

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1 INTRODUCCIÓN

1.1 Generalidades

Las obras de ingeniería que se desarrollan en el mundo, utilizan como material de construcción el concreto; a causa de eso surgieron grandes empresas que ofrecen algunos productos o materiales prefabricados de hormigón con características específicas que se acomoden a la necesidad de la demanda. Un claro ejemplo de esta situación se observa en la Fabricación de Bloques de Hormigón, destinados a una gran variedad de aplicaciones, tales como edificación de viviendas, estructuras de edificios de gran altura, muros de sostenimiento y cámaras subterráneas, entre otros.

Esta amplia utilización del producto está motivada principalmente en algunos aspectos favorables que presentan los bloques de hormigón, en relación con otros materiales de construcción, tanto en soluciones simples como estructurales.

1.2 Antecedentes

A inicios del siglo XIX, en Inglaterra, se origina uno de los grandes avances en el campo de la construcción, la fabricación del Bloque de Concreto. Estos bloques eran sólidos, sumamente pesados que utilizaban la cal como material cementante. La introducción del cemento Portland y su uso intensivo, abrió nuevos horizontes a este sector de la industria.

Posteriormente, en el siglo XX, aparecieron los primeros Bloques Huecos para muros; la ligereza de estos nuevos bloques significa, por sus múltiples ventajas, un gran adelanto para el área de la construcción en relación a etapas anteriores.

Las herramientas que se utilizaron en la entonces incipiente industria de los Bloques, se limita a simples moldes metálicos, y una varilla de acero para compactar la mezcla manualmente; este método de producción se siguió utilizando hasta los años veinte, época en la que aparecieron las primeras máquinas “Bloqueras” con martillos

accionados mecánicamente. Y de esta manera la industria de los Bloques fue mejorando, tal es el caso que se llegó a introducir el método de la vibración para compactar la mezcla por medio de Mesas Vibradoras; esta innovación fue adecuada en la actualidad a las Máquinas Bloqueras las cuales contemplan en su estructura un rodillo liso encargado de la vibración y además una plancha metálica destinada a la compresión.

Haciendo referencia a los sucesos históricos de esta industria en nuestro país podemos mencionar que las primeras fábricas particulares de bloques iniciaron su producción en 1948 y sus productos se utilizaron en la construcción de innumerables viviendas a lo largo del territorio. Posteriormente, aparecieron productores independientes que adoptaron este sistema mejorándolo con la implementación de Máquinas Bloqueras bajo el principio de la vibro-compactación.

Actualmente, existen empresas prestigiosas que se dedican a la producción de bloques, tal es el caso de CONCRETEC que garantiza las propiedades de su producto cumpliendo con las normas predisuestas para la fabricación de los mismos. Existen diversas construcciones con bloques CONCRETEC en varias localidades del país que sobrepasan los 3 pisos lo que nos demuestra la importancia del uso de bloques para obtener muros de mayor resistencia.

Hoy en día la nueva generación de investigadores busca la manera de fabricar, crear o elaborar técnicas, métodos y productos rentables para la sociedad y sostenibles para el medio ambiente con nuevas propiedades idóneas para la industria de la construcción.

1.3 Descripción del problema

En nuestro medio se observa que el material más utilizado en mampostería es el ladrillo debido a la existencia de grandes industrias productoras que generan la confianza necesaria en la demanda para el uso de este tipo de pieza. En cambio, la

fabricación de bloques de hormigón es mucho más reducida, realizada por productores pequeños sin un control estricto de calidad, lo que ocasiona la duda a la hora de adquirirlos.

Teniendo en cuenta que en nuestro País la producción de Bloques es muy escasa por el costo elevado y la competencia del mercado, es primordial buscar la manera de recuperar la manufactura de los bloques contemplando los aspectos negativos que influyen de manera directa e impiden la elaboración masiva de esta pieza de construcción prefabricada.

