incremento en su resistencias y capacidad de soporte, así como la disminución de la sensibilidad al agua y al cambio de volumen constantes.

La estabilización de suelos no requiere de grandes adiciones de cal hidratada, para lograr que el suelo obtenga resistencias más altas. Por los generales las arcillas y tierras con alto grado de expansión que son estabilizadas con cal hidratada, forman una mezcla cementante natural, lo que permite obtener en pocas horas una resistencia mayor a la del mismo suelo compactando sin estabilizador. (Caltek, 2022)

### 3.1.3 Análisis interno

Al realizar una investigación, es importante tener una referencia de alguna investigación realizada en la misma ciudad donde se está llevando a cabo la investigación, en el año 2033 la empresa CONETSA en el cual fabricaron bloques de concreto con Hidróxido de Calcio de Alta Pureza, las pruebas fueron realizadas bajo 6 iteraciones, como se muestra en la tabla 5.

## Tabla 5 - Pruebas de laboratorio para la fabricación de bloques de Calcio

Pruebas de Laboratorio, para la Fabricación de Bloques con  
Hidróxido de Calcio de Alta Pureza

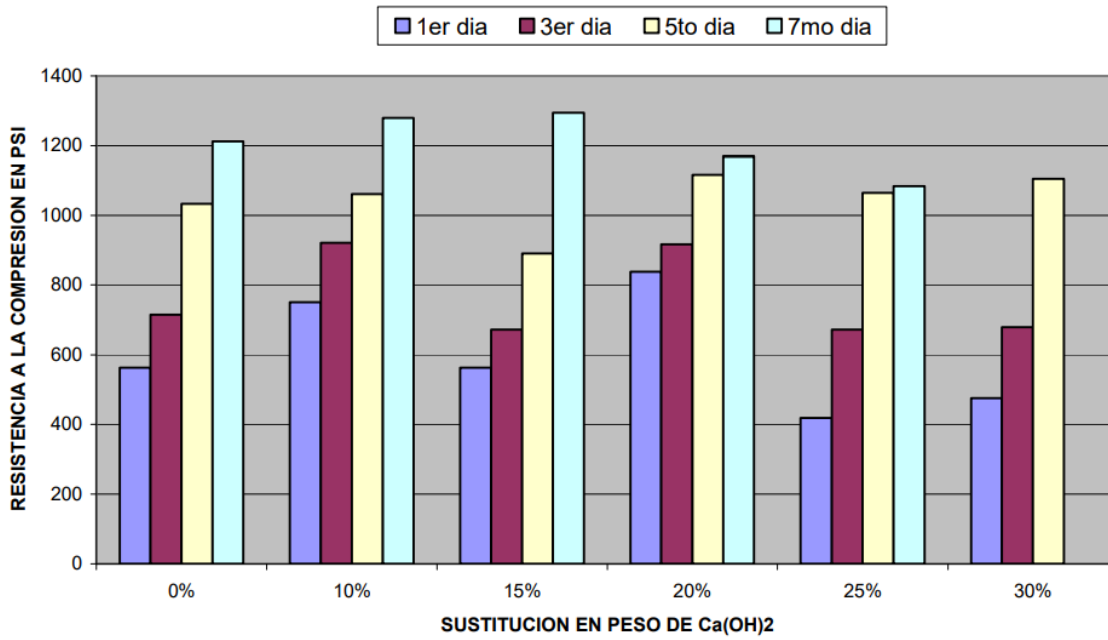
Ruptura de bloque tipo 6" Estrella  
Fabricado el 21/Marzo/2003  
Prueba No.  
Planta: PRIMA

% de sustitucion	Cemento Kgs.	Hidróxido de Calcio Kgs.	Arena Kgs.	Arenón Kgs.	Grava o3/8 Kgs.	Abertura de Agua en Segundos.	Humedad de la Mezcla %	Resistencia a la Compresión en PSI, a los días:			
								1	3	5	7
<i>Normal</i>	45	0				10		563	715	1033	1213
10	40	5				12		751	921	1061	1279
15	38	7				17		563	672	891	<b>1295</b>
<b>20</b>	<b>36</b>	<b>9</b>				<b>19</b>		<b>838</b>	<b>917</b>	<b>1116</b>	<b>1170</b>
25	34	11				22		419	672	1065	1084
30	31	14				24		476	679	1105	
<b>Especificacion ASTM</b>								<b>600</b>	<b>670</b>		<b>750</b>

- Observaciones:**
- 1.- No se tomaron muestras de los agregados y la mezcla, con el objeto de analizar su granulometria y humedades.
  - 2.- La abertura del sistema equivale a 0.26 galones de agua de mezcla/segundo.
  - 3.- Según ensayos los mejores resultados de resistencia andan en aberturas de agua del sistema de 15 - 21 segundos.

Fuente: (CONETSA, 2003)

RESISTENCIA A LA COMPRESION Vrs. EDADES, EN BLOQUES CON Ca(OH)<sub>2</sub>,  
Fabricados el 21/Marzo/2003



**Ilustración 7 - Resistencia a la compresión**

Fuente: (CONETSA, 2003)

En la ilustración 7, 8 y 9, se muestra la resistencia de compresión de los bloques en comparación a la sustitución en peso de Ca (OH)<sub>2</sub> en el cual uno de los escenarios más altos es de la iteración del 20% de sustitución

**Tabla 6 - Pruebas de laboratorio para la fabricación de bloques de Calcio segundo día**

Pruebas de Laboratorio, para la Fabricación de Bloques con  
Hidróxido de Calcio de Alta Pureza

Ruptura de bloque tipo 6" Estrella

Fabricado el 29/Marzo/2003 (a las 10:00 a.m.)

Prueba No.

Planta: PRIMA

% de Sustitución	Cemento Kgs.	Hidróxido de Calcio Kgs.	Arena Kgs.	Arenón Kgs.	Grava o3/8 Kgs.	Abertura de Agua en Segundos.	Humedad de la Mezcla %	Resistencia a la Compresión en PSI, a los días:		
								1	2	3
<i>Normal</i>	45.0	0.0				13.0	6.7	715.0	881.0	1120.0
20	36.0	9.0				17.0	6.9	527.0	549.0	798.0
25	34.0	11.0				15.0	7.6	809.0	751.0	986.0
30	31.0	14.0				19.0	7.4	397.0	412.0	650.0
<b>Especificación ASTM</b>								<b>600.0</b>		<b>670.0</b>

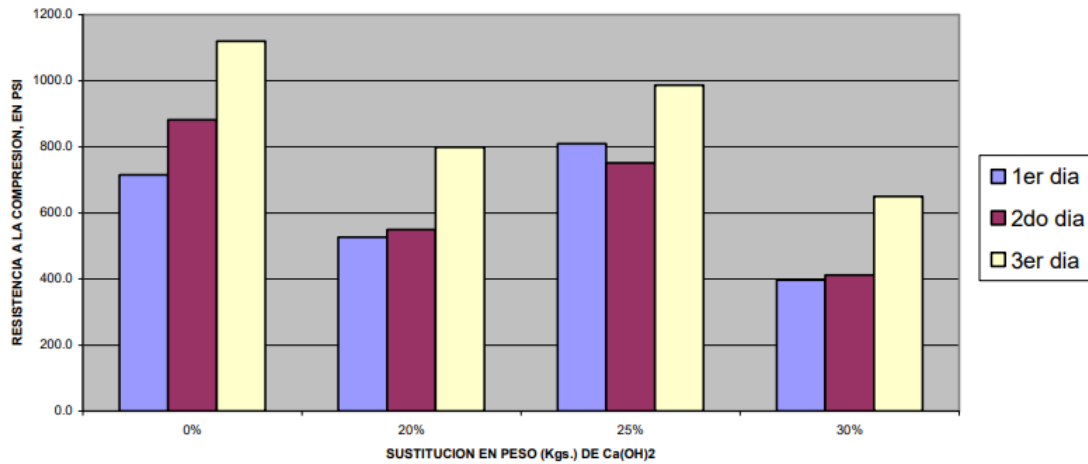
**Observaciones:**

1.- Los bloques se encontraban saturados de agua ; al romperlos al 1er día, ya que el día anterior llovió intensamente. Esto provocó una baja en la resistencia al 2do día. En la ruptura al 1er día el bloque salió directamente del horno de secado.

Fuente: (CONETSA, 2003)



**RESISTENCIA A LA COMPRESION Vrs. EDADES, EN BLOQUES CON Ca(OH)<sub>2</sub>,  
Fabricados el 29/Marzo/2003 (10:00a.m.)**



**Ilustración 8 - Resistencia a la compresión segundo día**

Fuente: (CONETSA, 2003)

**Tabla 7 - Pruebas de laboratorio para la fabricación de bloques de Calcio tercer día**

**Pruebas de Laboratorio, para la Fabricación de Bloques con  
Hidróxido de Calcio de Alta Pureza**

Ruptura de bloque tipo 6" Estrella  
Fabricado el 04/Abril/2003  
Prueba No.  
Planta: PRIMA

% de Sustitución	Cemento Kgs.	Hidróxido de Calcio Kgs.	Arena Kgs.	Arenón Kgs.	Grava 03/8 Kgs.	Abertura de Agua en Segundos.	Humedad de la Mezcla %	Resistencia a la Compresión en PSI, a los días:		
								1	3	5
Normal	45.0	0.0				13.0		959	1268	1370
25	34.0	11.0				17.0		848	1138	1094
25	34.0	11.0				20.0		818.0	1062.0	1094.0
25	34.0	11.0				24.0		726.0	1100.0	1203.0
25	34.0	11.0				32.0		542.0	894.0	1008.0
<b>Especificacion ASTM</b>								<b>600.0</b>	<b>670.0</b>	<b>750.0</b>

- Observaciones:**
- Se hicieron correccion de humedades basados en los siguientes datos  
Mezcla 7.02%  
Arena 7.13%  
Grava 03/8 4.33%
  - A la ruptura del 5to día, el bloque no estaba completa su área neta, en lo casos de 17 y 20 seg de abertura. Cantos incompletos

Fuente: (CONETSA, 2003)

**Tabla 8 - Pruebas de laboratorio para la fabricación de bloques de Calcio cuarto día**

**Pruebas de Laboratorio, para la Fabricación de Bloques con Hidróxido de Calcio de Alta Pureza**

Ruptura de bloque tipo 4" Normal

Fabricado el 08/Julio/2003

Prueba No.

Planta: NOVABLOC

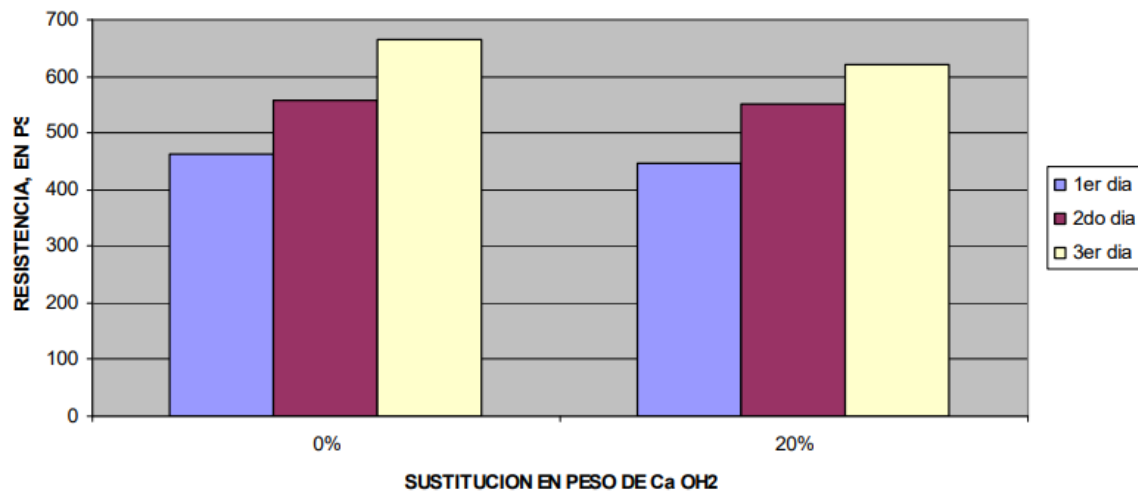
% de Sustitución	Cemento Kgs.	Hidróxido de Calcio Kgs.	Arena Kgs.	Arenón Kgs.	Grava o3/8 Kgs.	Abertura de Agua en Segundos.	Humedad de la Mezcla %	Resistencia a la Compresión en PSI, a los días:			
								1	2	3	
Normal	80.0	0.0						463	559	666	
20	64.0	16.0						446	550	621	
Especificación ASTM								600.0		670.0	750.0

**Observaciones:**

- Se hicieron corrección de humedades basados en los siguientes datos  
 Mezcla 7.02%  
 Arena 7.13%  
 Grava o3/8 4.33%
- A la ruptura del 5to día, el bloque no estaba completa su área neta, en lo casos de 17 y 20 seg de abertura. Cantos incompletos

Fuente: (CONETSA, 2003)

**RESISTENCIA A LA COMPRESION Vrs EDADES, EN BLOQUES CON Ca OH2, Fabricados el 08/Julio/2003**



## **Ilustración 9 - Resistencia a la compresión comparación de 3 días**

Fuente: (CONETSA, 2003)

### **3.2 TEORÍAS DEL SUSTENTO**

En el presente apartado del documento se denotan las distintas teorías que fundamentan los argumentos empleados en la investigación, con base a ello se da un panorama más claro a lo que se pretende llegar en la misma. Dentro de las teorías del sustento del presente documento se encuentran conceptos básicos que envuelven los bloques como tal.

#### **3.2.1 Diseño de Mezcla de Concreto para Bloques**

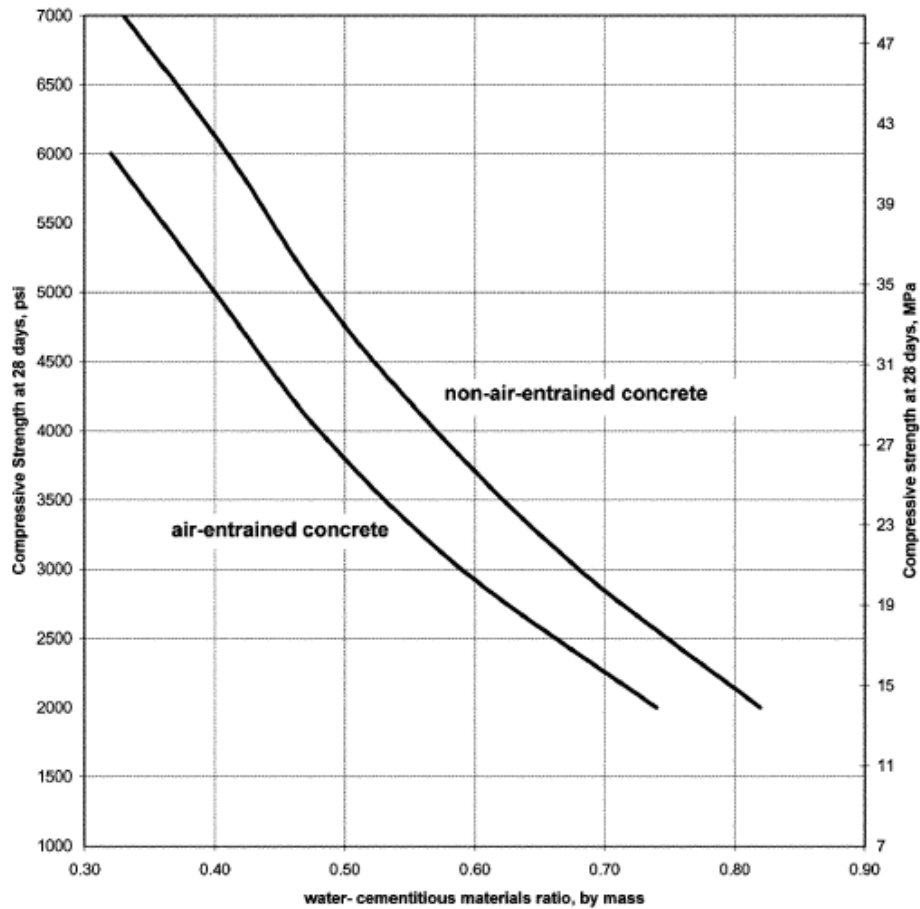
La norma ACI 211.3 brinda asistencia en la preparación de mezclas para bloques de concreto. El hormigón se debe verter con la cantidad mínima de agua de amasado que cumpla con los requisitos de amasado, esparcimiento, compactación y acabado. Esto beneficiará la resistencia, la durabilidad y otras propiedades físicas.

El tamaño nominal máximo de agregado seleccionado para un tipo dado de estructura está determinado principalmente por la dimensión mínima de la sección transversal y la holgura mínima entre el refuerzo, los miembros de tensión, el canal de cable-hormigón u otros elementos. Sin embargo, esto no excluye el uso de dimensiones más pequeñas, que pueden usarse donde estén disponibles, y cuyo uso resultará en una fuerza igual o mayor. La cantidad de agua por unidad de volumen de concreto requerida para producir una mezcla de la consistencia deseada se expresa por el tamaño máximo, la forma de las partículas, la clasificación de los agregados y la cantidad de aire incorporado. Esto afecta relativamente la cantidad de cemento por debajo de 360-309 kg/m<sup>3</sup>. En mezclas más ricas que esta, la necesidad de mezclar con agua aumenta dramáticamente a medida que aumenta el contenido de material cementoso.

**Tabla 9 - Cantidad de agua aproximado para distintas consistencias**

Consistency description	Approximate relative water content, %	
	Thaulow <sup>5</sup>	Table 6.3.3, ACI 211.1
Extremely dry	78	—
Very stiff	83	—
Stiff	88	—
Stiff plastic	93	92
Plastic	100	100
Very plastic	106	106

Fuente: Norma ACI 211.3



**Ilustración 10 - Diferencia de agua para concreto con aire y sin aire**

Fuente: Norma ACI 211.3

### 3.2.2 Sistemas con bloques de concreto

En su investigación (ARRIETA, 2018) menciona que los bloques de hormigón son elementos modulares y prefabricados del tipo craft-in-place y están diseñados para mampostería fija y armada.

Los bloques de hormigón se utilizan para construir paredes de casas (exteriores e interiores), barandillas, etc.

Al igual que en el caso de los ladrillos cerámicos, los tabiques de bloques de hormigón requieren vigas y columnas limitadas. En el caso de mampostería armada con bloque de hormigón, se requiere armadura longitudinal, distribuida uniformemente por todo el muro en los rebajes del bloque, mientras que armadura transversal se coloca en las juntas donde sea necesario y pueda ser bloque. no mostrado.

La ventaja de esta mampostería es que, debido a su gran tamaño, ahorra tiempo de construcción, mano de obra y cantidad de mortero requerida, lo que reduce los costos de producción y también reduce el número de juntas. La cantidad de agua por unidad de volumen de concreto requerida para producir una mezcla de la consistencia deseada se expresa por el tamaño máximo, la forma de las partículas, la clasificación de los agregados y la cantidad de aire incorporado. Esto afecta relativamente la cantidad de cemento por debajo de 360-309 kg/m<sup>3</sup>. En mezclas más ricas que esta, la necesidad de mezclar con agua aumenta dramáticamente a medida que aumenta el contenido de material cementoso.

#### 3.2.2.1 Posibilidades de Utilización

(ARRIETA, 2018) señala que: 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:

a) **Materiales:** Para preparar un bloque, solo requiere materiales comunes, tales como: división de piedra, arena, cemento y agua; Equipos vibrantes y formas metálicas correspondientes; Esto

puede ser en su desarrollo, evitando así las tareas de transporte de las unidades de producción que representan aspectos convenientes para un edificio independiente.

b) **Economías:** La construcción de bloques de hormigón tiene una ventaja económica gracias a la rapidez de ejecución, ya que solo se necesitan 12 bloques de hormigón para construir 1 metro cuadrado, la misma ejecución cuidadosa de los ladrillos permitirá obtener piezas con buen acabado, ahorrarse el enlucido y luego la pintura.

c) **Resistencias:** Los muros principales de la casa están contruidos con ladrillos de barro cocido de 25 cm de ancho, en el caso de estructuras de block, estos muros principales son más delgados, pero tienen la misma resistencia, debido a que estos últimos están reforzados con barras de acero planchar. Las paredes delgadas permiten mayores márgenes en el entorno construido, lo que permite una mayor superficie utilizable, lo que significa un mayor valor comercial.

d) **Mano de Obra:** Los trabajadores deben ser calificados a nivel de operador, con soporte técnico y supervisión para la construcción de bricolaje.