Habiendo estudiado la situación a la que se enfrenta la Industria de Bloques con respecto al pensamiento tradicionalista de la demanda, al no conocer los beneficios de los mismos, dando lugar a la adquisición de ladrillos para la construcción en general, es necesario recurrir a la búsqueda de soluciones viables en lo económico, técnico y ambiental para la Fabricación de Bloques de Hormigón.

Tomando en cuenta la situación mundial de la Producción de Bloques puede señalarse como un dato ilustrativo que solo en Estados Unidos y Canadá se producen más de 5,000 millones de unidades anuales, destinados a una gran variedad de aplicaciones, tales como edificación de viviendas, estructuras de edificios de gran altura, muros de sostenimiento y cámaras subterráneas, entre otros. Así mismo, República Dominicana es el mayor productor de bloques de hormigón en la región del Caribe, con una producción que ronda los 10 millones de unidades mensuales, cifra que ha ido incrementándose año tras año, por la sostenida demanda de la industria de la construcción.

La demanda actual se interesa en buscar mayor calidad a menor costo y además la sostenibilidad ambiental que es un problema que aqueja cada vez con mayor intensidad, por la excesiva contaminación del medio ambiente, producida en un porcentaje abrumador por las Grandes Industrias; por tanto, es imprescindible brindarles productos contemplando estos requerimientos.

1.3.1 Planteamiento

Las Fábricas pequeñas de Bloques de Hormigón vienen produciendo este producto hace mucho tiempo en diversas zonas del país de manera artesanal y periódicamente, sin el aporte técnico adecuado; es decir, no se cuenta con el control y seguimiento del proceso de fabricación que certifique a través de normas, la calidad del producto.

Las variables comprendidas para la elaboración de una pieza prefabricada de hormigón con una resistencia a la compresión apta para mampostería estructural, son directamente proporcionales a:

- ✓ La dosificación.
- ✓ La relación agua/cemento.
- ✓ Los agregados pétreos.

Al no contemplar las variables mencionadas, la producción de bloques será de baja calidad, afectando directamente a la resistencia de la pieza. Resumiendo que a menor resistencia menor consumo del producto, ocasionando la búsqueda de materiales convencionales para mampostería.

Para poder ingresar al mercado como competencia activa, es necesario reducir los costos por cada unidad prefabricada y además brindarle a la demanda un producto que cumpla con las especificaciones y características que requiere la mampostería ya sea estructural o confinada.

1.3.2 Formulación

Teniendo en cuenta las propiedades físicas y mecánicas que deben de tener los Bloques para Mampostería Estructural, es necesario buscar alternativas viables que puedan mejorar el comportamiento de los mismos, tomando en cuenta el aspecto económico, técnico y ambiental. A continuación, se analizará las posibles soluciones:

Control de calidad estricto y constante.

Técnicamente es una buena alternativa establecer estándares de calidad extremadamente altos para garantizar que la resistencia del bloque de hormigón sea la indicada durante el proceso productivo. Esta solución es muy difícil de aplicarla en nuestro medio ya que la producción de bloques es reducida y además realizada por personas particulares basándose en conocimientos empíricos sin que existan parámetros en la dosificación y en el tipo de agregado utilizado para la mezcla; es decir, es una solución a largo plazo con capacitaciones constantes del personal encargado de la fabricación de bloques de hormigón, lo que implica tiempo en exceso.

Adición de fibras artificiales a la mezcla.

Desde el punto de vista técnico, es una alternativa muy efectiva para obtener una buena resistencia a compresión en bloques de hormigón la utilización de fibras artificiales como ser: fibra de acero, fibra de carbono, fibra de polipropileno, fibra sintética, entre otras; lo desfavorable de esta solución es el costo elevado y la adquisición de estas fibras en grandes proporciones; además, se debe recurrir al mercado internacional para obtener estos materiales por lo que se hace muy difícil tener una producción masiva. También hay que tener en cuenta que si se llega a fabricar una de estas piezas su uso estaría limitado a construcciones especiales

Agregar aditivos a la mezcla.