### 3.2.3 Dimensionamiento

(ARRIETA, 2018) mencionan que:

La heterogeneidad de las medidas de las celdas dificulta la construcción de un miembro perfectamente vertical, y la irregularidad puede causar cargas excéntricas y, por lo tanto, esfuerzos de flexión adicionales.

La producción suele consistir en una serie de bloques de la misma altura y longitud, con diferentes anchos de 10, 12, 15 y 20 cm según la función del muro o tabique y debe realizarse por diseño.

Los bloques tienen dos burbujas de 13 cm x 8 cm a su vez con burbujas verticalmente idénticas en la mampostería, fila tras fila, lo que da como resultado la formación de canales para diferentes propósitos.

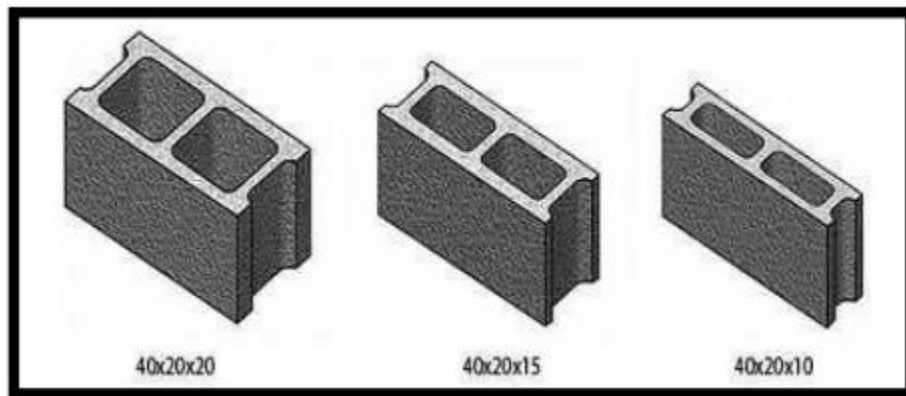
### 3.2.4 Clasificación del bloque de concreto

A continuación, se muestra las clasificaciones que se pueden mostrar en los bloques de concreto.

#### 3.2.4.1 Clasificación por sus dimensiones

(BARTOLOMÉ, 2011) menciona que:

Se denominan ladrillos, y debido a su gran peso y tamaño, deben manipularse y colocarse con ambas manos. Estos bloques se utilizan en estructuras de hormigón armado, para bloques de hormigón vibrado las dimensiones típicas son 14 ó 19 cm de espesor, 19 ó 39 cm de largo y 19 cm de alto, aunque a las juntas se le añade 1 cm al comercio. para identificarlos (por ejemplo, bloques de tamaño nominal 20x20x40cm) (Figura 2). El peso de estos bloques puede variar de 12 a 20 kg.



**Ilustración 11 - Medidas Nominales de Bloques de Concreto**

Fuente: (BARTOLOMÉ, 2011)

### 3.2.5 Clasificación por su fabricación

(BARTOLOMÉ, 2011) señala que:

Las ilustraciones 9 y 10 muestran bloques de hormigón industriales y artesanales domésticos. La diferencia en calidad y acabado es obvia. La norma E.070 especifica que los elementos de hormigón deben utilizarse cuando hayan alcanzado la estabilidad volumétrica. Para los electrodomésticos tratados con agua, tienen una vida útil mínima de 28 días, de lo contrario, la pared se contrae y se agrieta cuando se seca.

El concreto para estas unidades, ya sean bloques o ladrillos hechos a mano o industriales, es una mezcla de cemento, arena y caramelo (piedra triturada de 1/4 de pulgada). Dependiendo de la

cantidad, se pueden lograr diferentes resistencias a la compresión, dando como resultado unidades de baja resistencia para edificios bajos y unidades más fuertes para edificios altos. La consistencia de la mezcla debe ser seca (alrededor de 1 pulgada de precipitación) para que la masa se deshaga inmediatamente sin romperse (Ilustración 11).



**Ilustración 12 - Bloques de Concreto Artesanales**

Fuente: (BARTOLOMÉ, 2011)

Las unidades son de color gris azulado, aunque esto se puede cambiar agregando pigmento. Suele tener una textura espesa con poros abiertos. El uso de áridos ligeros (bolas de poliestireno o piedra pómez) puede reducir su peso. Producción de bloques vibratorios caravista en Perú.





**Ilustración 13 - Bloques de Concreto Industriales**

Fuente: (BARTOLOMÉ, 2011)



**Ilustración 14 - Revenimiento (slump) de la mezcla para Bloques de Concreto.**

Fuente: (BARTOLOMÉ, 2011)

El mezclado de los materiales se hace a mano (artesanal) o a máquina (industrial) dosificando los ingredientes en peso.

El formado se realiza mediante una matriz metálica, la corredera permite la compresión embutindo la mezcla en un molde de madera forrado con una lámina o estaño en su interior. El modelado debe hacerse en un tendedero en arena fina. Las unidades deben curarse regando dos veces al día durante 7 días consecutivos, de lo contrario, la resistencia a la compresión disminuirá significativamente. Gracias a los artesanos se producen una media de 200 piezas al día.

La fundición semi-industrial se realiza por compresión vibratoria, utilizando capas de celdas que producen unas 2.000 piezas por día, o en una máquina RosaCometa que produce unas 5.000 piezas por día (ilustración 12). En cualquier caso, el molde se puede reemplazar con ladrillos y bloques para paredes o bloques para techos.

El proceso de conformado industrial se realiza por compresión vibratoria mediante una máquina estática capaz de producir 80.000 unidades al día. El curado industrial se realiza en cámara de vapor a 50 °C, en cámara de autoclave (150 °C de 6 a 10 atm) o por nebulización. En la producción industrial, se utilizan equipos mecanizados para el transporte y luego se envasan en bolsas de plástico (polietileno) para proteger el bloque de la humedad. Los elementos de hormigón tienen un gran cambio de volumen, por lo que se requiere protección contra la humedad.

En el caso de producción en serie, se debe cuidar que la superficie de contacto sea bastante rugosa, no lisa, para que proporcione una buena adherencia al mortero. Cuando hay una mezcla con exceso de agua (precipitación mayor a 1 pulgada), se produce una superficie lisa, por lo que la superficie de la lechada queda cubierta.



**Ilustración 15 - Máquina RosaCometa comúnmente usado para la fabricación semi industrial de Bloques de Concreto**

Fuente: (BARTOLOMÉ, 2011)

### 3.2.6 Clasificación por sus huecos

Los bloques de hormigón con 2 orificios perforados perpendiculares a la superficie del asiento ocupan más del 30% del área total, por lo que se clasifican como celdas huecas, estos orificios o celdas son lo suficientemente grandes como para albergar refuerzos longitudinales. Utilizados para la construcción de muros armados, también se clasifican como elementos constructivos abiertos, esta clasificación se da de acuerdo a la norma E.070 del Código Nacional de la Edificación.

Así mismo; (BARTOLOMÉ, 2011) señala que:

En el Código Nacional de Construcción E.070, después de muchas pruebas de carga lateral cíclica en paredes selladas, el porcentaje indicado se determina cuando la ruptura de los vacíos es menor que el límite máximo multi-especificado en la norma sísmica (0.005) E .030 para ser utilizado en edificios cerrados.

Por ello, la norma E.070 especifica que un sólido o elemento macizo es el elemento utilizado para la construcción de muros de carga confinados. Asimismo, los bloques de hormigón según E.070 se clasifican como miembros de panal porque tienen grandes aberturas perpendiculares a la superficie de asiento, lo suficientemente grandes como para acomodar el refuerzo longitudinal; Estructura de mampostería armada para relleno de mortero. Estos bloques no deben usarse en estructuras de mampostería estrechas, ya que los terremotos los aplastarán.

### 3.2.7 Clasificación por su uso estructural

La norma E.070 clasifica los bloques de hormigón para aplicaciones estructurales (Tabla 1), llamándolos Bloques P para muros de carga y Bloques NP para muros de carga, cada uno sujeto a variación de tamaño. Como máximo, las propiedades físicas del alabeo, como la absorción de agua y la absorción de agua, y las propiedades mecánicas, como las propiedades a compresión mínima de los elementos de mampostería ( $f'b$ ). (Cardenas, 2013)

### 3.2.8 Propiedades físicas

#### 3.2.8.1 Variación Dimensional

(Morante, 2008) citado por (Cardenas, 2013) que el significado: "Esta propiedad mide la irregularidad geométrica de las dimensiones de un elemento. Cuanto mayor sea la variación en las dimensiones del elemento, mayor será el espesor de las juntas de lechada"

A su vez (BARTOLOMÉ, 2011) señala que:

Para la determinación de esta propiedad en el hormigón se seguirá el procedimiento señalado en la NTP 399.613. Las dimensiones tridimensionales se miden en unidades: largo x ancho x alto ( $L \times A \times H$ ), en milímetros. El largo y el ancho son relativos a la superficie del asiento.

- El cambio dimensional ( $V$ ) se calcula de la siguiente manera:
- El tamaño de cada lado de la muestra ( $D = L, A, H$ ) se toma como el valor promedio (en mm) de las 4 medidas en el centro de cada superficie.
- Luego, para cada borde, calcule la media de toda la muestra ( $Dp$ ), reste este valor por la dimensión especificada por el fabricante ( $Df$ ) y divídalo por ( $Df$ ).



**Ilustración 16 - Ensayo de Variación Dimensional en Bloques de Concreto**

Fuente: (BARTOLOMÉ, 2011)

(Cardenas, 2013), presenta la siguiente fórmula para el cálculo de la Variación Dimensional:

$$V(\%) = \frac{100(Df - Dp)}{Df}$$

**Ecuación 1 - Variación dimensional**

Fuente: (VASQUEZ FAUSTINO, 2018)

Donde:

$V = \text{Variación Dimensional (\%)}$

$Df = \text{Dimensión especificada por el fabricante (mm)}$

$Dp = \text{Dimensión promedio de la muestra por cada arista (mm)}$

### 3.2.9 Alabeo

(Paredes, 2006) citado por (Cardenas, 2013) menciona que:

Esta propiedad mide la concavidad o convexidad de la cara de asentado de las unidades. Valores excesivos de alabeo conducen a un mayor espesor de la junta de mortero; asimismo, puede disminuir la adherencia con el mortero al formarse vacíos como especie de cangrejas en las zonas más alabeadas, lo cual disminuirá la resistencia de la albañilería.

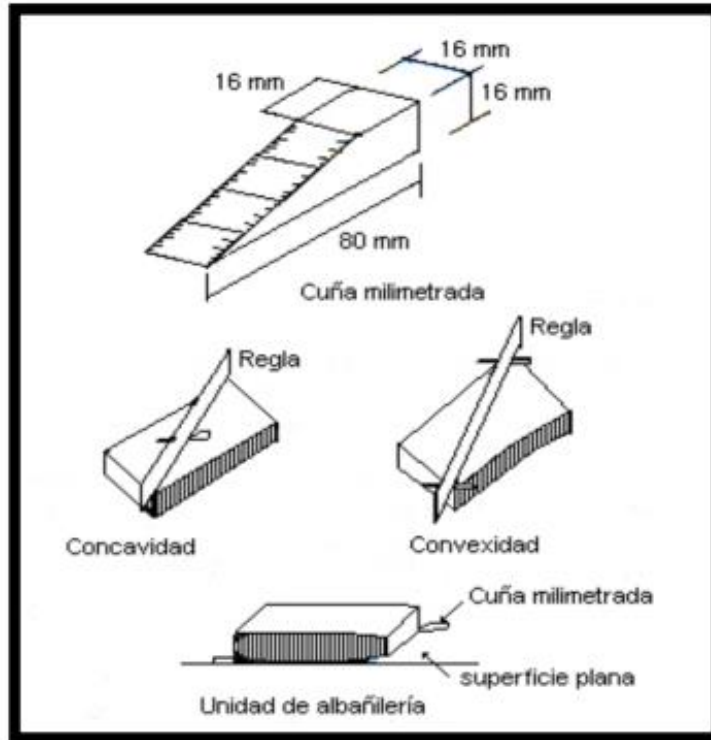
Para especificar este atributo en un bloque de concreto, siga el procedimiento especificado en NTP 399 613, como un ladrillo de arcilla.

(BARTOLOMÉ, 2011), indica la manera de realizar la prueba:

Esta prueba se realiza colocando la superficie de asiento de la unidad sobre una mesa plana, para luego introducir una cuña metálica graduada al milímetro en la zona más alabeada; también debe colocarse una regla que conecte los extremos diagonalmente opuestos de la unidad, para después introducir la cuña en el punto de mayor deflexión (ilustración 14). El resultado promedio se expresa en milímetros.

### 3.2.10 Densidad

(ARRIETA, 2018) ha señalado esta propiedad: "Nos permite determinar si un bloque es pesado o liviano, y también indica la cantidad de trabajo o esfuerzo de equipo requerido desde la fabricación hasta la posición".



**Ilustración 17 - Ensayo de Alabeo en Bloques de Concreto**

Fuente: (VASQUEZ FAUSTINO, 2018)

(BARTOLOMÉ, 2011) citado por (CÁRDENAS, 2014) afirma: "La densidad es la relación entre la unidad de masa y el volumen real. Cuanto mayor sea la densidad, mayor será la resistencia y la fuerza de la pared a los elementos.

Para la determinación de esta propiedad en bloques de concreto, se deben seguir los procedimientos especificados en la NTP 399.604 (CÁRDENAS, 2014) muestra cómo comprobar:

Se seca la muestra colocándola en un horno a 110 °C durante 24 h. Después del secado, enfríelos durante 2 h y registre el peso seco ( $P_{sec}$ ). Luego, la muestra completamente sumergida se colocó en un recipiente con agua fría para registrar el peso de la unidad sumergida ( $P_{sum}$ ). Luego, la muestra se colocó en un recipiente de metal y se hirvió durante 5 h, y se registró el peso de saturación ( $P_{ebl}$ ) de las células después del enfriamiento. La densidad unitaria se expresa mediante la siguiente ecuación:

$$D = \frac{P_{sec}}{V_n}$$

$$V_n = P_{ebll} - P_{sum}$$

### **Ecuación 2 - Densidad de la unidad**

Fuente: (CÁRDENAS, 2014)

*D = Densidad de la unidad (gr/cm<sup>3</sup>)*

*P<sub>sec</sub> = Peso de la unidad secada al horno (gr)*

*V<sub>n</sub> = Volumen neto de la unidad (cm<sup>3</sup>)*

*P<sub>sum</sub> = Peso de la unidad sumergida en agua fría (gr)*

*P<sub>ebll</sub> = Peso de la unidad saturado, 5 hrs. agua ebullición (gr)*

#### 3.2.11 Absorción

(Vargas & Lobo, 2008) son citados por (CÁRDENAS, 2014) diciendo: "La absorción es la capacidad que tiene un individuo para almacenar cierta cantidad de agua en su volumen. Una absorbancia alta indica que la unidad es porosa (permeable)".

A su vez (ARRIETA, 2018), señala que:

La absorción del agua se mide como el paso del agua, expresado en porcentaje del peso seco, absorbido por la pieza sumergido en agua. 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.

Para la determinación de esta propiedad en bloques de concreto, se deben seguir los procedimientos especificados en la NTP 399.604.

(CÁRDENAS, 2014) indica la forma de realizar el ensayo:

Se secan las muestras colocándolas en un horno durante 24 horas a una temperatura de 110°C. Después de secado se enfrían por un período de 2 horas, pasado este tiempo se



registra el peso seco ( $P_{sec}$ ). Luego se introducen las muestras a un recipiente con agua fría, se dejan reposar completamente sumergidas durante 24 horas. Después de ese tiempo se retiran del recipiente y se pesan ( $P_{sat}$ ). El contenido de agua absorbida se obtiene con la siguiente fórmula:

$$A(\%) = \frac{(P_{sat} - P_{sec})}{P_{sec}} \times 100$$

**Ecuación 3 - Contenido de agua absorbida**

Fuente: (CÁRDENAS, 2014)

Donde:  $A =$  Absorción (%)

$P_{sec} =$  Peso de unidad secada al horno (gr)

$P_{sat} =$  Peso de la unidad saturada, 24 hrs. en poza de agua (gr)

3.2.11 Resistencia a la Compresión Mínimo 1000 Lbs/plg<sup>2</sup>

G R A D O	Resistencia mínima de ruptura a la Compresión en kg/cm <sup>2</sup>	
	Promedio de área gruesa.	
	Promedio de 3 unidades.	Unidad individual.
N-I	70.42	56.30
N-II		
S-I	49.30	42.20
S-II		

**Ilustración 18. Resistencia mínima de ruptura a la compresión**

Fuente: Norma ASTM C90-85

La absorción de agua permisible está relacionada con el peso volumétrico de la masa a secar, cuanto mayor sea la absorción de agua permisible de la masa seca baja y menor la absorción de agua permisible de la masa seca alta.

G R A D O	Máxima absorción de agua. (Lbs/pie <sup>3</sup> o kg/m <sup>3</sup> ) Promedio de 3 unidades.			
	CLASIFICACION POR PESO.			
	Peso Ligero.		Peso Mediano.	
	Menor que 85 (1362)	Menor que 105 (1682)	Menor que 125 a 105 (2002 a 1682)	125 (2002 o mas)
	N-I	18 (288)	15 (240)	13 (208)
	N-II			
S-I	20 (320)			
S-II				

**Ilustración 19. Mínima Absorción del Agua**

Fuente: Norma ASTM 90-85

% de Contracción Lineal	Contenido máximo de humedad. % total Absorción total (promedio de 3 unidades)		
	Condiciones de humedad del sitio de trabajo o lugar de uso		
	Humedad <u>a</u> /	Intermedio <u>b</u> /	Árido <u>c</u> /
0.03 o menos	45	40	35
de 0.03 a 0.045	40	35	30
de 0.045 a 0.065 máx.	35	30	25

**Ilustración 20. Contenido de humedad %**

Fuente: ASTM 90-85

### 3.2.12 Muestreo y prueba de Unidades de Mampostería de Concreto (ASTM C-140)

ASTM C-140 ofrece una amplia gama de pruebas para componentes de concreto como bloques. Las pruebas especificadas en esta norma incluyen medidas de dimensiones, resistencia a la compresión, absorbanca y área neta. No todas las pruebas son aplicables a todas las muestras de hormigón. Este documento se centra en las pruebas de absorbanca. La norma ASTM C-140 también especifica que, si una muestra es demasiado grande para el compresor, debe serrarse para obtener un corte limpio. Al cortar este bloque, debe estar centrado con precisión, todo el borde de corte no es muy uniforme.

Al realizar la prueba de compresión, la máquina necesita leer los números muy claramente. Además, la precisión de la máquina debe comprobarse al menos una vez al año. Esto debe hacerse porque la máquina siempre debe mostrar un error de -1.0%.

### 3.2.13 Especificación Normalizada de Agregados para Concreto (ASTM C-33)

Esta especificación define los requisitos de clasificación y calidad para los agregados gruesos y finos (que no sean agregados livianos o pesados) utilizados en el concreto. Esta norma está destinada a ser utilizada por proveedores de hormigón u otros compradores como parte de un documento de adquisición que describa el material que se entregará.

Esto se considera suficiente para garantizar un material satisfactorio para la mayoría de los tipos de hormigón. Se reconoce que para algunas profesiones o regiones esto puede ser más o menos innecesariamente restrictivo. Por ejemplo, donde la estética es importante, se pueden considerar límites más estrictos sobre la contaminación que podría contaminar las superficies de concreto. En términos de clasificación, propiedades físicas, propiedades del material o una combinación de ellas, se determina si un compuesto en particular está o puede estar disponible en el área de trabajo.

Esta especificación también se utiliza en las especificaciones del proyecto para definir la calidad del compuesto, el tamaño máximo nominal del compuesto y otros requisitos de calificación específicos. El responsable de seleccionar las proporciones de la mezcla de concreto será el responsable de determinar las proporciones de los agregados finos y gruesos.

### 3.2.14 Colorimetría (ASTM C-40)

La colorimetría es una prueba diseñada para detectar la presencia o ausencia de sustancias orgánicas en los agregados finos, ya que estos contaminantes pueden afectar la mezcla de concreto, como la resistencia eléctrica, la resistencia y la cohesión. Por lo tanto, la colorimetría ayuda a determinar si el suelo está lo suficientemente limpio para hacer concreto.

Sinha, (2016) Afirma:

En agregados se pueden encontrar algunas sustancias como lo es la materia orgánica, las cuales si se encuentran en grandes cantidades afectan o dañan algunas propiedades del concreto como lo son el tiempo de fraguado, resistencia y durabilidad. De aquí proviene

la importancia de detectar este tipo de materia, saber cómo actúan y hasta que cantidad se pueden tolerar.

La presencia de sustancias orgánicas provoca la hidratación química del hormigón, lo que interfiere en el proceso de fraguado, prolongando la durabilidad del hormigón. Si lo hace, significa que tiene menos energía y resistencia. Además de dañar el hormigón, también puede dañar otros componentes, como el acero, ya que los compuestos orgánicos del acero pueden corroerse, lo que puede provocar un rendimiento reducido y defectos en el acero.

Un método usa una solución estándar de color y el otro usa una muestra de color de vidrio. Los valores dados en SI o unidades de pulgada-libra deben considerarse por separado como estándares. Los valores dados en diferentes sistemas pueden no ser exactamente equivalentes, por lo que cada uno debe usarse de forma independiente. La combinación de valores de ambos sistemas puede resultar en una falta de coincidencia.

Esta norma no pretende abordar todos los problemas de seguridad, si los hubiere, relacionados con su aplicación. Es responsabilidad del usuario de esta norma establecer prácticas apropiadas de salud y seguridad y determinar la aplicación de restricciones reglamentarias antes de su uso. El patrón o tabla correspondiente a una muestra tiene cinco intensidades, desde amarillo claro hasta amarillo oscuro. El color más claro muestra partículas limpias y el color más oscuro muestra partículas con mucha materia orgánica.

### 3.2.15 Peso Volumétrico de los Agregados (ASTM C-129)

En cuanto al concreto, el agregado tiene un contenido de agregado de 50% a 80% por volumen, por lo que esto es muy importante porque la densidad de resistencia y otras propiedades dependen de las propiedades del agregado si se diseña sin probar ni fabricar. Es difícil obtener los resultados deseados. El hormigón o árido de construcción es la composición obtenida por trituración natural o artificial de diferentes tipos de roca, que pueden variar en tamaño desde partículas casi invisibles hasta rocas. Junto con el agua y el cemento, forman los tres ingredientes necesarios para hacer hormigón.

El peso volumétrico es uno de los muchos estudios realizados sobre los agregados. La masa volumétrica es la relación entre la masa del suelo y su masa volumétrica. En cuanto al peso dimensional, puede ser suelto o compactado. La forma suelta ocurre cuando la muestra de arena o grava acaba de caer en el contenedor, y la compactación ocurre cuando la muestra de arena o grava depositada en el contenedor ha sido compactada para eliminar los vacíos. La siguiente ecuación se utiliza para determinar el peso volumétrico compuesto:

#### **Ecuación 4. Peso Volumétrico de los Agregados**

$$PV = \frac{W}{V}$$

Donde:

W es el peso del agregado el cual está en el recipiente, molde o cubeta

V e el volumen del recipiente.

Al obtener el dato del peso volumétrico del concreto, los usos que se le pueden dar son:

- 1) En el cálculo de los vacíos en el agregado
- 2) Como índice de calidad para clasificar el agregado como regular, ligero o pesado.
- 3) En el diseño de mezclas de concreto.

### **3.3 MARCO CONCEPTUAL**

A continuación, se presenta un listado de terminologías, con su respectivo significado las cuales serán utilizadas a lo largo de la investigación, así lograr entender de mejor manera el concepto de cada una de estas.

#### 1) Cemento Tipo 1

Según Sodimac, (2017):

El cemento Tipo I es un cemento de uso general en la construcción, que se emplea en obras que no requieren propiedades especiales y se fabrica mediante la molienda conjunta de clínker Tipo I y yeso, que brindan mayor resistencia inicial y menores tiempos de fraguado (p. 7).

## 2) Agregados

Como menciona Arquigrafico, (2016):

Los agregados del concreto o agregados de la construcción son componentes derivados de la trituración natural o artificial de diversas piedras, y pueden tener tamaños que van desde partículas casi invisibles hasta pedazos de piedra. Junto con el agua y el cemento, conforman el trío de ingredientes necesarios para la fabricación de concreto (p. 2)

## 3) Agregado grueso, grava o gravilla

“Piedra o roca machacada o triturada, cuyos elementos tienen un grosor de unos diez milímetros” (Farlex, 2016, p. 10)

## 4) Agregado Fino o Arena

“Material pasante de la malla No. 4 y retenido en la malla No. 200, con tamaños entre 4.76 mm y 74 Mieras (0.07 mm)” (Gutiérrez de López, 2003, p. 1).

## 5) Agua

“Líquido inodoro, incoloro o insípido que se encuentra en la naturaleza en estado más o menos puro, formando ríos, lagos y mares, ocupando las tres cuartas partes del planeta y parte del organismo vivo; Consta de hidrogeno y oxígeno” (ARKIPLUS, 2019, p.1)

## 7) Aditivo

“Los aditivos son productos que se agregan al concreto en pequeñas proporciones de 0.1% a 5% en peso de cemento durante la mezcla para modificar algunas de sus propiedades originales.” (Deluxe templates, 2009, p. 2)

## 8) Bloque Normal

Como afirma Construpedia, (2018):

El Bloque de Hormigón es un paralelepípedo rectangular prefabricado con numerosas celdas de paredes delgadas, que los convierten en piezas fáciles de maniobrar en obra y muy aislantes.

Se elaboran a partir de Morteros y Hormigones de consistencia seca (de Árido pequeño) comprimiéndolos y haciéndolos vibrar en moldes metálicos (p. 2)

### **3.4 MARCO LEGAL**

#### TÍTULO I

##### · PRINCIPIOS Y OBJETIVOS

#### CAPÍTULO I

##### · PRINCIPIOS GENERALES

Artículo 1. La protección, conservación, restauración y manejo sostenible del ambiente y de los recursos naturales son de utilidad pública y de interés social.

El Gobierno Central y las municipalidades propiciarán la utilización racional y el manejo sostenible de esos recursos, a fin de permitir su preservación y aprovechamiento económico. El interés público y el bien común constituyen los fundamentos de toda acción en defensa del ambiente; por tanto, es deber del Estado a través de sus instancias técnico-administrativas y judiciales, cumplir y hacer cumplir las normas jurídicas relativas al ambiente.

Artículo 3. Los recursos naturales no renovables deben aprovecharse de modo que se prevenga su agotamiento y la generación de efectos ambientales negativos en el entorno. Los recursos naturales renovables deben ser aprovechados de acuerdo con sus funciones ecológicas, económicas y sociales en forma sostenible.

#### CAPITULO II

##### · OBJETIVOS

Artículo 9. Son objetivos específicos de la presente Ley:

e) Promover la participación de los ciudadanos en las actividades relacionadas con la protección, conservación, restauración y manejo adecuado del ambiente y de los recursos naturales.

f) Fomentar la educación e investigación ambiental para formar una conciencia ecológica en la población.

### CAPITULO III

#### · EDUCACIÓN AMBIENTAL

Artículo 84. La Secretaría de Estado en el Despacho de Educación Pública, incorporará la educación ambiental a todo el Sistema Educativo Nacional a cuyo efecto reformará e innovará las estructuras académicas vigentes para el desarrollo de programas de extensión, estudio e investigación que ofrezcan propuestas de solución a los problemas ambientales de mayor impacto en el país. La Universidad Nacional Autónoma de Honduras, y las demás instituciones educativas de nivel superior, deberán estudiar la posibilidad de efectuar las adecuaciones para este fin.



## IV. METODOLOGÍA

En el presente capítulo, se muestra la metodología que se implementará en la investigación que se está llevando a cabo. En él, se contemplan el enfoque, las variables de investigación la hipótesis y las herramientas y actividades requeridas para el desarrollo de la misma.

### 4.1 ENFOQUE

El enfoque de investigación es de tipo cuantitativo, en el que se comprenden una serie de procesos para poder obtener los resultados entre ellos el análisis numérico y estadístico de recolección de datos de la muestra para comprobar las hipótesis planteadas (Hernández Sampieri, Fernández Collado, & Baptista Lucio, 2014).

En la investigación se pretende responder a las preguntas previamente planteadas y conocer como es el comportamiento de las variables. El alcance de esta investigación es de tipo correlacional basado en que los estudios correlacionales asocian variables y buscan conocer el grado de relación existente entre ellas (Hernández Sampieri, Fernández Collado, & Baptista Lucio, 2014). La relación de las variables puede variar en cada escenario de la investigación pues se realizarán manipulaciones de las variables independientes en cada uno de estos para comprobar que efecto tienen en la variable dependiente y es la razón de que el diseño de la investigación sea de tipo experimental.

Hernández Sampieri, (2010) afirma:

El enfoque cuantitativo es secuencial y probatorio. Cada etapa precede a la siguiente y no podemos "brincar o eludir" pasos, el orden es riguroso, aunque, desde luego, podemos redefinir alguna fase. Parte de una idea, que va acotándose y, una vez delimitada, se derivan objetivos y preguntas de investigación, se revisa la literatura y se construye un marco o una perspectiva teórica. De las preguntas se establecen hipótesis y determinan variables; se desarrolla un plan para probarlas(diseño); se miden las variables en un determinado contexto; se analizan las mediciones obtenidas y se establece una serie de conclusiones respecto a la hipótesis. (p. 20).

#### 4.1.1 Tipo de estudio

Se eligió el tipo de estudio Experimental porque se cambiarían las variables independientes en función de su agregación para obtener resultados que serían analizados posteriormente.

Para la recopilación y el análisis de datos, consulte las pruebas realizadas de acuerdo con las normas ASTM C129, C90 y ACI 211.3.

## 4.2 VARIABLES DE INVESTIGACIÓN

A continuación, se presentan la variable dependiente y las variables independientes determinadas para llevar a cabo la investigación.

### 4.2.1 Variables de operacionalización

En la tabla 6 se muestran las variables de operacionalización de la investigación, el cual incluyen el problema planteado en el proyecto, objetivos generales y específicos, las preguntas de investigación y finalmente sus variables dependientes e independientes.

**Tabla 10 – Tabla de variables de operacionalización**

Variable Independiente	Definición		Dimensión	Indicador	Ítems
	Conceptual	Operacional			
Porcentaje de Cal	La Cal es menos secante por lo que se debe de establecer qué porcentaje de Cal a utilizar	La Cal como tal no presenta la capacidad de aglutinar por lo que se debe de establecer una cantidad adecuada entre la Cal y el Cemento	Características de la Cal como agregado	Humedad	¿Qué grado de influencia presente la Cal sobre la humedad?
				Secado	¿De qué manera afecta el grado de secado de la Cal sobre el bloque?
Influencia de Cemento	Los bloques fabricados a partir del cemento presentan un grado de secante alto, y de resistencia	La reducción del cemento en la fabricación de un bloque puede disminuir significativamente la resistencia que este presenta habitualmente y presenta una gran capacidad de aglutinar	Resistencia de la compresión	Calidad del producto	¿En que afecta reducir la cantidad de cemento de la mezcla?
			Costo de fabricación		
Grado de resistencia	Los resultados de la resistencia son directamente proporcionales a la cantidad óptima de agregados en la mezcla	El grado de resistencia va en función de la capacidad de aglutinar de los agregados de la mezcla	Característica de la mezcla	Agregados de la mezcla	¿Tamaño máximo de agregado para usarse en la mezcla en los bloques?
Porcentaje de Granulometría	Distribución de las partículas de un agregado tal como se determina en el análisis de tamices (ASTM C 136)	El tamaño máximo de agregado afecta la trabajabilidad, capacidad de bombeo, porosidad y durabilidad del concreto.	Calidad de agregado	Norma ASTM C 136	¿La Cal como agregado afectará la hidratación del cemento durante el proceso de fraguado?
			Tipo de agregado		

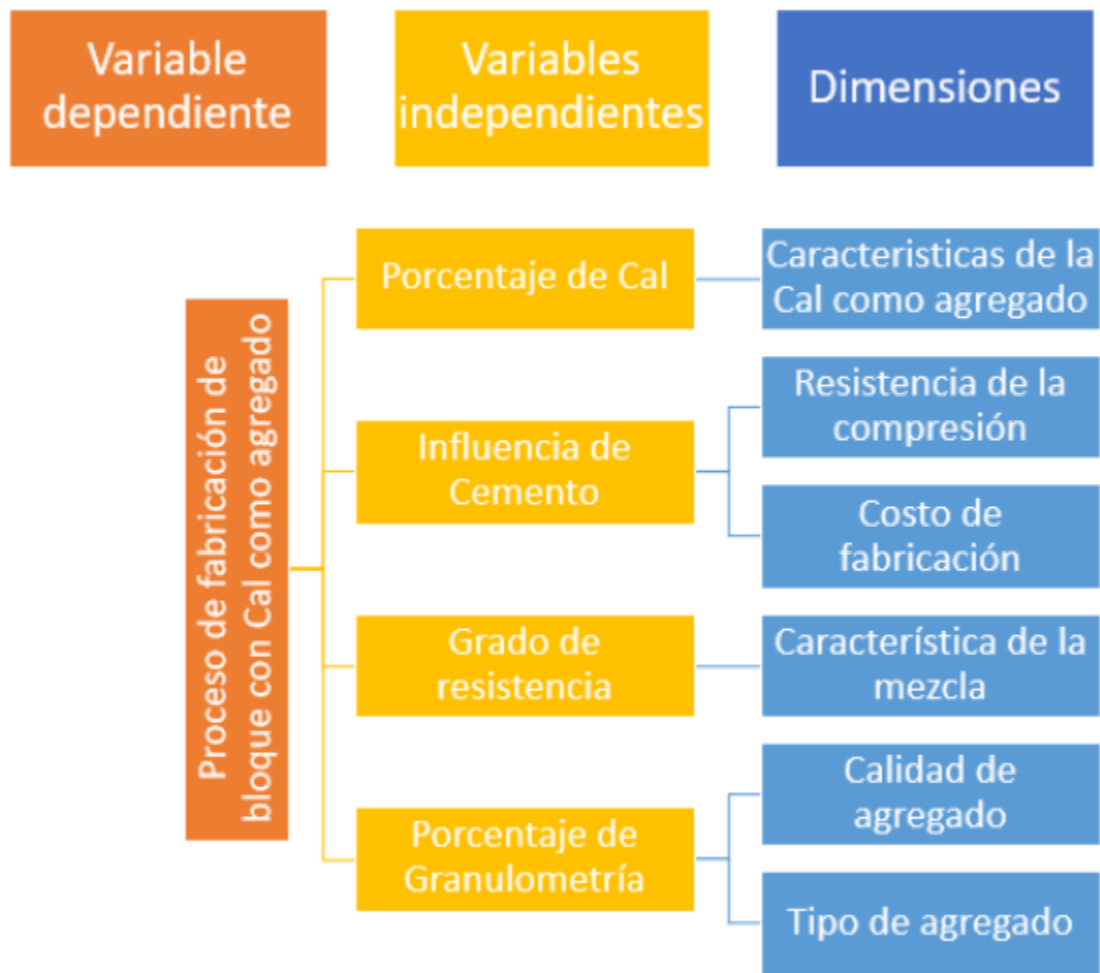
Fuente: Elaboración propia

### 4.2.2 Diagrama de Variables de Operacionalización

A continuación, se muestra la definición conceptual y operacional de las variables establecidas para la presente investigación.

La operacionalización de las variables Según Cea D’Ancona “Es el que habitualmente se emplea para denotar los estadios implicados en el proceso de asignación de mediciones a conceptos.” (p. 123)

En la ilustración 3, se muestra el esquema de las variables de investigación, en el cual se denota la relación que presente la variable dependiente con las variables independientes.



**Ilustración 21 - Dimensiones de variables de estudio**

Fuente: Elaboración propia

4.2.3 Tabla de Operacionalización de variables

**Tabla 11 - Tabla de operacionalización de variables**

Variable Independiente	Definición		Dimensión	Indicador	Ítems
	Conceptual	Operacional			
Porcentaje de Cal	La Cal es menos secante por lo que se debe de establecer qué porcentaje de Cal a utilizar	La Cal como tal no presenta la capacidad de aglutinar por lo que se debe de establecer una cantidad adecuada entre la Cal y el Cemento	Características de la Cal como agregado	Humedad	¿Qué grado de influencia presente la Cal sobre la humedad?
				Secado	¿De qué manera afecta el grado de secado de la Cal sobre el bloque?
Influencia de Cemento	Los bloques fabricados a partir del cemento presentan un grado de secante alto, y de resistencia	La reducción del cemento en la fabricación de un bloque puede disminuir significativamente la resistencia que este presenta habitualmente y presenta una gran capacidad de aglutinar	Resistencia de la compresión	Calidad del producto	¿En que afecta reducir la cantidad de cemento de la mezcla?
			Costo de fabricación		
Grado de resistencia	Los resultados de la resistencia son directamente proporcionales a la cantidad óptima de agregados en la mezcla	El grado de resistencia va en función de la capacidad de aglutinar de los agregados de la mezcla	Característica de la mezcla	Agregados de la mezcla	¿Tamaño máximo de agregado para usarse en la mezcla en los bloques?
Porcentaje de Granulometría	Distribución de las partículas de un agregado tal como se determina en el análisis de tamices (ASTM C 136)	El tamaño máximo de agregado afecta la trabajabilidad, capacidad de bombeo, porosidad y durabilidad del concreto.	Calidad de agregado	Norma ASTM C 136	¿La Cal como agregado afectará la hidratación del cemento durante el proceso de fraguado?
			Tipo de agregado		

### 4.3 HIPÓTESIS

La hipótesis de investigación está basada en Diseñar un bloque de concreto que cumpla con las características físicas y mecánicas utilizando como agregado la Cal iterando el porcentaje a sustituir con respecto al cemento en la fabricación del bloque como tal.

#### 4.3.1 Hipótesis de investigación

H<sub>1</sub>= La sustitución de un 25% de Cal en la elaboración del bloque brinda una resistencia a la compresión ( $F'_{c_{(BP10)}}$ ) mayor o igual a la obtenida del bloque control ( $F'_{c_{BC}}$ ).

$$F'_{c_{(BP10)}} \geq F'_{c_{BC}}$$

H<sub>1</sub>= La sustitución de un 25% de Cal en la elaboración del bloque brinda una resistencia a la compresión ( $F'_{c_{(BP10)}}$ ) mayor o igual a la obtenida del bloque control ( $F'_{c_{BC}}$ ).

$$F'_{c_{(BP10)}} \geq F'_{c_{BC}}$$

H<sub>2</sub>= La sustitución de un 30% de Cal en la elaboración del bloque brinda una resistencia a la compresión ( $F'_{c_{(BP10)}}$ ) mayor o igual a la obtenida del bloque control ( $F'_{c_{BC}}$ ).

$$F'_{c_{(BP10)}} \geq F'_{c_{BC}}$$

H<sub>3</sub>= La sustitución de un 35% de Cal en la elaboración del bloque brinda una resistencia a la compresión ( $F'_{c_{(BP10)}}$ ) mayor o igual a la obtenida del bloque control ( $F'_{c_{BC}}$ ).

$$F'_{c_{(BP10)}} \geq F'_{c_{BC}}$$

H<sub>4</sub>= La sustitución de un 40% de Cal en la elaboración del bloque brinda una resistencia a la compresión ( $F'_{c_{(BP10)}}$ ) mayor o igual a la obtenida del bloque control ( $F'_{c_{BC}}$ ).

$$F'_{c_{(BP10)}} \geq F'_{c_{BC}}$$

H<sub>5</sub>= La sustitución de un 45% de Cal en la elaboración del bloque brinda una resistencia a la compresión ( $F'_{c_{(BP10)}}$ ) mayor o igual a la obtenida del bloque control ( $F'_{c_{BC}}$ ).

$$F'_{c_{(BP10)}} \geq F'_{c_{BC}}$$

### 4.3.2 Hipótesis nula

Con base en las hipótesis de investigación, las hipótesis nulas surgen cuando se intenta refutar o cancelar resultados alternativos. Se presente de la siguiente manera:

H<sub>0-1</sub>= La sustitución de un 25% de Cal en la elaboración del bloque brinda una resistencia a la compresión ( $F'_{C_{(BP10)}}$ ) menor a la obtenida del bloque control ( $F'_{C_{BC}}$ ).

$$F'_{C_{(BP10)}} < F'_{C_{BC}}$$

H<sub>0-2</sub>= La sustitución de un 30% de Cal en la elaboración del bloque brinda una resistencia a la compresión ( $F'_{C_{(BP20)}}$ ) menor a la obtenida del bloque control ( $F'_{C_{BC}}$ ).

$$F'_{C_{(BP20)}} < F'_{C_{BC}}$$

H<sub>0-3</sub>= La sustitución de un 35% del contenido de arena por PET en la elaboración del bloque brinda una resistencia a la compresión ( $F'_{C_{(BP30)}}$ ) menor a la obtenida del bloque control ( $F'_{C_{BC}}$ ).

$$F'_{C_{(BP30)}} < F'_{C_{BC}}$$

H<sub>0-4</sub>= La sustitución de un 40% de Cal en la elaboración del bloque brinda una resistencia a la compresión ( $F'_{C_{(BP10+A)}}$ ) menor a la obtenida del bloque control ( $F'_{C_{BC}}$ ).

$$F'_{C_{(BP10+A)}} < F'_{C_{BC}}$$

H<sub>0-5</sub>= La sustitución de un 45% de Cal en la elaboración del bloque brinda una resistencia a la compresión ( $F'_{C_{(BP20+A)}}$ ) menor a la obtenida del bloque control ( $F'_{C_{BC}}$ ).

$$F'_{C_{(BP20+A)}} < F'_{C_{BC}}$$

#### **4.4 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS APLICADOS**

Para el desarrollo de la investigación es requerido aplicar técnicas para la adquisición de información para el sustento de la misma. El empleo de herramientas como softwares para la cuantificación de datos obtenidos para su posterior análisis, a continuación, se detallan las técnicas empleadas.