Es una alternativa viable ya que existen aditivos destinados a mejorar el comportamiento mecánico de las mezclas de hormigón que se encuentran al alcance de cualquier persona, pero hay que tener en cuenta que el uso de aditivos aumentaría el costo en la producción de bloques, lo que no sería rentable tanto para su fabricación como para su adquisición.

Elaborar bloques de hormigón a base de residuos industriales:

a) Fibra de bagazo (bloques de hormigón con adición de fibra)

REDUCCIÓN DEL PESO DEL BLOQUE

b) Ceniza de bagazo (bloques de hormigón con adición de ceniza)

REDUCCIÓN DEL COSTO DEL BLOQUE

Técnicamente esta opción es muy favorable para la industria de bloques y para el medio ambiente, ya que se pretende resolver el problema de la elaboración de Bloques de Hormigón para Mampostería Estructural contemplando la adición de residuos industriales y sin alterar la resistencia a la compresión de la unidad en estudio obteniendo así un bloque económico, saludable y ecológico contribuyendo a reducir el impacto ambiental que incrementa cada día más y más.

De las alternativas planteadas, se ve por conveniente *elaborar un bloque de hormigón a base de residuos industriales de la caña de azúcar (fibra y ceniza de bagazo)*, por lo que cumple con los aspectos técnicos, económicos y ambientales.

De esta manera este trabajo de investigación se plantea como punta pie inicial la siguiente interrogante:

¿Cómo elaborar Bloques de Hormigón para Mampostería Estructural contemplando la adición de residuos industriales?

1.3.3 Sistematización

En la explotación de todos los recursos que estén al alcance del hombre, sobre todo cuando son identificados como desechos o cuando son materiales que se desprecian porque no se conoce su función, cualquier estudio que se haga con el fin de cambiar ese concepto es ganancia. Si se encuentra un manejo favorable se han solucionado dos problemas fundamentales, el primero desde el punto de vista social, eliminando

el desecho a causa que se le encontró una función y, el segundo, desde el punto de vista económico ya que se pueden generar grandes dividendos obteniendo innumerables beneficios.

Buscando la solución requerida, se pretende hacer un estudio de posibles residuos o desechos agro-industriales que posee nuestro departamento en la zona Sur de la Provincia Arce “Ciudad de Bermejo”, los cuales se obtienen de la producción de azúcar y pueden ser considerados como una alternativa de solución en el mercado de los bloques contribuyendo en la disminución de costos y aportándole nuevas características que puedan hacerle frente a la competencia actual, sin dejar de lado la sostenibilidad ambiental que esto llegaría a tener si es que esta investigación arroja resultados positivos.

La materia prima utilizada en este trabajo de investigación proviene del Ingenio Azucarero “IABSA” Industrias Agrícolas de Bermejo Sociedad Anónima; el cual se encarga de moler en una zafra normal 550000 Ton. de Caña de la cual se tendría lo siguiente:

Cuadro 1.1 Cantidad de Residuos Industriales

ANÁLISIS DE LA CANTIDAD DE RESIDUOS INDUSTRIALES			
Bagazo	33% de Caña de Azúcar	181500	Ton
Excedente de Bagazo	20% del Total de Bagazo	36300	Ton
Bagazo que se Quema	Bagazo Quemado	145200	Ton
Ceniza de Bagazo	Ceniza de Bagazo	3630	Ton

Fuente: Producción de IABSA

Teniendo en cuenta la producción anual del Ingenio Azucarero del residuo en estudio, observamos que existe la cantidad suficiente para realizar una prueba piloto en el negocio de la fabricación de Bloques de Hormigón y verificar su aplicación en el campo de la construcción.

La idea general de este proyecto es estudiar, analizar, comprobar y determinar el uso de la Fibra y Ceniza de Bagazo de Caña de Azúcar como adición en la generación de nuevos productos de construcción aplicables en el campo de la Ingeniería Civil, esperando contribuir en la Fabricación de Bloques de Hormigón.