##### **4.4.1 Instrumentos**

Dentro de los instrumentos empleados para la cuantificación de datos obtenidos a partir de la fabricación de los bloques a través de una iteración de las proporciones de Cal como agregado a la mezcla de concreto en sustitución de cemento, se encuentra

Balanza: es un instrumento que puede medir el peso de cualquier objeto. Se utiliza para pesar muestras y recipientes. Algunas balanzas no proporcionan datos y los datos pesan más de lo que pueden medir. El parámetro de precisión del orden de 0,01 gramos más o menos de la báscula digital.



**Ilustración 22 – Balanza**

Fuente: Elaboración propia



Horno: Dispositivo que genera calor y lo retiene en una cámara cerrada.



**Ilustración 23 – Horno**

Fuente: Propia

- 1) Máquina de compresión: La máquina consiste en dos partes esenciales: Una estructura superior y una inferior. En la estructura superior se realizan las diferentes pruebas y se encuentra el reloj para observar la carga aplicada, mientras que la estructura inferior se encarga de soportar el peso de la maquina (peso muerto) y servir de alojamiento para los distintos aditamentos que se utilizan en las pruebas, las cuales se realizan gracias a la fuerza generada por un gato hidráulico de operación manual con la capacidad suficiente para desarrollar las pruebas.



**Ilustración 24. Máquina de Compresión**

Fuente: Propia

Juego de tamices ASTM: a través del tamiz, las partículas de agregado se dividen en grupos a medida que pasan por los orificios del tamiz y se retienen a medida que disminuye el diámetro.



**Ilustración 25. Juego de tamices ASTM**

Fuente: Propia

- 2) Máquina de Bloques: Se trata de un mecanismo especialmente diseñado para la producción de bloques de cemento, compuesto principalmente por una mesa vibratoria, un molde con diferentes cavidades (según el tamaño y tipo de elemento a fabricar) y un plato de compresión adaptado al tipo de molde a fabricar.



**Ilustración 26. Máquina Artesanal de Bloques**

Fuente: Propia

#### 4.4.2 Técnicas

A continuación, se detallarán las técnicas empleadas a lo largo de la investigación para la obtención de los resultados requeridos, todas las técnicas que se mencionarán fueron dadas por la empresa (ETERNA, 2022), ya que son los procesos usados y definidos por la empresa misma.

#### 4.4.2.1 Peso específico y absorción de agregados finos

4Se deja enfriar la muestra a temperatura ambiente y luego se anota este peso en el **LAB-FOR-007**

##### DATOS

1 = Peso del picnómetro en el aire, grs

2 = Peso del picnómetro más agua hasta la marca de calibración, grs

3 = Peso de muestra saturada con superficie seca,  $W_m$

4 = Peso del picnómetro más muestra s. con ss. Mas Agua hasta la marca de calibración (agua aumentada)

5 = Peso de la muestra seca a peso constante ( $W_o$ ),grs

NOTA: Todos los valores explicados anteriormente anotarlos para su respectivo registro y control en el LAB-FOR-007

##### CALCULOS

6= Peso de volumen de agua hasta la tara del picnómetro, grs

7 = Peso de agua aumentada ( $W_a$ ),grs

8 = Peso de un volumen de agua igual a la muestra s. con ss.,grs

9= Peso del bulk

Donde  $W_o$  (5) = Peso de la muestra seca a peso constante ( $W_o$ ),grs

10 = Peso humedad de la muestra s con ss.,grs

11= Peso de un volumen de agua igual a la muestra seca, grs

12 = PE saturado con superficie seca

13 = PE aparente

14 = Absorción, %

#### 4.4.2.2 Peso específico y absorción de agregados gruesos

3.4. Se pesa el recipiente y se determina su peso, anotando el mismo en el formulario LAB-FOR-008.

3.5. Se determina el peso del recipiente lleno con muestra de agregado en condición saturada con superficie seca y registra ese peso en el **LAB-FOR-008**

3.6. Se pesa el recipiente vacío suspendido en agua y se anota en el LAB-FOR-008

3.7. Inmediatamente después de haber determinado el peso de la muestra en su condición de saturada con superficie seca, determine el peso del recipiente lleno con muestra de agregado suspendido en agua. Se registra este dato en LAB-FOR-008.

3.8. Se extra la muestra y se seca en el horno a una temperatura de  $110 \pm 5^\circ\text{C}$  hasta obtener el peso constante. Se deja enfriar a temperatura ambiente hasta que sea cómodo su manejo. Se determina el peso de la muestra en condición seca, anotándolo en el LAB-FOR-008

#### **DATOS**

1= Peso del recipiente, grs

2 = Peso del recipiente más muestra en condición saturada con superficie seca en el aire, grs

3= Peso recipiente suspendida en agua, grs

4 = Peso recipiente y material suspendido en agua en condición saturada con superficie seca

5 = Peso recipiente más material seco a peso constante, grs

#### **CALCULOS**

6 = Peso de muestra en condición saturada superficie seca ( $W_{ss}$ ), grs

7 = Peso de muestra suspendida en agua ( $W_{ma}$ ), grs

8= Peso seco de material en aire  $W_o$ , grs

9= Peso específico (estado seco) , ( $G_s$ )

10 = Peso específico (estado saturado superficie seca), ( $G_{ss}$ )

11 = Peso específico aparente, ( $G_{ap}$ )

#### 4.4.2.3 Análisis de granulometría de agregados para concreto

Esta instrucción de trabajo está basada en la norma ASTM C-136: Método de prueba Estándar para el análisis granulométrico de agregado grueso y agregado fino.

Esta instrucción de trabajo cubre la determinación de la distribución del tamaño de las partículas de agregados finos y gruesos por tamizado. También se detalla el procedimiento para el cálculo del módulo de finura de los agregados. Este procedimiento puede ser usado como una herramienta de control de calidad y para evaluar la calidad de un determinado agregado a ser usado en la producción de concreto.

Esta instrucción no pretende abordar todas las directrices de seguridad asociados con su uso. Es responsabilidad de la organización establecer prácticas de seguridad y salud, y determinar la aplicabilidad de limitaciones reglamentarias antes de su uso.

### **EQUIPO UTILIZADO**

2.1 Juego de tamices ASTM: Conforme a la norma ASTM E-11.

2.2 Balanza: Para agregados finos: debe tener una precisión de 0.1 gramos o 0.1% de la carga de prueba, lo que sea mayor en cualquier punto de rango de uso.

- Para agregados gruesos; O para mezcla de agregado grueso y fino debe tener una precisión de 0.5 gramos o 0.1% de la carga prueba, lo que sea mayor, en cualquier punto dentro del rango de uso.

2.3 Cucharones planos

2.4 Horno con un tamaño apropiado capaz de mantener una temperatura uniforme de  $110 \pm 5$  °C.

2.5 Brochas

2.6 Moldes para pesar el agregado

### **3. PROCEDIMIENTO**

3.1 Se toma una muestra del agregado a ser analizado.

3.2 Se homogeniza la muestra cuidadosamente en estado húmedo y la misma se reduce de acuerdo al método de cuarteo para obtener, cuando esté seca, el tamaño de la muestra de

ensayo ligeramente superior a lo que indica la Tabla No. 12. No se permite la reducción en estado seco ni tampoco reducir hasta un peso exacto predeterminado

**Tabla 12 - Cantidad de agregados mínimas de pesar**

TAMAÑO MAXIMO DE PARTICULAS	CANTIDAD MINIMA A ENSAYAR [grs]
$\frac{3}{8}$	1000
$\frac{1}{2}$	2000
$\frac{3}{4}$	5000
1"	10000
1½"	15000

Fuente: (ETERNA, 2022)

3.3 Se seca la muestra del agregado a un peso constante a una temperatura de  $110 \pm 5$  °C ( $230 \pm 9$  °F) en un horno o en una estufa pequeña ("HOT PLATE")

3.4 Seleccione los tamices requeridos para el agregado a ser analizado. Los tamices son escogidos de acuerdo a la información requerida por la especificación del tipo de agregado.

Ver tabla No. 2. Tamices adicionales pueden ser usados para obtener información adicional como ser módulo de finura o material retenido en cada tamiz.

3.5 Coloque los tamices uno sobre otro, colocando el de mayor abertura en la parte superior y el de menor abertura en la parte inferior y sobre la base.

3.6 Coloque la muestra en el tamiz superior. Agite los tamices a mano o por medio de aparatos mecánicos por un periodo suficiente.

**Tabla 13 – Consideraciones de tamices**

TAMIZ (ASTM)	ABERTURA REAL [mm]	TIPO DE SUELO
1 1/2"	38.10	Grava
1"	25.4	
3/4"	19.05	
3/8"	9.52	
N° 4	4.76	Arena gruesa
N° 10	2	Arena media
N° 20	0.84	
N° 40	0.42	
N° 60	0.25	Arena fina
N° 100	0.105	
N° 200	0.074	

Fuente: (ETERNA, 2022)

No sobrecargue ningún tamiz dividiendo la muestra en dos o más porciones.

Se determina el peso retenido en cada tamiz individual al 0.1 gramo más cercano y se anota en el LAB-FOR-006.

Se calcula el porcentaje retenido individual, y se registra en el LAB-FOR-006. El porcentaje retenido individual se calcula de acuerdo a la fórmula:

$$MRT = (M_i/M_t) \times 100$$

#### 4.4.2.4 Colorimetría

Esta instrucción de trabajo está basada en la norma ASTM C-40; Método de prueba Estándar de impurezas orgánicas en agregados para concreto

Esta instrucción de trabajo cubre la determinación aproximada de la presencia de impurezas de materia orgánicas perjudiciales en el agregado fino que va a ser usado en la concreto.

Esta instrucción no pretende abordar todas las directrices de seguridad asociados con su uso. Es responsabilidad de la organización establecer prácticas de seguridad y salud, y determinar la aplicabilidad de limitaciones reglamentarias antes de su uso.



## 2. EQUIPO UTILIZADO

2.1 Botes de vidrio graduadas con capacidad de 12 onza de sección trasversal ovalada, equipados con tapones.

2.2 Solución reactiva de hidróxido de sodio al 3% (disolver 3 partes de soda cáustica en 97 partes de agua destilada).

2.3 Tabla colorimétrica.

2.4 Balanza.

## 3. PROCEDIMIENTO

3.1 Se llena el bote con muestra del agregado fino a ser analizado hasta aproximadamente el nivel de 4½ onzas.

3.2 Se agrega la solución de hidróxido de sodio al 3% hasta que el volumen del agregado fino y el líquido lleque hasta el nivel de 7 onzas (200 ml) una vez ya agitado. Nota. La solución de hidróxido de sodio se prepara con 485 gramos de agua destilada y 15 gramos de soda cáustica.

Sistema de Gestión de Calidad CONETSA

### **4.5 POBLACIÓN Y MUESTRA**

La población de estudio está constituida por las empresas que elaboran bloques de concreto localizadas en la región de Cortes en Honduras. Esta región está formada por San Pedro Sula y zonas aledañas. De esa población se tomó la empresa ETERNA S.A. para cumplir con el número mínimo de fuentes a estudiar. La muestra es un subgrupo de la población.

En el caso del presente estudio se trata de una muestra no probabilística, en la cual, "la elección de los elementos no depende de la probabilidad, sino de causas relacionadas con las características de la investigación o de quien hace la muestra" (Hernández et al., 2010, p. 176).

#### 4.5.1 Población

La determinación de la población analizada en el proyecto actual es el número total de bloques tomados, cada uno con una diferencia en la dosificación de material. Esto se debe a que la población exacta del proyecto es de 50 bloques.



**Ilustración 27 - Almacenamiento de bloques**

Fuente: Propia



**Ilustración 28 - Almacenamiento de muestras**

Fuente: Propia

#### 4.5.2 Tamaño de la muestra

Una muestra se puede definir como una pequeña porción o una pequeña cantidad de algo que representa el todo y se toma o se separa de la muestra de alguna manera con el propósito de examinarla, analizarla o probarla. Poder conocer algunas características de la población.

La muestra cuenta con 5 iteraciones del cual, de bloques de 6 pulgadas, del cual se dividirá en los siguientes porcentajes de sustitución de Cal parcialmente: 25%, 30%, 35%, 40% y 45%.

#### 4.5.3 Parámetros muestrales

- Los bloques de prueba deben tener las siguientes propiedades:
- Todos los bloques deben tener las mismas dimensiones, a saber: 6 pulgadas de ancho, 8 pulgadas de alto y 18 pulgadas de largo. El parámetro de rango permitido para el valor medido es ( $\pm$ ) 1/8 de pulgada.
- Al crear el volumen, verifique la corrección de las esquinas y formas utilizadas.
- Tenga en cuenta que el bloque no tiene grietas ni hendiduras.
- Si un bloque se rompe durante el tránsito, la mezcla debe volver a mezclarse con otros bloques producidos en ese momento. En cuanto a los bloques de acabado, la máquina los produce en múltiplos de tres, si los bloques no cumplen con los parámetros especificados, se deben volver a fabricar a partir de una mezcla de estos tres bloques, usando las mismas combinaciones de mezcla, hasta que cumplan con los por encima de los parámetros y tener un buen acabado superficial. Todos los bloques deben tener las siguientes dimensiones: 6 pulgadas de ancho, 8 pulgadas de alto y 18 pulgadas de largo, con un rango aceptable de ( $\pm$ ) 1/8 de pulgada.

## 4.6 CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES

En la ilustración 20, 21, 22 y 23, se muestra el cronograma de actividades que corresponden a las 13 semanas en que consistió el proceso de elaboración del proyecto de investigación, donde se incluye un desglose con fechas y tiempo en que se elaboró cada actividad realizada.

En el cronograma de actividades se muestra el diagrama de Gantt, donde se detallan cada una de las actividades realizadas, dentro de ellas se encuentran recibir los lineamientos y los parámetros para la elaboración del documento de investigación, las próximas semanas se procedió a la recolección de literatura para cumplir con el marco teórico del documento, luego de ellos se procedió obtener el permiso para poder realizar las pruebas y la fabricación de bloques a partir de la sustitución de Cal a partir de la semana 9 se empezó a realizar las primeras muestras, y en las siguientes semanas se realizaron los ensayos de resistencia, absorción, densidad, y gravedad específica, el cual se detallarán más adelante en el apartado de análisis y resultados.

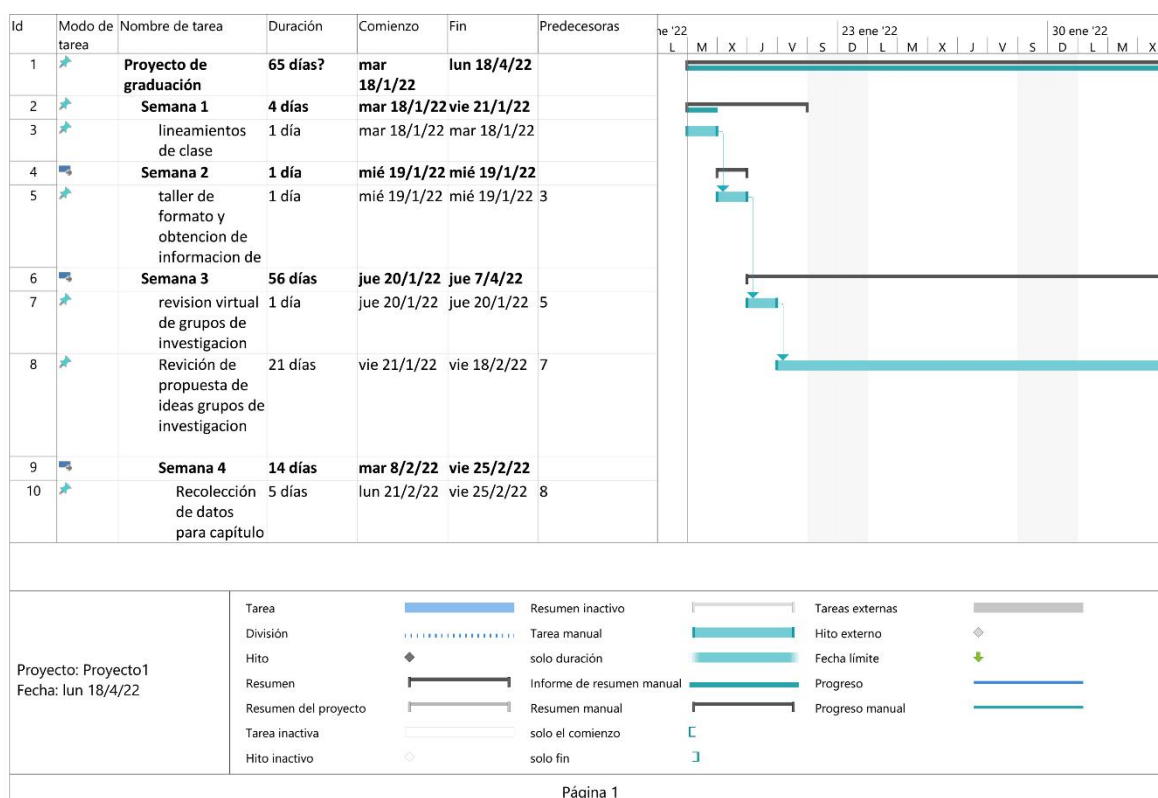
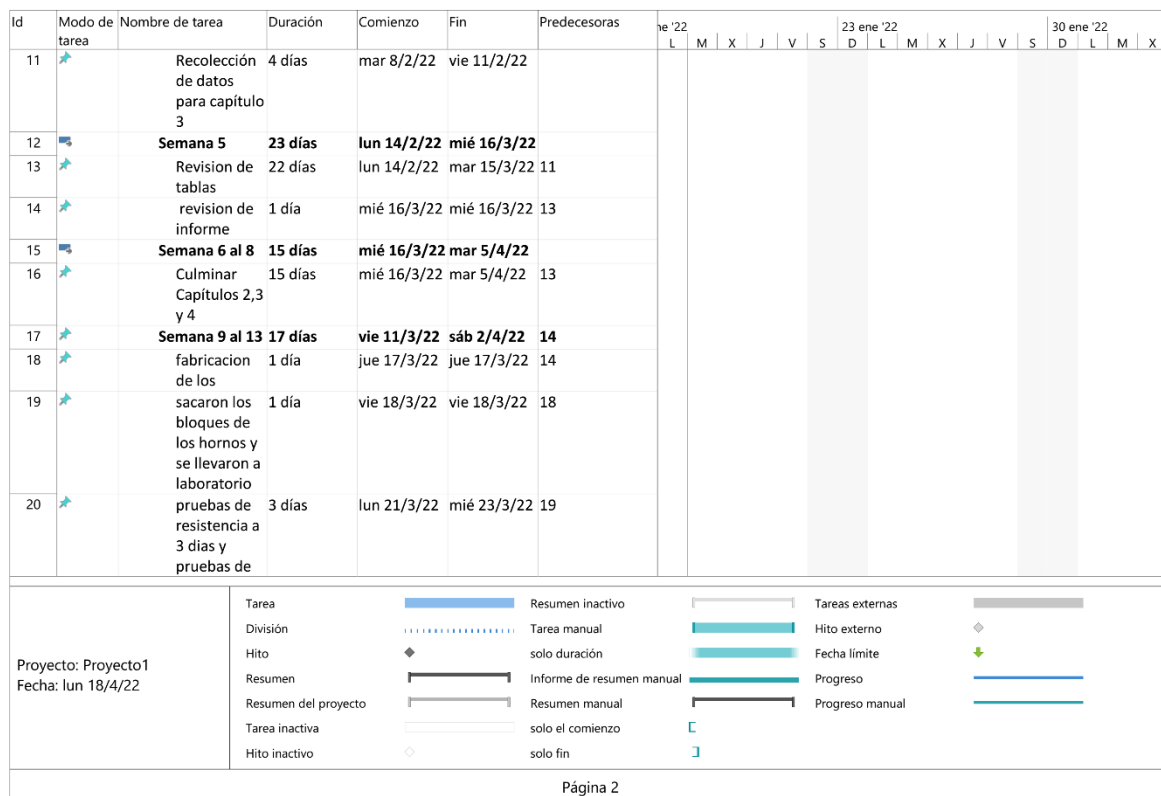


Ilustración 29 - Cronograma de actividades 1

Fuente: Propia



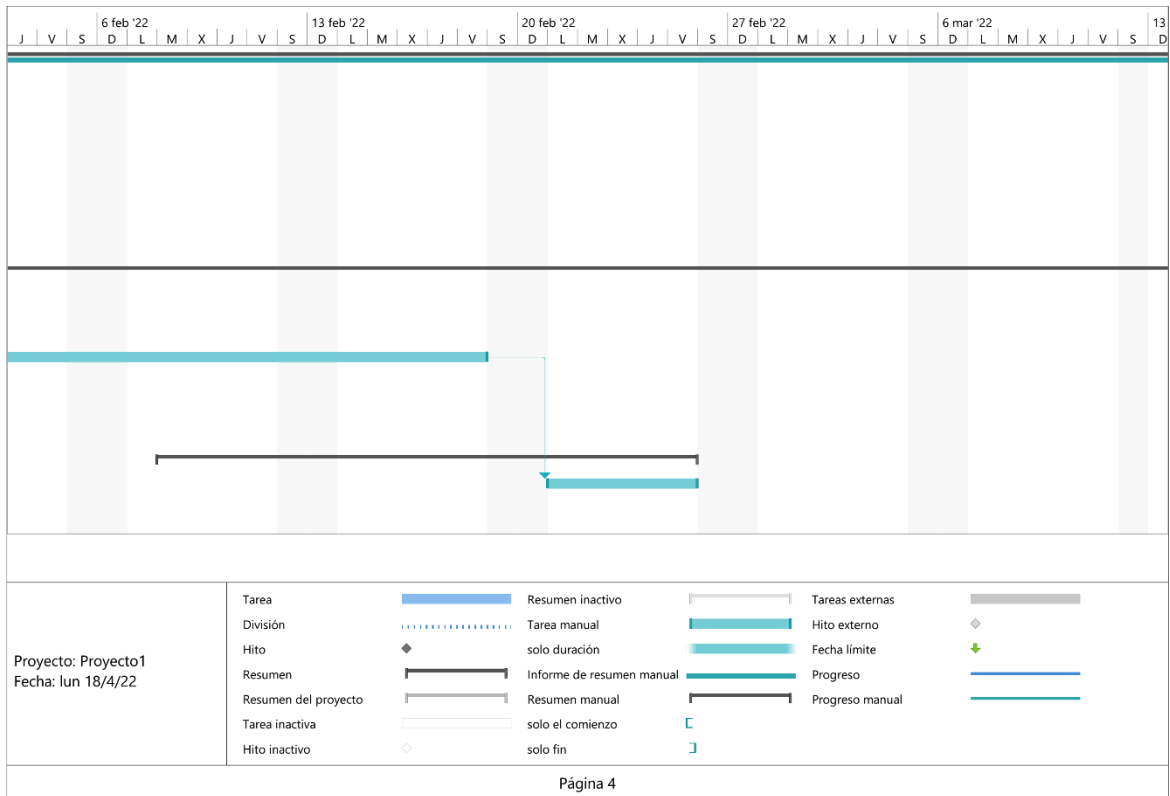
**Ilustración 30 - Cronograma de actividades 2**

Fuente: Propia

Id	Modo de tarea	Nombre de tarea	Duración	Comienzo	Fin	Predecesoras	ene '22							23 ene '22							30 ene '22																																																
							L	M	X	J	V	S	D	L	M	X	J	V	S	D	L	M	X	J	V	S	D	L	M	X																																							
21		pruebas de absorcion	11 días	jue 24/3/22	jue 7/4/22	20																																																															
<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 20%;"> <p>Proyecto: Proyecto1 Fecha: lun 18/4/22</p> </div> <div style="width: 60%;"> <table border="0"> <tr> <td>Tarea</td><td></td><td>Resumen inactivo</td><td></td><td>Tareas externas</td><td></td></tr> <tr> <td>División</td><td></td><td>Tarea manual</td><td></td><td>Hito externo</td><td></td></tr> <tr> <td>Hito</td><td></td><td>solo duración</td><td></td><td>Fecha límite</td><td></td></tr> <tr> <td>Resumen</td><td></td><td>Informe de resumen manual</td><td></td><td>Progreso</td><td></td></tr> <tr> <td>Resumen del proyecto</td><td></td><td>Resumen manual</td><td></td><td>Progreso manual</td><td></td></tr> <tr> <td>Tarea inactiva</td><td></td><td>solo el comienzo</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr> <td>Hito inactivo</td><td></td><td>solo fin</td><td></td><td></td><td></td></tr> </table> </div> </div>																												Tarea		Resumen inactivo		Tareas externas		División		Tarea manual		Hito externo		Hito		solo duración		Fecha límite		Resumen		Informe de resumen manual		Progreso		Resumen del proyecto		Resumen manual		Progreso manual		Tarea inactiva		solo el comienzo				Hito inactivo		solo fin			
Tarea		Resumen inactivo		Tareas externas																																																																	
División		Tarea manual		Hito externo																																																																	
Hito		solo duración		Fecha límite																																																																	
Resumen		Informe de resumen manual		Progreso																																																																	
Resumen del proyecto		Resumen manual		Progreso manual																																																																	
Tarea inactiva		solo el comienzo																																																																			
Hito inactivo		solo fin																																																																			
Página 3																																																																					

### Ilustración 31- Cronograma de actividades 3

Fuente: Propia



**Ilustración 32 - Cronograma de actividades 4**

Fuente: Propia



## V. ANÁLISIS Y RESULTADOS

En la presente sección del documento se presenta los resultados obtenidos a partir de los ensayos realizados con base a los bloques fabricados a partir de la sustitución de cemento con base a Cal como cementicio.

En los ensayos a presentar se realizó 5 iteraciones para compararlos con los resultados que se obtienen de un bloque convencional totalmente de cemento, para así poder cuantificar los resultados obtenidos en cada una de las iteraciones.

En la tabla 6, se muestra las proporciones de Cal que se utiliza en cada una de las iteraciones sustituyendo como tal lo que es el cemento.

**Tabla 14 - Proporciones por iteración**

Cemento	Iteración	Cal	
37.50	25%	12.50	kg
35	30%	15.00	kg
32.5	35%	12.50	kg
30	40%	20.00	kg
27.5	45%	22.50	kg

Fuente: Elaboración propia

Se fabricaron 105 bloques en total, en el cual se utilizó 100 [kg] de cemento HE por bachada, para la elaboración de las muestras se realizaron las pruebas a media bachada, del cual se realizaron bajo las normativas C-129 y C-90, las muestras fueron sometidas en el horno aproximadamente 36 horas a temperatura ambiente para el secado del bloque.

### 5.1 GRANULOMETRÍA DE LOS AGREGADOS

A continuación, se presentarán los resultados de la determinación de la granulometría de los agregados utilizados para la mezcla de bloques de hormigón. La determinación del tamaño de partícula y el análisis del tamaño de partícula se realizaron de acuerdo con la norma ASTM C-136, que mide las partículas formadoras de sedimentos y calcula qué parámetros corresponden a la escala de tamaño de partícula y de acuerdo con ACI 211.3, dice qué parámetros se deben cumplir en las diferentes combinaciones.

Para el análisis del tamaño de partículas, se deben realizar diferentes cálculos para proporcionar información sobre los agregados de diferentes tamaños de partículas que quedan en cada tamiz durante la ejecución de la prueba. El procedimiento es el siguiente:

#### **Ecuación 4. Peso Retenido Acumulado**

*Peso retenido acumulado = Peso retenido individual + peso retenido acumulao anterior*

#### **Ecuación 5. Porcentaje de Peso Retenido Individual**

$$\%PRI = \frac{PRI}{\sum PRI} * 100$$

#### **Ecuación 6. Porcentaje de Peso Retenido Acumulado**

$$\%PRA = \frac{PRA}{\sum PRI} * 100$$

#### **Ecuación 7. Porcentaje Pasado**

$$\%Pasado = 100 - \%PRA$$

Las pruebas realizadas de granulometría son las siguientes:

- Granulometría de la Arena.
- Granulometría de la Grava 1/2.
- Granulometría de la Grava 1/2 combinado

##### 5.1.1 Granulometría de la arena natural

Los ensayos de la Granulometría de la arena natural por parte de los agregados, se realizaron en (ETERNA, 2022) bajo un módulo de finura de 2.98, en los pesos registrados del agregado, se mostró un peso seco sin lavar de 1,462.60 a diferencia del peso seco lavado de 1,475.40

En la elaboración de los ensayos se registró una pérdida de lavado de 17.20 [gr], y un porcentaje de material más fino en el tamiz 200 de 1.17 %.

**Tabla 15 - Granulometría de arena natural**

Tamiz	Peso Retenido Individual	Material Retenido %	% Retenido Acumulado	% Pasado
0	0.00			100
4	92.70	6.28	6.28	93.72
8	212.80	14.42	20.70	73.02
16	200.60	13.59	34.30	65.70
30	292.90	19.85	54.14	45.86
50	456.30	30.92	85.06	14.94
100	183.20	12.41	97.48	2.52
Fondo	37.20	2.52	100.00	0.00

Total	1,475.70	2.98	Módulo de Finura
-------	----------	------	------------------

Fuente: propia

#### 5.1.1.1 Porcentaje Retenido Individual

$$\%PRI = \frac{PRI}{Muestra\ total} * 100$$

#### Tamiz 3/8"

$$\%PRI \left( Tamiz \frac{3}{8} \right) = \frac{92.70}{1475.70} * 100$$

$$\%PRI \left( Tamiz \frac{3}{8} \right) = 6.28\%$$

#### Tamiz No. 4

$$\%PRI (Tamiz No. 4) = \frac{520}{1475.70} * 100$$

$$\%PRI (Tamiz No. 4) = 26.76\%$$

**Tamiz No. 8**

$$\%PRI (\text{Tamiz No. 8}) = \frac{49.3}{1475.70} * 100$$

$$\%PRI (\text{Tamiz No. 8}) = 2.54\%$$

**Tamiz No. 16**

$$\%PRI (\text{Tamiz No. 16}) = \frac{20.60}{1475.70} * 100$$

$$\%PRI (\text{Tamiz No. 16}) = 1.06\%$$

**Tamiz No. 30**

$$\%PRI (\text{Tamiz No. 30}) = \frac{10.30}{1475.70} * 100$$

$$\%PRI (\text{Tamiz No. 30}) = 0.53\%$$

**Tamiz No. 50**

$$\%PRI (\text{Tamiz No. 50}) = \frac{7.10}{1475.70} * 100$$

$$\%PRI (\text{Tamiz No. 50}) = 0.37\%$$

**Tamiz No. 100**

$$\%PRI (\text{Tamiz No. 100}) = \frac{6.30}{1475.70} * 100$$

$$\%PRI (\text{Tamiz No. 4}) = 0.32\%$$

## **Fondo**

$$\%PRI (Fondo) = \frac{7.90}{1475.70} * 100$$

$$\%PRI (Fondo) = 0.41\%$$

5.1.1.2 Porcentaje Retenido Acumulado de arena natural

### **Tamiz 3/8"**

$$\text{Porcentaje Retenido Acumulado} = 0 + 0$$

$$= 0 \%$$

### **Tamiz No. 4**

$$\text{Porcentaje Retenido Acumulado} = 0 + 6.28$$

$$= 6.28 \%$$

### **Tamiz No. 8**

$$\text{Porcentaje Retenido Acumulado} = 6.28 + 14.42$$

$$= 20.70 \%$$

### **Tamiz No. 16**

$$\text{Porcentaje Retenido Acumulado} = 20.70 + 13.59$$

$$= 34.30 \%$$

### **Tamiz No. 30**

$$\text{Porcentaje Retenido Acumulado} = 34.30 + 19.85$$

$$= 54.14 \%$$

**Tamiz No. 50**

Porcentaje Retenido Acumulado= 54.14 + 30.92

= 85.06 %

**Tamiz No. 100**

Porcentaje Retenido Acumulado= 85.06 + 12.41

= 97.48 %

**Fondo**

Porcentaje Retenido Acumulado= 97.48 + 2.52

= 100 %

5.1.1.3 Porcentaje de material retenido pasado

**. Tamiz 3/8"**

Porcentaje Retenido Acumulado=100 – 6.28

= 93.72%

**Tamiz No. 4**

Porcentaje Retenido Acumulado= 100 – 20.70

= 73.02 %

**Tamiz No. 8**

Porcentaje Retenido Acumulado=100 – 34.30

= 65.70 %

**Tamiz No. 16**

Porcentaje Retenido Acumulado=100 – 34.60

= 65.70 %

**Tamiz No. 30**

Porcentaje Retenido Acumulado= 100 – 54.14

= 45.86 %

**Tamiz No. 50**

Porcentaje Retenido Acumulado=100 – 85.06

= 14.94 %

**Tamiz No. 100**

Porcentaje Retenido Acumulado= 100 – 97.48

= 2.52 %

**Fondo**

Porcentaje Retenido Acumulado=100 – 100

= 0%

### 5.1.2 Granulometría de grava de ½ natural

Los ensayos de la Granulometría de la grava natural por parte de los agregados, se realizaron en (ETERNA, 2022) bajo un módulo de finura de 6.56, en los pesos registrados del agregado, se mostró un peso seco sin lavar de 1,961.70 a diferencia del peso seco lavado de 1,943.00.

En la elaboración de los ensayos se registró una pérdida de lavado de 18.70 [gr], y un porcentaje de material más fino en el tamiz 200 de 0.96 %.

**Tabla 16 - Granulometría de grava natural**

Tamiz	Abertura Real (mm)	Peso Retenido Individual	Material Retenido %	% Retenido Acumulado	% Pasado
3/4	19	0.00			100
1/2		396.70	20.42	20.42	79.58
3/8	10	520.00	26.76	47.18	52.82
4	4.76	924.90	47.60	94.78	5.22
8		49.30	2.54	97.31	2.69
16		20.60	1.06	98.37	1.63
30		10.30	0.53	98.90	1.10
50		7.10	0.37	99.27	0.73
100	0.105	6.30	0.32	99.59	0.41
Fondo		7.90	0.41	100.00	0.00

Total	1,943.10	6.56	Módulo de Finura
-------	----------	------	------------------

Fuente: propia

#### 5.1.2.1 Porcentaje Retenido Individual

$$\%PRI = \frac{PRI}{Muestra\ total} * 100$$

#### Tamiz 3/4"

$$\%PRI \left( Tamiz \frac{3}{4} \right) = \frac{0}{1943.1} * 100$$



$$\%PRI \left( Tamiz \frac{3}{4} \right) = 0\%$$

### **Tamiz 1/2"**

$$\%PRI \left( Tamiz \frac{1}{2} \right) = \frac{396.70}{1943.1} * 100$$

$$\%PRI \left( Tamiz \frac{3}{4} \right) = 20.42\%$$

### **Tamiz 3/8"**

$$\%PRI \left( Tamiz \frac{3}{8} \right) = \frac{520}{1943.1} * 100$$

$$\%PRI \left( Tamiz \frac{3}{8} \right) = 26.76\%$$

### **Tamiz No. 4**

$$\%PRI \left( Tamiz No. 4 \right) = \frac{924.90}{1943.1} * 100$$

$$\%PRI \left( Tamiz No. 4 \right) = 47.60\%$$

### **Tamiz No. 8**

$$\%PRI \left( Tamiz No. 8 \right) = \frac{49.3}{1943.1} * 100$$

$$\%PRI \left( Tamiz No. 8 \right) = 2.54\%$$

### **Tamiz No. 16**

$$\%PRI \left( Tamiz No. 16 \right) = \frac{20.60}{1943.1} * 100$$

$$\%PRI \left( Tamiz No. 16 \right) = 1.06\%$$

**Tamiz No. 30**

$$\%PRI (\text{Tamiz No. 30}) = \frac{10.30}{1943.1} * 100$$

$$\%PRI (\text{Tamiz No. 30}) = 0.53\%$$

**Tamiz No. 50**

$$\%PRI (\text{Tamiz No. 50}) = \frac{7.10}{1943.1} * 100$$

$$\%PRI (\text{Tamiz No. 50}) = 0.37\%$$

**Tamiz No. 100**

$$\%PRI (\text{Tamiz No. 100}) = \frac{6.30}{1943.1} * 100$$

$$\%PRI (\text{Tamiz No. 100}) = 0.32\%$$

**Fondo**

$$\%PRI (\text{Fondo}) = \frac{7.90}{1943.1} * 100$$

$$\%PRI (\text{Fondo}) = 0.41\%$$

5.1.2.2 Acumulado de grava de 1/2" natural

**Tamiz 3/4"**

Porcentaje Retenido Acumulado= 0 + 0

$$= 0 \%$$

**Tamiz 1/2"**

Porcentaje Retenido Acumulado= 0 + 20.42

$$= 20.42\%$$

**Tamiz No. 3/8**

Porcentaje Retenido Acumulado= 20.42 + 26.76  
= 47.18 %

**Tamiz No. 4**

Porcentaje Retenido Acumulado= 47.18 + 47.60  
= 94.78 %

**Tamiz No. 8**

Porcentaje Retenido Acumulado= 94.78 + 2.54  
= 97.31 %

**Tamiz No. 16**

Porcentaje Retenido Acumulado= 97.31 + 1.06  
= 98.37%

**Tamiz No. 30**

Porcentaje Retenido Acumulado= 98.37+0.53  
= 98.90%

**Tamiz No. 50**

Porcentaje Retenido Acumulado= 98.90 + 0.37  
= 99.27 %

**Tamiz No. 100**

$$\begin{aligned}\text{Porcentaje Retenido Acumulado} &= 99.27 + 0.32 \\ &= 99.59 \%\end{aligned}$$

**Fondo**

$$\begin{aligned}\text{Porcentaje Retenido Acumulado} &= 96.59 + 0.41 \\ &= 100\%\end{aligned}$$

5.1.2.3 Porcentaje de material pasado de grava natural

**. Tamiz 3/4"**

$$\begin{aligned}\text{Porcentaje Retenido Pasado} &= 100 - 0 \\ &= 100\%\end{aligned}$$

**Tamiz 1/2"**

$$\begin{aligned}\text{Porcentaje Retenido Pasado} &= 100 - 20.42 \\ &= 79.58\%\end{aligned}$$

**Tamiz No. 3/8**

$$\begin{aligned}\text{Porcentaje Retenido Pasado} &= 100 - 47.18 \\ &= 52.82\%\end{aligned}$$

**Tamiz No. 4**

$$\begin{aligned}\text{Porcentaje Retenido Pasado} &= 100 - 94.78 \\ &= 5.22\%\end{aligned}$$

**Tamiz No. 8**

Porcentaje Retenido Pasado=  $100 - 97.31$

=2.69%

**Tamiz No. 16**

Porcentaje Retenido Pasado=  $100 - 98.37$

=1.63%

**Tamiz No. 30**

Porcentaje Retenido Pasado=  $100 - 98.90$

= 1.10%

**Tamiz No. 50**

Porcentaje Retenido Pasado=  $100 - 99.27$

= 0.73%

**Tamiz No. 100**

Porcentaje Retenido Pasado=  $100 - 99.59$

=0.41%

**Fondo**

Porcentaje Retenido Pasado=  $100 - 100$

= 0%

### 5.1.3 Granulometría de grava de ½" combinado

Los ensayos de la Granulometría de la grava de ½" combinado por parte de los agregados, se realizaron en (ETERNA, 2022) bajo un módulo de finura de 6.81, en los pesos registrados del agregado, se mostró un peso seco sin lavar de 1,919.30 a diferencia del peso seco lavado de 1,914.30.