Este trabajo pretende verificar que:

- ✓ Al remplazar parcialmente el agregado fino por residuos industriales como la fibra de bagazo, se pretende solucionar el problema del agrietamiento o fisuración provocando así una reducción considerable del peso de la unidad en estudio y manteniendo la resistencia a compresión necesaria para clasificar a nuestro producto apto para muros portantes.
- ✓ Al reemplazar parcialmente el cemento por residuos industriales como la ceniza de bagazo, que está compuesto en gran parte por sílice haciendo que reaccione favorablemente dentro de la mezcla, se pretende reducir el costo de cada unidad prefabricada y además mantener la resistencia a compresión necesaria para clasificar a nuestro producto apto para muros portantes.

Por lo que se busca realizar un estudio experimental que permita determinar la dosificación óptima para fabricar bloques que cumplan las especificaciones de las normas que rigen a muros portantes; así mismo, se efectuará el estudio de adición de residuos industriales (fibra y ceniza de bagazo de caña de azúcar) en la dosificación patrón para obtener el mayor porcentaje de residuos que se puede introducir en la mezcla y de esta manera poder conseguir una pieza de hormigón apta para mampostería estructural.

Para elaborar un Bloque de Hormigón resistente, a Base de Residuos Industriales se estableció que es preciso contemplar los principales aspectos que influyen directamente en la mezcla de hormigón, entre los cuales podemos mencionar:

- Dosificación
 - ✓ Caracterización de los agregados pétreos
 - ✓ Relación agua/cemento
 - ✓ Adiciones (Fibra de Bagazo (FB) y Ceniza de Bagazo (CB))
- Método de fabricación

Posteriormente, se debe comprobar la incidencia de las adiciones en las propiedades físicas y mecánicas de las piezas prefabricadas; para esto es necesario realizar los ensayos correspondientes.

1.4 Objetivos

A continuación se presentan los siguientes objetivos considerados en este trabajo de investigación:

1.4.1 Objetivo general

- ✓ Determinar la incidencia de la fibra y ceniza de bagazo en las características mecánicas (*Resistencia a la compresión, peso propio y absorción de agua*) en bloques de hormigón, para la construcción y el diseño de muros portantes, mediante ensayos de laboratorio normalizados.

1.4.2 Objetivos específicos

- ✓ Determinar las propiedades y características necesarias de la Fibra y Ceniza de Bagazo.
- ✓ Evaluar las respectivas propiedades físico-mecánicas en Bloques de Hormigón con adición de Fibra y Ceniza de Bagazo.
- ✓ Comparar resultados entre los especímenes a fabricar; Bloque Testigo, Bloque con adición de Fibra de Bagazo y Bloque con adición de Ceniza de Bagazo.

- ✓ Realizar un análisis económico y ambiental en Bloques de hormigón con adición de Fibra y Ceniza de Bagazo.

1.5 Justificación

Las razones por las cuales se elaboró el trabajo de investigación son las siguientes:

1.5.1 Académica

Desarrollar la propuesta de trabajo de investigación ya que colabora y contribuye a profundizar los conocimientos adquiridos por el estudiante durante su carrera, además que permite desarrollar en el estudiante conocimientos, destrezas y habilidades en la busca de materiales innovadores con mejores características mecánicas.

1.5.2 Teórica

El trabajo de investigación se propone en función a teorías existentes y pretende aportar con innovaciones constructivas, para enriquecer conocimientos en el proceso de diseño de mezclas para elementos prefabricados con adiciones alternativas.

1.5.3 Metodológica

A través de la selección de una dosificación patrón para Bloques de Hormigón, metodológicamente, se pretende:

- ✓ Reemplazar parcialmente el agregado fino, por fibra de bagazo en proporción volumétrica, representada en porcentajes, de manera que las partículas de este material ocupen el mismo volumen del agregado extraído y generen menor masa procurando conservar la resistencia mecánica y reducir el peso del Bloque de Hormigón imitando a una mezcla de hormigón convencional.

- ✓ Reemplazar parcialmente la cantidad de cemento, por ceniza de bagazo en proporción volumétrica, representada en porcentajes, de manera que las partículas de este material ocupen el mismo volumen del cemento extraído y generen menor masa, procurando conservar la resistencia mecánica requerida y disminuir el costo del Bloque de Hormigón imitando a una mezcla de hormigón convencional.

1.5.4 Práctica

Prácticamente se tiene dos teorías:

- ✓ Al reemplazar parcialmente el agregado fino por otro material bien sea pétreo o no, y que este tenga las características de ser un material de mayor adherencia (estructura más compacta) y a la vez más liviano, efectivamente el peso reducirá de manera considerable.
- ✓ Al reemplazar parcialmente el cemento por otro material con alto contenido de sílice el fenómeno que se presenta con este tipo de adición es la formación de silicatos en un proceso natural de hidratación; en sí mismo, la sílice posee poco o ningún valor cementante pero en forma finamente dividida y en la presencia de humedad, reaccionará químicamente con el hidróxido de calcio a temperaturas ordinarias para formar compuestos que poseen propiedades cementantes haciendo que se reduzca la cantidad de cemento.

1.5.5 Ambiental

En la actualidad se destruyen montañas enteras y ríos no solo en Bolivia sino en todo el mundo. Esto es debido a los daños irreversibles al medio ambiente que la explotación de grava y arena provoca, incluida la erosión, contaminación y desecación de los mantos acuíferos.

Además, la obtención de cemento Portland para fabricar hormigón implica un alto consumo energético y grandes volúmenes de emisiones de gases de efecto invernadero, lo que lo convierte en un material caro y contaminante. La industria del cemento, a escala mundial, tiene el 2% del consumo global de energía y el 5% del consumo global de energía industrial, generando aproximadamente una tonelada de CO₂ por cada tonelada de clinker dependiendo de la eficiencia de la planta. A pesar de ello, la producción mundial de cemento Portland crece de forma espectacular; los países en vías de desarrollo están en proceso de construir sus infraestructuras y para esto necesitan inmensas cantidades de cemento Portland aunque en muchos casos este material no sea idóneo y se use inadecuadamente.

En virtud del planteamiento anterior, surgió la necesidad de buscar una alternativa más ecológica, saludable y económica en la fabricación de bloques de hormigón tomando en cuenta la adición de residuos orgánicos e industriales.

De ser positiva la siguiente investigación en nuestro medio, traerá grandes beneficios no solo a la naturaleza por su carácter conservacionista y anticontaminante sino que también se dará un gran paso en el desarrollo industrial de construcciones con el menor impacto ambiental y además logrará:

- ✓ Reducir la explotación de materiales provenientes de lechos de ríos y montañas.
- ✓ Reutilizar los sub-productos desechados por industrias ya que estos producen un alto índice de contaminación ambiental.
- ✓ Reducir el consumo de cemento con la adición parcial de material puzolánico.
- ✓ Reducir el costo de los bloques de hormigón.

La conservación del medio ambiente, un manejo racional de los recursos naturales y un nuevo enfoque de la producción agropecuaria, buscando la sostenibilidad de cada

sistema de mediano y largo plazo, representan los desafíos más importantes a nivel mundial.

1.6 Hipótesis

Debido a que este trabajo de investigación tiene como objetivo adquirir nuevos conocimientos sobre el tema en estudio, es necesario el planteamiento de las siguientes hipótesis:

- 1) A través de la utilización de residuos industriales como adición en la mezcla de Bloques de Hormigón se fabricarán Elementos Premoldeados aptos para Mampostería Estructural.
- 2) Con la adición de Ceniza de Bagazo de Caña de Azúcar (CB.) en reemplazo parcial del cemento:
 - ✓ Se conseguirá el porcentaje máximo de esta adición que se puede incluir en la mezcla para Bloques de Mampostería Estructural.
 - ✓ Reduciremos el costo de los Bloques Prefabricados de Hormigón
- 3) Con la adición de Fibra de Bagazo de Caña de Azúcar (FB.) en reemplazo parcial del agregado fino:
 - ✓ Se obtendrá el porcentaje máximo de adición que se puede incluir en la mezcla para Bloques de Mampostería Estructural.
 - ✓ Disminuiremos el peso de los Bloques de Hormigón.