En la elaboración de los ensayos se registró una pérdida de lavado de 5 [gr], y un porcentaje de material más fino en el tamiz 200 de 0.26 %

**Tabla 17 - Granulometría de grava combinada**

Tamiz	Abertura Real (mm)	Peso Retenido Individual	Material Retenido %	% Retenido Acumulado	% Pasado
3/4	19	0.00			100
1/2		555.00	28.99	28.99	71.01
3/8	10	574.40	30.00	58.99	41.01
4	4.76	724.50	37.84	96.83	3.17
8		29.60	1.55	98.38	1.62
16		10.30	0.54	98.92	1.08
30		6.20	0.32	99.24	0.76
50		6.10	0.32	99.56	0.44
100	0.105	4.60	0.24	99.80	0.20
Fondo		3.80	0.20	100.00	0.00

Total	1,914.50	6.81	Módulo de Finura
-------	----------	------	------------------

Fuente: propia

#### 5.1.3.1 Porcentaje Retenido Individual

$$\%PRI = \frac{PRI}{Muestra\ total} * 100$$

#### Tamiz 3/4"

$$\%PRI (Tamiz \frac{3}{4}) = \frac{0}{1914.50} * 100$$

$$\%PRI \left( Tamiz \frac{3}{4} \right) = 0\%$$

### **Tamiz 1/2"**

$$\%PRI \left( Tamiz \frac{1}{2} \right) = \frac{555}{1914.50} * 100$$

$$\%PRI \left( Tamiz \frac{3}{4} \right) = 28.99\%$$

### **Tamiz 3/8"**

$$\%PRI \left( Tamiz \frac{3}{8} \right) = \frac{574.40}{1914.50} * 100$$

$$\%PRI \left( Tamiz \frac{3}{8} \right) = 30\%$$

### **Tamiz No. 4**

$$\%PRI \left( Tamiz No. 4 \right) = \frac{724.50}{1914.50} * 100$$

$$\%PRI \left( Tamiz No. 4 \right) = 37.84\%$$

### **Tamiz No. 8**

$$\%PRI \left( Tamiz No. 8 \right) = \frac{29.60}{1914.50} * 100$$

$$\%PRI \left( Tamiz No. 8 \right) = 1.55\%$$

### **Tamiz No. 16**

$$\%PRI \left( Tamiz No. 16 \right) = \frac{10.30}{1914.50} * 100$$

$$\%PRI \left( Tamiz No. 16 \right) = 0.54\%$$

**Tamiz No. 30**

$$\%PRI (\text{Tamiz No. 30}) = \frac{6.20}{1914.50} * 100$$

$$\%PRI (\text{Tamiz No. 30}) = 0.32\%$$

**Tamiz No. 50**

$$\%PRI (\text{Tamiz No. 50}) = \frac{6.10}{1914.50} * 100$$

$$\%PRI (\text{Tamiz No. 50}) = 0.32\%$$

**Tamiz No. 100**

$$\%PRI (\text{Tamiz No. 100}) = \frac{4.60}{1914.50} * 100$$

$$\%PRI (\text{Tamiz No. 100}) = 0.24\%$$

**Fondo**

$$\%PRI (\text{Fondo}) = \frac{3.80}{1914.50} * 100$$

$$\%PRI (\text{Fondo}) = 0.20\%$$

5.1.3.2 Acumulado de grava de 1/2" combinado

**Tamiz 3/4"**

Porcentaje Retenido Acumulado= 0 + 0

$$= 0 \%$$

**Tamiz 1/2"**

Porcentaje Retenido Acumulado= 0 + 28.99

$$= 28.99\%$$



**Tamiz No. 3/8**

Porcentaje Retenido Acumulado= 28.99 + 30  
= 58.99%

**Tamiz No. 4**

Porcentaje Retenido Acumulado= 58.99 + 37.84  
= 96.83%

**Tamiz No. 8**

Porcentaje Retenido Acumulado= 96.83 + 1.55  
= 98.38%

**Tamiz No. 16**

Porcentaje Retenido Acumulado= 98.38 + 0.54  
= 98.92%

**Tamiz No. 30**

Porcentaje Retenido Acumulado= 98.92 + 0.32  
=99.24 %

**Tamiz No. 50**

Porcentaje Retenido Acumulado= 99.24 + 0.32  
= 99.56 %

**Tamiz No. 100**

$$\begin{aligned}\text{Porcentaje Retenido Acumulado} &= 99.56 + 0.24 \\ &= 99.80\%\end{aligned}$$

**Fondo**

$$\begin{aligned}\text{Porcentaje Retenido Acumulado} &= 99.80 + 0.20 \\ &= 100\%\end{aligned}$$

5.1.3.3 Porcentaje de material retenido pasado de grava de ½ combinado

**Tamiz 3/4"**

$$\begin{aligned}\text{Porcentaje de material pasado} &= 100 - 0 \\ &= 100\%\end{aligned}$$

**Tamiz 1/2"**

$$\begin{aligned}\text{Porcentaje de material pasado} &= 100 - 28.99 \\ &= 71.01\%\end{aligned}$$

**Tamiz No. 3/8**

$$\begin{aligned}\text{Porcentaje de material pasado} &= 100 - 58.99 \\ &= 41.01\%\end{aligned}$$

**Tamiz No. 4**

Porcentaje de material pasado= 100 – 96.83

=3.17%

**Tamiz No. 8**

Porcentaje de material pasado= 100 – 98.38

=1.62%

**Tamiz No. 16**

Porcentaje de material pasado= 100 – 98.92

=1.08%

**Tamiz No. 30**

Porcentaje de material pasado= 100 – 99.24

=0.76%

**Tamiz No. 50**

Porcentaje de material pasado= 100 – 99.56

=0.44%

**Tamiz No. 100**

Porcentaje de material pasado= 100 – 99.80

=0.20%

## Fondo

Porcentaje de material pasado= 100 – 100

100=%

### 5.2 GRAVEDAD ESPECIFICA

A continuación, se presentan los resultados de los ensayos de laboratorio y sus respectivos análisis de ensayos de gravedad específica para agregados gruesos y finos utilizados en el tratamiento de bloques de concreto. La prueba de gravedad específica está diseñada para determinar la gravedad específica del agregado fino (arena) y el agregado grueso (grava) para verificar si el agregado es adecuado para la mezcla de concreto. El valor de la gravedad específica debe estar entre 2,4 y 2,9.

#### 5.2.1 Gravedad especifica de la arena

La gravedad especifica fue determinada bajo los siguientes términos:

#### Términos y Fórmulas

A= Peso al aire de la muestra seca al horno en gramos.

B= Peso del picnómetro lleno de agua hasta la marca de calibración.

C= Peso del picnómetro, con la muestra y el agua en gramos.

D= Peso de la muestra húmeda.

A= Peso al aire de la muestra seca al horno en gramos.

B= Peso del picnómetro lleno de agua hasta la marca de calibración.

C= Peso del picnómetro, con la muestra y el agua en gramos.

D= Peso de la muestra húmeda.

#### Fórmulas utilizadas:

##### Ecuación 4 - Peso Específico Bulk

$$GE\ Bulk = \frac{A}{B + D - C}$$

##### Ecuación 5 - Peso específico Bulk saturado con superficie seca

$$GE_{SSS} = \frac{D}{(B + D) - C}$$

**Ecuación 6 - Peso específico aparente**

$$GE_{Aparente} = \frac{A}{(B + A) - C}$$

**Ecuación 7 - Porcentaje de Absorción**

$$\% \text{ Absorción} = \frac{D - A}{A} * 100$$

**Resultados Obtenidos del Laboratorio**

**Tabla 18 – Peso Pisnometrico**

<b>Peso pisnometro vacio</b>	
<b>1</b>	<b>2</b>
152.7	154.8

Fuente: Propia

**Tabla 19 - Peso pisnometro con agua**

<b>Peso pisnometro con agua</b>	
<b>1</b>	<b>2</b>
552.4	654.7

Fuente: Propia

**Tabla 20 - Muestra con superficie seca**

<b>Muestra con superficie seca</b>	
<b>1</b>	<b>2</b>
500	500

Fuente: Propia

**Tabla 21 - Pisnometro + Muestra + Agua aumentada**

<b>Pisnometro + Muestra + Agua aumentada</b>	
<b>1</b>	<b>2</b>
964.3	967.4

Fuente: Propia

**Tabla 22 - Peso seco final**

<b>Peso seco final</b>	
<b>1</b>	<b>2</b>
493.5	492.8

Fuente: Propia

**Tabla 23 – Resultados de absorción**

	1.32%
<b>#1</b>	absorción
	1.46%
<b>#2</b>	absorción

Fuente: Propia

### **5.3 PESO VOLUMÉTRICO**

A continuación, se darán los resultados de la masa volumétrica que se han realizado sobre los áridos utilizados para mezclar los bloques de hormigón. La prueba gravimétrica se basa en la norma ASTM C-29. Se realizaron tres pruebas volumétricas de peso de arena y grava.

#### **5.3.1 Peso volumétrico de la arena**

El peso volumétrico se obtuvo bajo los siguientes términos en los laboratorios de ETERNA S.A.:

**Peso del Agregado:**

**Ecuación 8 - Peso del agregado**

$$\text{Peso del Agregado} = (\text{Peso de Arena} + \text{Molde}) - \text{Molde}$$

**Ecuación 9 - Peso volumétrico del agregado**

$$\text{Peso Volumetrico} = \frac{\text{Peso del Agregado}}{\text{Volumen del Molde}}$$

Con las ecuaciones previamente descritas, se obtuvieron los siguientes resultados:

**Tabla 24 - Peso suelto húmedo**

<u>Peso suelto Húmedo[lb]</u>	
43.6	
43.7	43.7
43.8	

Fuente: Propia

**Tabla 25 – Peso compactado**

<u>Peso compactado húmedo[lb]</u>	
50.6	
50.8	50.7
50.7	

Fuente: Propia

**Tabla 26 – Peso suelto seco**

<b>Peso suelto seco [lb]</b>	
48.5	
48.6	48.6
48.4	

Fuente: Propia

**Tabla 27 – Peso suelto seco**

<b>Peso suelto seco [lb]</b>	
48.5	
48.6	48.6
48.4	

Fuente: Propia

En los resultados obtenidos de peso volumétrico de la arena se encuentre en un tazón de 13.8 [lb] con un volumen de 0.5 Lb/pie<sup>3</sup>

- **Peso del Volumétrico suelto húmedo**

$$Peso\ Volumetrico = \frac{Peso\ suelto\ humedo}{Volumen\ del\ Molde}$$

$$Peso\ Volumetrico = \frac{43.7}{0.5}$$

$$Peso\ Volumetrico = 87.4$$

- **Peso del Volumétrico compactado húmedo**

$$Peso\ Volumetrico = \frac{Peso\ compactado\ humedo}{Volumen\ del\ Molde}$$

$$Peso\ Volumetrico = \frac{50.7}{0.5}$$

$$Peso\ Volumetrico = 101.4$$

- **Peso del Volumétrico suelto seco**

$$Peso\ Volumetrico = \frac{Peso\ suelto\ seco}{Volumen\ del\ Molde}$$



$$\text{Peso Volumetrico} = \frac{48.6}{0.5}$$

$$\text{Peso Volumetrico} = 97.2$$

- **Peso del Volumétrico compactado seco**

$$\text{Peso Volumetrico} = \frac{\text{Peso compactado seco}}{\text{Volumen del Molde}}$$

$$\text{Peso Volumetrico} = \frac{48.6}{0.5}$$

$$\text{Peso Volumetrico} = 97.2$$

### 5.3.2 Peso volumétrico de la grava

A continuación, se detallan los pesos volumétricos de la grava obtenido, bajo las siguientes ecuaciones:

- **Peso del Agregado:**

$$\text{Peso del Agregado} = (\text{Peso de Grava} + \text{Molde}) - \text{Molde}$$

- **Peso del Volumétrico**

$$\text{Peso Volumetrico} = \frac{\text{Peso del Agregado}}{\text{Volumen del Molde}}$$

Peso suelto Húmedo		Peso suelto seco	
50.5		48.7	
50.7	50.7	48.8	48.7
50.6		48.6	

<b>Peso compactado húmedo</b>		<b>Peso compactado seco</b>	
52.9		53.2	
53.1	53.1	53.1	53.2
52.8		53.3	

- **Peso del Volumétrico suelto húmedo**

$$Peso\ Volumetrico = \frac{Peso\ suelto\ humedo}{Volumen\ del\ Molde}$$

$$Peso\ Volumetrico = \frac{50.7}{0.5}$$

$$Peso\ Volumetrico = 101.4$$

- **Peso del Volumétrico compactado húmedo**

$$Peso\ Volumetrico = \frac{Peso\ compactado\ humedo}{Volumen\ del\ Molde}$$

$$Peso\ Volumetrico = \frac{53.1}{0.5}$$

$$Peso\ Volumetrico = 106.2$$

- **Peso del Volumétrico suelto seco**

$$Peso\ Volumetrico = \frac{Peso\ suelto\ seco}{Volumen\ del\ Molde}$$

$$Peso\ Volumetrico = \frac{48.7}{0.5}$$

$$Peso\ Volumetrico = 97.4$$

- **Peso del Volumétrico compactado seco**

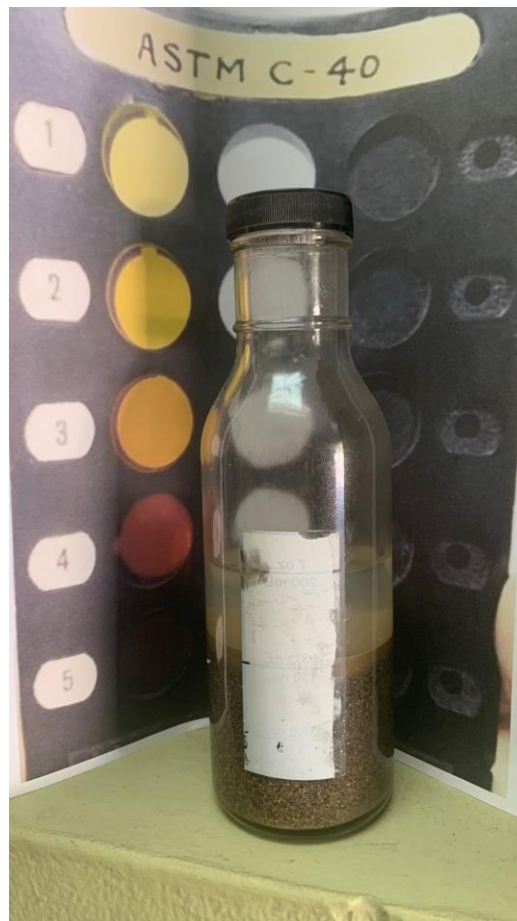
$$\text{Peso Volumetrico} = \frac{\text{Peso compactado seco}}{\text{Volumen del Molde}}$$

$$\text{Peso Volumetrico} = \frac{53.2}{0.5}$$

$$\text{Peso Volumetrico} = 106.4$$

#### 5.4 COLORIMETRÍA

El propósito de esta prueba es comprender la composición orgánica de la arena en función de su color. "Esta prueba consiste en detectar la presencia de taninos (provenientes de la descomposición de la materia orgánica) atacando las texturas con una solución de hidróxido de sodio (NaOH) de baja concentración" (Mata, 2013, p. 65)



**Ilustración 33 - Resultado de colorimetría**

Fuente: Propia

La ilustración 33 muestra el resultado del ensayo colorimétrico es 1. Esto indica que la contaminación orgánica no afecta al hormigón de baja resistencia. Esto demuestra que se puede convertir en bloques de hormigón.

Se recomienda lavar la arena utilizada para el amasado como nos indican los resultados de laboratorio 1. Esto significa que la arena está completamente limpia.

## **5.5 DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO**

Al diseñar la relación de mezcla para la producción de bloques de hormigón, el primer paso es determinar la relación A/C, que es la relación entre el agregado y el cemento, que es la materia prima más importante para la producción de bloques de hormigón. Esta dependencia se debe a prueba y error, según el tamaño de la planta de bloques y su capacidad compresiva, es decir, a mayor compactación, mayor relación árido-cemento. La arena y el cemento son más importantes en la masa que la relación agua-cemento en el diseño de la mezcla de hormigón, que es la máxima prioridad y un factor clave en el diseño del hormigón y su posterior desmoldeo. o Resistencia a la Agregación y tamaño máximo.

### **Ecuación 10. Relación Agregado Cemento**

$$\frac{AGREGADO}{CEMENTO} = Relación$$

$$\frac{AGREGADO}{CEMENTO} = 3.48$$

El factor armónico (árido y cemento) se establece en un valor. La cantidad de agregado se determina luego por la cantidad de kilogramos de cemento utilizados. Depende de la producción de bloques, la cantidad requerida o el lote de bloques producidos.

### **Ecuación 11. Cantidad de Agregado**

$$AGREGADO = Relación * Peso de Cemento$$

El diseño de la mezcla para la fabricación de los bloques con sustitución de Cal se trabaja en cada iteración con media bachada de bloques que equivale un total de 55 bloques por iteración.

En la tabla 28, se muestra las mezclas para la fabricación de las distintas iteraciones de los bloques de concreto en sustitución de cal. La dosificación con una sustitución del 30% de Cal fue la iteración del 30% fue el bloque que mayor resistencia mostro en las pruebas de resistencia que se le realizaron al segundo día, tercer día y séptimo día.

**Tabla 28 - Dosificación de la mezcla**

#	Porcentaje	Cemento [Kgs]	Cal [Kgs]	Aditivo [ml]
1	25%	37.5	12.5	98
2	30%	35	15	91
3	35%	32	17.5	85
4	40%	30	20	78
5	45%	27.5	22.5	72

<b>Arena</b>	584.62	kgs
<b>Grava</b>	137.67	kgs
<b>Total</b>	722.29	kgs

Fuente: Propia

Para todos los bloques se utilizó la misma cantidad de arena y grava el cual equivalen a 722.79 [kg] por cada media bachada. Bachada es el equivalente a cada tanda de bloques fabricados con una mezcla diferente que por lo general equivale a 120 bloques por bachada, para evitar el desperdicio de material la empresa (ETERNA, 2022) recomendó trabajar con media bachada el cual es la mitad, siendo un aproximado de 55 bloques por mezcla, en este caso por iteración.

## 5.6 ENSAYOS DE RESISTENCIA

A continuación, se muestran los resultados obtenidos de resistencia a partir de los bloques fabricados en la investigación, en él se denota la carga de falla que presenta la muestra, además de la resistencia en PSI que presentó el bloque al realizarle el ensayo, la toma de los ensayos se realizó en 3 distintos días en cada una de las iteraciones propuestas, con la sustitución de cemento con respecto a la Cal, en 5 iteraciones como se mencionó previamente en el documento.

El secado en masa se realiza para determinar la masa de secado del bloque "WD", lo que ayuda a determinar algunas de las características del bloque, tales como:

- Densidad de masa.
- Bloque absorbente.
- Porcentaje de absorción de masa.
- Humedad.



**Ilustración 34. Proceso de secado de los bloques al horno**

Fuente: propia

Los cálculos correspondientes a los ensayos de ruptura fueron determinados bajo las siguientes ecuaciones:

**Ecuación 12. Área de compresión del bloque**

$$Area1 = Ancho * Largo$$

**Ecuación 13. Área de compresión del bloque**

$$Area2 = (2 * (A1 * L1))$$

**Ecuación 14. Área de compresión del bloque**

$$Area3 = (2 * (A2 * L2))$$

**Ecuación 15. Área de compresión del bloque**

$$Area\ de\ compresión = Area1 - Area2 - Area3$$

**Ecuación 16. Resistencia de Compresión**

$$Resistencia\ de\ Compresión(RC) = \frac{Libras\ fuerza}{Area\ de\ compresión\ del\ bloque}$$

**Ecuación 17. Promedio de Resistencia de Compresión**

$$Promedio\ de\ Resistencia\ de\ Compresión = \frac{RC1 + RC2 + RC3 + RC4}{4}$$

Para la resistencia a la compresión de bloques de concreto, se utiliza la norma la norma ASTM C 140 el cual brinda una serie de ensayos a unidades fabricadas en concreto, como lo son los bloques de concreto, entre los ensayos se especifica la resistencia a la compresión, la absorción. No todos los ensayos son aplicables a todos los especímenes de concreto, bajo la presente normativa se obtiene la resistencia a la compresión de unidades de bloques.

Los resultados pueden servir de aceptación o no con especificaciones establecidas en el presente documento el cual se presentan como hipótesis a cada uno de las iteraciones establecidas como tal.

La normativa C 94, determina que ninguno de los ensayos de resistencia individual debe estar a más de 500 psi (3,5 MPa) por debajo de la resistencia especificada,  $f'c$ . La resistencia promedio necesaria para alcanzar estos requisitos será sustancialmente mayor que la resistencia especificada debido a las variaciones en los materiales, operaciones y ensayos. La mayor cantidad depende de la desviación estándar de los resultados de los ensayos y de la precisión con el que ese valor puede ser estimado a partir de datos anteriores, como se explica en el ACI 318 y ACI 301. Los datos pertinentes se encuentran en la Tabla 29.

**Tabla 29 - Sobre diseño necesario para alcanzar los requisitos de resistencia**

Nº de ensayos <sup>B</sup>	Desviación estándar, lb x pulg <sup>2</sup>					Desconocido
	300	400	500	600	700	
15	466	622	851	1122	1392	<sup>C</sup>
20	434	579	758	1010	1261	<sup>C</sup>
30 ó más	402	526	665	898	1131	<sup>C</sup>
Desviación estándar, MPa						
	2,0	3,0	4,0	5,0	Desconocido	
15	3,1	4,7	7,3	10,0	<sup>C</sup>	
20	2,9	4,3	6,6	9,1	<sup>C</sup>	
30 ó más	2,7	4,0	5,8	8,2	<sup>C</sup>	

Fuente: (C-94, 2022)

Dentro de este apartado todas las resistencias obtenidas logran cumplir con los requisitos de la norma ya que se encuentran sobre los 500 [PSI] de resistencia cada uno de los ensayos



realizados en cada una de las muestras realizadas correspondientes a las iteraciones definidas en las hipótesis iniciales de la investigación.

### 5.6.1 Ensayos de resistencia de 2 días

La lectura de los datos de resistencia proporcionados por la empresa ETERNA S.A, la resistencia de compresión de los bloques fue realizado con la ecuación 8 dentro de la empresa, y en la tabla 10, se muestra los resultados obtenidos de la resistencia en cada una de las iteraciones que se propusieron en el presente documento.

La tabla fue realizado acorde el formato que ellos contemplan para la presentación de datos, la última fila de la tabla 10 muestra los resultados obtenidos de un bloque de cemento, que en este caso será el caso base con el cual se realizará una comparación con cada una de las iteraciones realizadas, para así denotar la diferencia que existe uno de otro.

$$\text{Resistencia de Compresión} = \frac{\text{Libras fuerza}}{\text{Area de compresión del bloque}}$$

**Tabla 30 - Ensayos de resistencia de 2 días**

Fecha de producción	Edad de bloque	Producto Producido	Muestra	Área de carga [plg2]	Carga de falla [lbs]	Resistencia de bloque [PSI]	Resistencia promedio [PSI]
4/4/2022	2 días	6 estrella	45% de cal (22.5 kg)	48.1	29,620	616	618
					29,430	612	
					30,120	626	
4/4/2022	2 días	6 estrella	40% de cal (20 kg)	48.1	29,140	606	615
					30,070	625	
					29,520	614	
4/4/2022	2 días	6 estrella	35% de cal (17.5kg)	48.1	33,170	689	673
					32,320	672	
					31,640	658	
4/4/2022	2 días	6 estrella	25% de cal (12.5kg)	48.1	30,190	628	646
					31,570	656	
					31,480	654	
4/4/2022	2 días	6 estrella	30% de cal (15kg)	48.1	39,530	822	821
					38,640	803	
					40,310	838	
4/4/2022	2 días	6 estrella	Bloque de muestra	48.1	49,780	1,035	1,051
					50,180	1,043	

Fuente: Elaboración propia

#### 5.6.1.1 Comparación de resistencia en iteración de 25% en sustitución de cal de 2 días

Dentro del ensayo realizado a los bloques fabricados con un 25% de Cal, se denota que su resistencia se encuentra en un 38.5% por debajo de la resistencia que el bloque de muestra presenta que es de 1,051 [psi], con base a ello, se muestra que la resistencia con dicho porcentaje de Cal no es lo suficientemente eficiente para superar la resistencia de un bloque convencional de concreto, la resistencia individual logra cumplir con los requerimientos solicitados por la norma ASTM C 94.

#### 5.2.1.2 Comparación de resistencia en iteración de 30% en sustitución de cal de 2 días

Dentro de las 5 iteración del porcentaje de Cal en sustitución del cemento, el 30% de Cal muestra que es el caso más óptimo, estando por debajo del caso del bloque de muestra por tan solo 21.8%, una diferencia significativa en comparación de las demás iteraciones planteadas en la investigación.

#### 5.6.1.2 Comparación de resistencia en iteración de 35% en sustitución de cal de 2 días

A los dos días de la fabricación del bloque de Concreto con una proporción de 35% de sustitución de cal, se denota que el bloque alcanzo 673 [psi] como resistencia promedio dentro del ensayo, aproximadamente de un 35.9% por debajo de la resistencia que alcanzo el bloque de muestra se encuentra la resistencia de 2 días del bloque de concreto con un 35% de sustitución de Cal.

#### 5.6.1.3 Comparación de resistencia en iteración de 40% en sustitución de cal de 2 días

En las últimas dos iteraciones los resultados de los ensayos de resistencia con un tanto conservadores, por ende, la resistencia en el presente escenario no cumple con la hipótesis planteada para cada una de las iteraciones según al escenario que se proyecta.

#### 5.6.1.4 Comparación de resistencia en iteración de 45% en sustitución de cal de 2 días

En la última iteración con 45, se presenta que está a un 41.2% por debajo de los resultados de los ensayos del bloque de concreto tradicional.

## 5.6.2 Ensayos de resistencia de 3 días

En comparación a las resistencias obtenidas para el día dos a partir de la fabricación de bloques de concreto con sustitución de Cal parcial, en la tabla 11, se contempla que en general los datos presentan un incremento de un 8% aproximadamente, en comparación a los datos obtenidos del día de la fabricación de los bloques de concreto.

Alcanzado los 3 días desde su fabricación, los datos en cada una de las iteraciones muestran un resultado más optimista, el cual podría beneficiar al usuario final ya que el bloque evita significativamente la contaminación ambiental.

**Tabla 31 - Ensayos de resistencia a 3 días**

Fecha de producción	Edad de bloque	Producto Producido	Muestra	Área de carga [plg <sup>2</sup> ]	Carga de falla [lbs]	Resistencia de bloque [PSI]	Resistencia promedio [PSI]
4/4/2022	3 días	6 estrella	30% de cal (15kg)	48.1	42,630	886	876
					41,720	867	
					42,080	875	
4/4/2022	3 días	6 estrella	25% de cal (12.5kg)	48.1	33,170	690	690
					32,840	682	
					33,620	699	
4/4/2022	3 días	6 estrella	40% de cal (20 kg)	48.1	33,520	697	702
					33,580	698	
					34,170	710	
4/4/2022	3 días	6 estrella	45% de cal (22.5 kg)	48.1	33,120	688	699
					24,570	719	
					33,220	691	
4/4/2022	3 días	6 estrella	35% de cal (17.5kg)	48.1	35,180	731	730
					34,730	722	
					35,530	738	
4/4/2022	3 días	6 estrella	Bloque de muestra	48.1	52,190	1,085	1,098
					53,710	1,117	
					51,630	1,094	

Fuente: Elaboración propia

#### 5.6.2.1 Comparación de resistencia en iteración de 25% en sustitución de cal de 3 días

En comparación a los resultados obtenidos en la iteración de un 25% de sustitución de Cal, muestra un incremento de un 41%, el cual se ve reflejado en las tablas de ambos resultados, y está por debajo del caso del bloque de muestra.

#### 5.6.2.2 Comparación de resistencia en iteración de 30% en sustitución de cal de 3 días

Dentro de la iteración del 30% de Cal en sustitución del cemento presenta un incremento notable en la resistencia con tan solo un día de diferencia, estando a tan solo 20% por debajo del caso base que se presenta en la tabla previamente.

#### 5.6.2.3 Comparación de resistencia en iteración de 35% en sustitución de cal de 3 días

Todas las iteraciones se siguen mostrando por debajo de los resultados del bloque de muestra, los resultados en la compresión del 35% de sustitución de cal, mantiene un índice de resistencia de 730 [psi], el cual está a un 33.5% por detrás de los resultados obtenidos en el caso base de los bloques de concreto de cemento.

#### 5.6.2.4 Comparación de resistencia en iteración de 40% en sustitución de cal de 3 días

En la presente iteración el incremento fue de un 12% aproximadamente en cuanto al día de diferencia que se tomaron las mediciones, se presenta siempre por debajo de la resistencia del bloque de concreto tradicional.

#### 5.6.2.5 Comparación de resistencia en iteración de 45% en sustitución de cal de 3 días

Con respecto a la iteración del 45%, solo muestra un 11% con respecto a la resistencia que mostro en el día anterior.

#### 5.6.3 Ensayos de resistencia de 7 días

La última toma de datos se realizó al séptimo día desde la fabricación del bloque, por cada iteración se tomó 3 bloques como muestra, por lo que se promedió el resultado de las 3 muestras para ver reflejado la resistencia promedio en la iteración correspondiente.

**Tabla 32 - Resistencia a los 7 días**

Fecha de producción	Edad de bloque	Producto Producido	Muestra	Área de carga ([plg <sup>2</sup> ])	Carga de falla [lbs]	Resistencia de bloque [PSI]	Resistencia promedio [PSI]
4/4/2022	7 días	6 estrella	45% de cal (22.5 kg)	48.1	28,810	599	632
					28,630	595	
					33,470	701	
4/4/2022	7 días	6 estrella	40% de cal (20 kg)	48.1	34,740	722	692
					33,620	699	
					31,480	654	
4/4/2022	7 días	6 estrella	35% de cal (17.5kg)	48.1	32,980	686	663
					32,280	671	
					30,350	631	
4/4/2022	7 días	6 estrella	25% de cal (12.5kg)	48.1	34,610	720	715
					33,980	706	
					34,520	718	
4/4/2022	7 días	6 estrella	30% de cal (15kg)	48.1	37,580	781	850
					42,520	884	
					42,510	884	
4/4/2022	7 días	6 estrella	Bloque de muestra	48.1	62,520	1,300	1,278
					66,390	1,380	
					55,530	1,155	

Fuente: Elaboración propia

#### 5.6.3.1 Comparación de resistencia en iteración de 25% en sustitución de cal de 7 días

Con un promedio de 715 [psi] de resistencia en el 25% de sustitución de Cal, la iteración muestra una tendencia en incremento de un 11% aproximadamente hasta el día 7 de la toma de los datos de resistencia, además de estar por debajo de la resistencia del bloque de muestra en un 44% aproximadamente.

#### 5.6.3.2 Comparación de resistencia en iteración de 30% en sustitución de cal de 7 días

El bloque de muestra cuenta con 1,278 [psi] de resistencia de compresión o ruptura, manteniendo una diferencia de un 33% con los resultados mostrados en los ensayos para la presente iteración del porcentaje de sustitución.

#### 5.6.3.3 Comparación de resistencia en iteración de 35% en sustitución de cal de 7 días

Todas las réplicas aún se muestran debajo de los resultados de los bloques de ejemplo y el sustituto de cal al 35 % resultante mantiene una clasificación de resistencia de 730 [psi], que es un 35,5 % más baja que los resultados obtenidos con bloques de concreto de cemento básico.

#### 5.6.3.4 Comparación de resistencia en iteración de 40% en sustitución de cal de 7 días

En la iteración actual, la diferencia en la ganancia es de alrededor del 12 % en el día en que se realizaron las mediciones, que aún es menor que la resistencia de un bloque de hormigón convencional.

#### 5.6.3.5 Comparación de resistencia en iteración de 45% en sustitución de cal de 7 días

En la iteración de un 45% al séptimo día desde su fabricación, es la iteración que menor promedio de resistencia presenta con 632 [psi], y solo muestra un incremento en la resistencia en los ensayos del segundo día al séptimo de 2.21%, y manteniendo una diferencia de con respecto a la resistencia del séptimo día del bloque de muestra de casi el 50.1%.

### 5.6.4 RESUMEN DE ENSAYOS DE RESISTENCIA

## 5.7 ENSAYOS DE ABSORCIÓN

Para poder determinar esta propiedad en un bloque de concreto, deberá seguirse el procedimiento indicado en la Norma NTP 399.604

(CÁRDENAS, 2014) menciona que se secan las muestras colocándolas en un horno durante 24 horas a una temperatura de 110°C. Después de secado se enfrían por un período de 2 horas, pasado este tiempo se registra el peso seco ( $P_{sec}$ ). Luego se introducen las muestras a un recipiente con agua fría, se dejan reposar completamente sumergidas durante 24 horas. Después de ese tiempo se retiran del recipiente y se pesan ( $P_{sat}$ ). El contenido de agua absorbida se obtiene con la siguiente fórmula:

### Ecuación 8 - Porcentaje de absorción

$$A(\%) = \frac{(P_{sat} - P_{sec})}{P_{sec}} \times 100$$

$A$  = Absorción (%)

$P_{sec}$  = Peso de unidad secada al horno (gr)

$P_{sat}$  = Peso de la unidad saturada, 24 hrs. en poza de agua (gr)

**Tabla 33 - Absorción en iteraciones**

Iteraciones	Absorción [%]
Bloque sin cal	10.84
25% de cal	11.09
30% de cal	10.93
35% de cal	10.91
40% de cal	10.9
45% de cal	10.89

Fuente: Propia

En la tabla 13, se muestra los resultados obtenidos en la absorción de las muestras, de acuerdo a la hipótesis planteada, el caso más optimista es el que menor índice de absorción presente, en este caso sigue siendo la absorción del bloque tradicional, sin embargo, la iteración con el 45% de sustitución cal se aproxima bastante con % con respecto a los 10.84 %.

### 5.8 DENSIDAD DE LOS BLOQUES

Se seca la muestra colocándola en un horno a 110 °C durante 24 h. Después del secado, enfríelos durante 2 h y registre el peso seco ( $P_{sec}$ ). Luego, la muestra completamente sumergida se colocó en un recipiente con agua fría para registrar el peso de la unidad sumergida ( $P_{sum}$ ). Luego, la muestra se colocó en un recipiente de metal y se hirvió durante 5 h, y se registró el peso de saturación ( $P_{ebll}$ ) de las células después del enfriamiento. La densidad unitaria se expresa mediante la siguiente ecuación: -  $P_{sum} = (gr / 3)$ .

### Ecuación 9. Densidad de la unidad

$$D = \frac{P_{sec}}{V_n}$$

$$V_n = P_{ebll} - P_{sum}$$

$D$  = Densidad de la unidad ( $gr/cm^3$ )

$P_{sec}$  = Peso de la unidad secada al horno ( $gr$ )

$V_n$  = Volumen neto de la unidad ( $cm^3$ )

$P_{sum}$  = Peso de la unidad sumergida en agua fría ( $gr$ )

$P_{ebll}$  = Peso de la unidad saturado, 5 hrs. agua ebullición ( $gr$ )

En la tabla 14, se muestra los resultados de la densidad de los bloques de las muestras que se realizaron en cd aunade las iteraciones, en él se denota que la densidad como tal del bloque demuestra que es un tanto más alto que el de los demás resultados

**Tabla 34 - Densidad de los bloques**

Iteración	Densidad	
Bloque sin cal	126.33	lbs/pie3
25% de cal	125.4	lbs/pie3
30% de cal	125.01	lbs/pie3
35% de cal	123.21	lbs/pie3
40% de cal	123.01	lbs/pie3
45% de cal	122.5	lbs/pie3

Fuente: Propia

### 5.9 RESUMEN DE RESULTADOS DE CARACTERÍSTICAS

De acuerdo a los resultados obtenidos, se denota que los ensayos de resistencia sobre un área efectiva los bloques como tal cumplen con los requisitos mínimos, el cual todos los ensayos superaron los 500 [PSI] que establece la normativa.

Las hipótesis iniciales planteadas en la investigación no se cumplieron debido que ninguno de los ensayos de resistencia logro igualar o superar los resultados obtenidos en el bloque control, que era con el que se realizaba la comparación.



Las hipótesis fueron definidas de la siguiente manera:

H<sub>1</sub>= La sustitución de un 25% de Cal en la elaboración del bloque brinda una resistencia a la compresión ( $F'_{c_{(BP10)}}$ ) mayor o igual a la obtenida del bloque control ( $F'_{c_{BC}}$ ).

H<sub>2</sub>= La sustitución de un 30% de Cal en la elaboración del bloque brinda una resistencia a la compresión ( $F'_{c_{(BP10)}}$ ) mayor o igual a la obtenida del bloque control ( $F'_{c_{BC}}$ ).

H<sub>3</sub>= La sustitución de un 35% de Cal en la elaboración del bloque brinda una resistencia a la compresión ( $F'_{c_{(BP10)}}$ ) mayor o igual a la obtenida del bloque control ( $F'_{c_{BC}}$ ).

H<sub>4</sub>= La sustitución de un 40% de Cal en la elaboración del bloque brinda una resistencia a la compresión ( $F'_{c_{(BP10)}}$ ) mayor o igual a la obtenida del bloque control ( $F'_{c_{BC}}$ ).

H<sub>5</sub>= La sustitución de un 45% de Cal en la elaboración del bloque brinda una resistencia a la compresión ( $F'_{c_{(BP10)}}$ ) mayor o igual a la obtenida del bloque control ( $F'_{c_{BC}}$ ).

Se definió una hipótesis por cada una de las iteraciones propuestas en la investigación, del cual ninguna se cumple a cabalidad, la única iteración que muestra un resultado significativamente semejante a los resultados que se obtuvieron en las resistencias de bloque control fue la iteración de la sustitución de un 30% de Cal para la fabricación de bloques de concreto, sin embargo, de igual manera no se logra cumplir con lo planteado en H<sub>2</sub>.

## **5.10 COSTOS**

A continuación, se denotará el apartado de costos para el presente proyecto, en él se expondrán cada una de las variables para la comercialización del bloque propuesto en la presente investigación.

En relación con lo anterior, se continuará con la investigación financiera para determinar la inversión total requerida y la inversión para iniciar el proyecto de conversión de materiales de construcción, además de incluir los costos de: 1 - equipos y personal; 2- costo de producción. También se analizan el volumen de ventas, el costo unitario y el porcentaje de utilidad de las ventas. Los costos presentados en el estudio financiero corresponden a ambos casos: sin proyecto y con proyecto.

Otro aspecto importante como tema de investigación es el financiamiento de la inversión inicial; cálculo de costos fijos; precios diferentes; debida diligencia financiera del proyecto,

incluido el cálculo del estado financiero, el flujo de caja neto, el valor actual neto, la tasa interna de retorno, etc. En el apartado de costes se tratarán dos escenarios: la situación actual o "sin proyecto" y la situación futura o "con proyecto".

5.10.1 COSTOS TOTALES

5.10.2 COSTO DE PRODUCCIÓN

5.10.3 PRECIO DE VENTA

5.10.4 POSICIÓN EN EL MERCADO

5.10.5 COMERCIALIZACIÓN

5.10.6 CALIDAD DE PRODUCTOS EN PROCESO

5.10.7 POLÍTICA DE ALMACENAMIENTO

5.10.8 ANÁLISIS DE PROCESOS DE OPERACIONALES

5.10.9 POLÍTICA DE PRECIOS

5.10.11 ESTRATEGIA DE PROMOCIÓN

#### **5.10.10 RESUMEN DE VARIABLES DE COSTOS**

A continuación, se detalla la ficha de costos obtenido a partir de cotizaciones que se realizaron a lo largo de la investigación, en la misma se da a conocer los costos unitarios para la producción de un lote de 60 bloques con sustitución parcial de Cal, en la tabla 35 (ver anexos 6 y 7), se denota los costos de fabricación de un bloque con un 30% de sustitución parcial de Cal, iteración del cual se obtuvieron resultados que se aproximan a los del bloque control en los ensayos realizados en distintos días de la investigación.

La cal en cada una de las iteraciones realizadas en base a la sustitución que se llevo a cabo, de denota que tiene una mejor trabajabilidad y adherencia, reduciendo como tal las grietas en la fabricación de la misma. Como los resultados más favorables encontrados en la investigación es del bloque de un 30% de sustitución, de acuerdo a todas las variables tomadas en cuenta en el documento, se menciona que el bloque como tal puede ser empleado en zonas que no

tenga que soportar mucho peso, muros perimetrales, el cual puede llegar a presentar un ahorro significativo en una obra debido a que su costo es significativamente menor y cumple con la normativa ASTM C94 cumpliendo con los estándares mínimos de resistencia para ser empleado en distintas tareas.

Debido a que las resistencias alcanzadas en los ensayos por parte de cada una de las iteraciones se resaltan que los bloques fabricados no son estructurales, y no se pueden emplear en todas las aplicaciones para la que esta diseñado el bloque control como tal.

**Tabla 35 - Costo de iteración de 30%**

**PROYECTO:** Fabricación Bloque de 30% de sustitución parcial de Cal

**CONTRATISTA:** Proyecto Investigación Fase II

**PROPIETARIO:** UNITEC

**DESCRIPCIÓN:** SUB. ENTREGABLE / ACTIVIDAD

Ítem	1.01	Unidad	M2	Cantidad	60.00	
<b>ITEM</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>CANT. / RENDIMIENTO</b>	<b>DESPERDICIO</b>	<b>P.U.</b>	<b>SUBTOTAL</b>
1.00	<b>Materiales</b>					
1.01	Agua	lts	20.00	5%	L. 0.01	L. 0.19
1.02	Cemento	Kg	50.00	3%	L. 3.80	L. 195.70
1.03	Arena con Flete	Kg	140.00	2%	L. 0.18	L. 25.70
1.04	Grava con Flete	Kg	160.00	2%	L. 0.22	L. 36.07
1.05	Cal	kg	10.00	3%	L. 0.01	L. 0.12
					<b>Subtotal Mat</b>	<b>L. 257.78</b>
<b>2.00</b>	<b>Mano de Obra</b>	<b>Unidad</b>	<b>Rendimiento</b>	<b>Cant./ Total Und.</b>	<b>Precio/und</b>	<b>Sub Total</b>
2.01	Operador	JDR	0.220	35.00	1.60	L. 12.32
					<b>Subtotal M.O.</b>	<b>L. 12.32</b>
<b>3.00</b>	<b>Herramientas y Equipo</b>	<b>Unidad</b>	<b>Rendimiento</b>	<b>Total/und</b>	<b>Precio/hr</b>	<b>Sub Total</b>
3.01	Mezcladora	%	0.20			L. 2.46
3.02						
3.03						L. 0.00
					<b>Subtotal H.E.</b>	<b>L. 2.46</b>
					<b>Costo Directo Total</b>	<b>L. 272.57</b>
					<b>Costo Final</b>	<b>L. 272.57</b>
					<b>Costo Unitario Final</b>	<b>4.54</b>

Fuente: Elaboración propia



## VI. CONCLUSIONES

La presente investigación logro cumplir con el objetivo general de comparar las características generales de un bloque tradicional de concreto con respecto a bloques con sustitución parcial de Cal. En cuanto a los resultados obtenidos se determinó los siguiente:

- 1) En cuanto a las dosificaciones realizadas en la presente investigación se muestra una relación de mezcla para la producción de bloques de hormigón, el primer paso es determinar la relación A/C, que es la relación entre el agregado y el cemento, que es la materia prima más importante para la producción de bloques de hormigón. Esta dependencia se debe a prueba y error, según el tamaño de la planta de bloques y su capacidad compresiva, es decir, a mayor compactación, mayor relación árido-cemento.
- 2) De acuerdo a los datos que se obtuvieron en la compresión realizada en las distintas iteraciones definidas previamente, denota que la resistencia a la compresión de cada pieza de prueba o bloque se puede determinar para proporcionar una capacidad de carga entre los 700 – 800 psi aproximadamente al bloque de prueba o bloque de cimentación, siempre se mantiene en un aproximado del 20% debajo de las características que presenta el bloque de muestra pero la resistencia obtenida se encuentra dentro de los parámetros dados y establecidos por la norma ASTM C94, indicando que la resistencia promedio del bloque de prueba debe ser mayor o igual a 500 psi.
- 3) De acuerdo a los resultados obtenidos en los distintos ensayos realizados en el presente documento se determina que el porcentaje de sustitución de Cal en los bloques de concreto es del 30% de cal, debido a que es el que mejor índice de resistencia presentar en las tomas de datos que se presentaron, y solo presenta un 1% de diferencia más de absorción con respecto a los datos que muestra el bloque tradicional, En cuanto a los aspectos generales el bloque fabricado en sustitución de Cal no varía en cuanto a la forma, tamaño, color o peso, de acuerdo a las mediciones realizadas ambos bloques presentan condiciones similares, solo presentando variación en las características generales como en el índice de absorción, y la resistencia que si muestra una diferencia significativa en ya que los

bloques con Cal como cementicio solo logra obtener un 80% de los resultados obtenidos en un bloque convencional.

- 4) Se había definido como hipótesis de absorción que alguna de los porcentajes de sustitución podría presentar un menor índice de absorción que el bloque de muestra sin embargo las muestras de las iteraciones presentan una tendencia entre 1% - 2% más que el del bloque de referencia, uno de los factores que más influye en la calidad de los bloques es la maquina con la que estos se fabrican, ya que eso contribuye en gran escala a la forma de los bloque a sus esquinas, además del compactado del materia para asentar bien la mezcla y que quede un bloque perfectamente formado que posteriormente será trasladado a través de la multi forca a los hornos de secado que son a temperatura ambiente
- 5) Los valores de los costos asociados a la fabricación y comercialización del bloque se ven reflejados o denotan que son directamente proporcional a la cantidad de cal utilizado en sustitución parcial del bloque de concreto, los costos de fabricación en comparación a los costos de fabricación presentados en el bloque control, el bloque de Cal con un 30% de sustitución parcial que es el que mejores resultados presento en los ensayos esta en un 17% por debajo aproximadamente en los costos de producción, a priori, en el precio de venta el bloque con sustitución parcial presenta un precio de venta promedio al consumidor final de un 24.64%, a medida se incrementa la cantidad de Cal en la fabricación del bloque los costos de fabricación como el precio de venta se ven reducidos.

## **VII. RECOMENDACIONES**

- 1) Realizar pruebas con sustitución parcial inferiores presentadas en el actual documento, debido a que los resultados de acuerdo a las dosificaciones planteadas no se obtienen resultados en las características generales de los bloques fabricados.
- 2) Tener en cuenta que todos los agregados deben estar secos antes de la prueba. Debe usarse la dosis óptima del suplemento especificada en la hoja de especificaciones.
- 3) Se recomienda hacer uso del bloque de Cal de sustitución en un 30% ya que es el que mejor resultados presenta, además de cumplir con los requerimientos mínimos establecidos por la ASTM C-94
- 4) Se recomienda realizar pruebas de absorción de los bloques con Cal con iteraciones inferiores al 30%.
- 5) El valor neto del proyecto debe de determinar si la inversión como tal de la fabricación de bloques de concreto con Cal conforme a los costos fijos, costos variables, para el estudio del valor presente neto del proceso de fabricación de los bloques, además evidenciar si el proyecto cuenta con flujos netos para lograr determinar la efectividad en cuanto a la comercialización de la misma.

## **APLICABILIDAD**

De acuerdo a los resultados obtenidos en la resistencia de los bloques de concreto, ya que cumplen con los estándares mínimos de resistencia establecidos por la ASTM C 94 el cual especifica que los requerimientos mínimos de resistencia en los bloques de concreto debe de ser de 500 [PSI], todos los ensayos de resistencia superan los 500 [PSI], pero no logran igualar la resistencia de un bloque de concreto normal, por lo que se recomienda usar los bloques de concreto fabricados con cierto porcentaje de Cal para uso residencial, o cualquier otra aplicación la carga no sea tan prolongada para el uso de la misma.

Debido a lo mencionado anteriormente los bloques pueden ser utilizado para:

1. Los bloques de concreto se utilizan para la construcción de muros de contención.
2. Muros de carga
3. Viviendas y propiedades comerciales
4. Pasos o caminos en parques
5. Camas de jardinería
6. Bordes
7. Pavimentos
8. Revestimientos
9. Escaleras
10. Tuberías
11. Mampostería en general

Los bloques pueden ser usados en cualquier de las aplicaciones que se mencionaron previamente, sin embargo, el que se recomienda su uso de acuerdo a los resultados obtenidos es el bloque de concreto con un 30% de sustitución de Cal ya que es el que mejor promedio de resistencia obtuvo en los ensayos, pero se debe de asegurar que en su uso el bloque se pueda utilizar para cualquier tipo de actividad que lo permita la norma ASTM C29 ya que están dentro de lo permisible por la norma, no se debe de utilizar a compresiones mayores a los 800 [PSI].



## VIII. BIBLIOGRAFÍA

- Alesmar, L. R. (2008). *Diseños de mezcla de tereftalato de polietileno (pet) – cemento*. Obtenido de [http://www.scielo.org.ve/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0798-40652008000100006](http://www.scielo.org.ve/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0798-40652008000100006)
- Arévalo, V., Ávalos, A., Garavito, K., Raymon, J. P., & Torres, I. (2015). DISEÑO Y LOCALIZACIÓN DE PLANTA DE PRODUCCIÓN DE BLOQUES Y ADOQUINES DE CONCRETO A PARTIR DE GARBANCILLO RESIDUAL. (*FACULTAD DE INGENIERÍA*). Universidad de Piura. Obtenido de [https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/2340/PYT\\_Informe\\_Final\\_Garbanillo%20Residual.pdf?sequence=1](https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/2340/PYT_Informe_Final_Garbanillo%20Residual.pdf?sequence=1)
- ARRIETA, J. (2018). *Fabricación de Bloques de Concreto con una Mesa Vibradora [en línea]*.
- BARAJAS PÉREZ, J. L. (2014). *ELABORACIÓN Y EVALUACIÓN DE PIEZAS DE TABICÓN CON CAL HIDRATADA A UNA CALIDAD NO MENOR AL 80% DE HIDRÓXIDO DE CALCIO, EN SUSTITUCIÓN DEL CEMENTO PORTLAND TIPO 1*. Obtenido de <https://dspace.itcolima.edu.mx/bitstream/handle/123456789/699/TESIS.pdf?jsessionid=7F8376EF29FC9AFBA634316294F23691?sequence=1>
- BARTOLOMÉ, S. (2011). *Diseño y Construcción de Estructuras Sismorresistentes de Albañilería*. Editorial de la Pontificia Universidad Católica del Perú, Perú.
- C-94, N. A. (2022).
- Calidra. (2020). Obtenido de <https://www.calidra.com/proceso/productos-calidra>
- CALLE ULLAURI, O. F. (2015). *ELABORACIÓN DE BLOQUES CON SÍLICE PARA MAMPOSTERÍA NO PORTANTE*.
- Caltek. (2022).
- Cardenas, H. (2013). *Evaluación de la Calidad Estructural de la Albañilería producida con Bloques de Concreto fabricados en la ciudad de Cerro de Pasco*.

- CÁRDENAS, H. (2014). *Evaluación de la Calidad Estructural de la Albañilería producida con Bloques de Concreto fabricados en la ciudad de Cerro de Pasco*. Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión.
- CDPC. (2013). *Estudio sobre el mercado de cemento de Honduras*. Comisión para la defensa y promoción de la Competencia.
- Cemex. (2020). Obtenido de <https://www.cemex.com/>
- Cenosa. (2022). Obtenido de <https://cenosa.hn/?lang=en>
- CETEC. (2015).
- CHICO. (2018). *Cámara Hondureña de la Industria de la Construcción*. Obtenido de <https://www.chico.hn/wp/>
- CICH. (2020). Obtenido de <https://cich.hn/>
- CONETSA. (2003). *Fabricación de bloques con Hidroxido de Calcio de Alta Pureza*.
- EcoUltravioleta. (2020). *¿Por qué cal y no cemento?*
- ETERNA. (2022).
- Hernández Sampieri, R. (2010). *Metodología de la Investigación*. McGraw-Hill.
- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, M. (2014). *Metodología de la investigación* (sexta ed.). México D.F.: McGraw-Hill / Interamericana Editores S.A. de C.V.
- Hernandez, F. (2004). *Propiedades del concreto*. México.
- Inmobiliaria, R. (2021). Obtenido de <https://www.republicainmobiliaria.com/editorial/obras-privadas-honduras-lempiras/#:~:text=En%20comparaci%C3%B3n%20con%202020%2C%20este,de%20337%20millones%20de%20lempiras>.
- Minas, M. d. (2015). *ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE MONTAJE DE LAS LÍNEAS*. Obtenido de [http://www.proinversion.gob.pe/RepositorioAPS/0/0/JER/LT\\_TINTAYA\\_SOCABAYA\\_D OCS](http://www.proinversion.gob.pe/RepositorioAPS/0/0/JER/LT_TINTAYA_SOCABAYA_D OCS)
- Morante. (2008).
- Paredes, C. y. (2006).

PÉREZ, J. L. (2014). Obtenido de <https://dspace.itcolima.edu.mx/bitstream/handle/123456789/699/TESIS.pdf;jsessionid=7F8376EF29FC9AFBA634316294F23691?sequence=1>

Primi, A., & Leon, O. (2012). Resistencia a compresión a los 28 días de cilindros de concreto húmedos y secos. (*Tesis de pregrado*). Universidad Rafael Urdaneta, Venezuela.

Régil, O. E. (2005). *OPTIMIZACIÓN DEL PROCESO DE FABRICACIÓN DE BLOQUES DE CONCRETO DEL ESTÁNDAR 15x20x40 CM CON GRADO DE RESISTENCIA 28 KG/CM<sup>2</sup>, CASO ESPECÍFICO FUERTE-BLOCK MÁQUINAS #1 Y #2.*

Tecnología del Plástico. (Mayo de 2017). *Tecnología del Plástico*. Obtenido de <http://www.plastico.com/temas/Planta-de-reciclaje-botella-a-botella-de-Honduras-produce-pellets-de-PET-con-aceptacion-FDA+119440>

Valdez Rodríguez, C. (2015). *IMPLEMENTACIÓN DE MEJORAS EN EL PROCESO DE FABRICACIÓN DE BLOQUES DE CONCRETO LIVIANO, EN UNA FÁBRICA DE LA ZONA METROPOLITANA.*

Vargas, & Lobo. (2008).

VASQUEZ FAUSTINO, A. (2018). *EVALUACIÓN DE LA PROPORCIÓN ÓPTIMA CON CENIZA DE CAL PARA LA OBTENCIÓN DE BLOQUES DE CONCRETO TIPO NP, ELABORADOS CON MAQUINARIA SEMI INDUSTRIAL VIBRO-COMPACTADORA EN LA CIUDAD DE CERRO DE PASCO.*

## ANEXOS

### Anexo 1 - Almacenamiento de bloque



Fuente: Propia

## Anexo 2- Fabricación de bloques



Fuente: Propia

### Anexo 3 - Ensayo de absorción de las muestras




Fuente: Propia

#### Anexo 4 - Ensayo de ruptura del bloque



Fuente: Propia

Anexo 5 - Formato de entrega de resultados de ruptura



**EJEIRN A, S.A. de C.V.**  
INGENIEROS CONTRATISTAS  
DIVISION CONETSA

**CONTROL DE RESISTENCIA DE PRODUCCION DE CMU**

LAB-FOR-014  
Version 2

Planta: NOVAFLUC  
Fecha de Ruptura: ABRIL 11, 2012

Fecha de Producción	Edad de Bloque (días)	Producto Producido	Nomenclatura de Muestra	Area de carga (plf')	Carga de falla (lbs)	Resistencia de Bloque (PSI)	Resistencia Promedio (PSI)
04 04 22	7D	6' ESTRELLA 45-1	FLUCBA-UNITEC	48.10	28810	599	632
			G#1		29030	545	
			FLUCBA-UNITEC		33740	701	
04 04 22	7D	6' ESTRELLA 40-1	FLUCBA-UNITEC	48.10	34740	722	692
			G#1		35020	699	
			FLUCBA-UNITEC		3490	654	
04 04 22	7D	6' ESTRELLA 35-1	FLUCBA-UNITEC	48.10	32980	686	663
			G#1		32280	631	
			FLUCBA-UNITEC		30350	631	
04 04 22	7D	6' ESTRELLA 25-1	FLUCBA-UNITEC	48.10	34610	710	715
			G#1		33980	706	
			FLUCBA-UNITEC		34520	718	
04 04 22	7D	6' ESTRELLA 30-1	FLUCBA-UNITEC	48.10	37380	781	850
			G#1		42570	884	
			FLUCBA-UNITEC		42510	984	
04 04 22	7D	6' ESTRELLA	TA	48.10	62510	1200	1278
			H8		66390	1380	
			NOVAFLUC		55530	1155	

OBSERVACIONES: \_\_\_\_\_



Realizado por: \_\_\_\_\_

Revisado por: \_\_\_\_\_

Fuente: Propia



## Anexo 6 – Cotización argos

COTIZACIÓN				
ORCIBUS TEGUCIGALPA Tel. 290-0100 Fax 290-0101 Apartado Postal 20214 COMAYAGUA Tel. 730-1510 / 730-1511 HONDURAS			Versión 001 Fecha de Aprobación: 24/08/2018	
			<b>46000200</b>	
LUGAR Tegucigalpa M.D.C.		FECHA 21/04/2021	REF CLIENTE	
El precio cotizado tendrá vigencia hasta el 30 de abril de 2021. Precios sujetos a cambio sin previo aviso			ATENCION Ingeniero Hector Flores JM CONSTRUCTORES <a href="mailto:hflores_gomez@hotmail.com">hflores_gomez@hotmail.com</a>  TELÉFONO FAX	
			LUGAR DE ENTREGA  Casco Urbano de La Ceiba Departamento de Atlántida	
MARCA	PRESENTACIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	TOTAL (L.)
Argos Cemento ECO Multipropósito Cemento Portland Tipo General 4000 psi	Empacado	1	Bolsa	L. 182.37
	Sub-Total (hasta incompleto)	600 *	Bolsas	L. 109,421.81
EL PRECIO COTIZADO ES APROXIMADO, YA QUE EL PRECIO EXACTO SE OBTIENE HASTA CREAR SU CÓDIGO DE PROYECTO EN EL SISTEMA.				
CONDICIONES DE PAGO		ENVÍADO DESDE	TIPO DE TRANSPORTE	OPCIONES DE ENTREGA
CONTADO		PLANTA PIEDRAS AZULES	RASTRA	640 BOLSAS
COTIZADO POR		PUESTO	FIRMA	
BIANCA ALAS FAJARDO		ASESOR COMERCIAL DEL NEGOCIO INDUSTRIAL		

Fuente: Propia

## Anexo 7 – Cotización CONHSA - PAYSAN



conhsa-payhsa

San Pedro Sula  
06 de Agosto del 2021

Señores  
**DEINCO**  
Ciudad  
Atn: Ing. Jorge Meoñez

Estimados Señores:

En atención a su solicitud tenemos el agrado de presentar a usted nuestra oferta productos a ser utilizados en su proyecto en San Pedro Sula.

Descripción	Cantidad		Precio Unit. Lps.
Arena Triturada	9.00	M3	355.00
Grava 3/4"	14.00	M3	270.00
Flete Arena	1.00	Fletes	1,200.00
Flete de grava	1.00	Fletes	1,500.00
<b>Sub-Total</b>			
<b>I.S.V 15%</b>			
<b>TOTAL</b>			

Estos precios son especiales y están sujetos a cambios sin previo aviso por el incre insumos.

Esperando que esta cotización sea de su agrado y aceptación, quedamos a sus ord respecto.

Atentamente,

**ING. BAYARDO VIJIL**  
Supervisor de Proyectos  
Cel. 9982-9992

por el suministro de nuestros

<b>Valor Total Lps.</b>
3,195.00
3,780.00
1,200.00
1,500.00
<b>9,675.00</b>
<b>1,451.25</b>
<b>11,126.25</b>

mento en el precio de nuestros  
enes para cualquier consulta al

Fuente: Propia