1.7 Alcance del Estudio

El campo de trabajo de investigación estará delimitado a estudiar la característica mecánica de resistencia a compresión en bloques de hormigón y sus características físicas de peso específico, dimensionamiento y absorción, siendo punto de partida la resistencia característica de 6 Mpa (Bloque destinado a Mampostería Estructural); para reemplazar parcialmente el agregado fino y el Conglomerado, de manera que los materiales alternativos simulen ser cemento (ceniza), arena (fibra), en ese caso dichas

variaciones se representarán en porcentaje. Los porcentajes tendrán valores aleatorios y significativos de adición. El procesamiento de datos tendrá como fin revelar la alternativa de solución más coherente de dosificación.

1.7.1 Tamaño de la Muestra

Para realizar un muestreo correcto es necesario recurrir a métodos estadísticos que nos ayuden a determinar la cantidad de muestras representativas para obtener resultados confiables.

El método de muestreo seleccionado fue el Aleatorio Estratificado (tipo de muestreo probabilística), debido a que se desea estudiar distintos grupos homogéneos. Para tal caso, se empleó la siguiente ecuación, perteneciente a poblaciones finitas:

$$n_0 = \left(\frac{z}{\varepsilon} \right)^2 * p * q$$

Donde:

n_0 = Cantidad teórica de elementos de la muestra.

z = Valor estandarizado en función del grado de confiabilidad de la muestra calculada.

ε = Error asumido en el cálculo.

p = Probabilidad que tiene la muestra en poseer las mismas cualidades de la población.

q = Probabilidad de que la muestra no presente las mismas características de la población.

A continuación, se presentan algunos valores estandarizados de (z) en función del grado de confiabilidad asumido.

Cuadro 1.2 Tamaño de la Muestra - Valores Estandarizados en función al Grado de Confiabilidad

Grados de Confiabilidad (%)	Valor Estandarizado (z)
99	2,58
95	1,96
90	1,64

Fuente: Método Aleatorio Estratificado

En este caso se optó por tomar el más empleado es decir $z = 1,96$.

Como se trata de un número de estratos igual a 6 (Patrón comparado con FB con 10%, 20%, 30%, 40% y 50% o Patrón comparado con CB 5%, 10%, 15%, 20% y 25%) , se asume un error del 10%.

Para la selección de (q) tenemos los siguientes valores:

Cuadro 1.3 Tamaño de la Muestra - Valores de “q” en función al número de Estratos

Número de Estratos (N)	Valores de (q)
$3 \leq N \leq 19$	0,01
$20 \leq N \leq 29$	0,01 - 0,02
$30 \leq N \leq 79$	0,02 - 0,05
$80 \leq N \leq 159$	0,05 - 0,10
$N \leq 160$	0,05 - 0,20

Fuente: Método Aleatorio Estratificado

Como se tratan de seis estratos se obtiene $q = 0,01$.

Como $p + q = 1$ resulta que $p = 1 - q$ por lo tanto $p = 0,99$ lo que indica que hay la probabilidad del 99% de que la muestra represente a la población

De esta manera entonces tenemos:

$$n_0 = \left(\frac{1.96}{0.10} \right)^2 * 0.99 * 0.01 = 3.80$$

Ahora se calcula, el número de muestras real con la siguiente ecuación:

$$n = \frac{n_0}{1 + \frac{n_0}{N}}$$

Donde:

n = Cantidad real de la muestra a partir de la población o estratos asumidos.

n_0 = Cantidad teórica de elementos de la muestra.

N = Número total que conforma la población o estratos totales de la población.

Considerando que:

Se analizará un Bloque Testigo, con respecto a los Bloques con FB y CB tomando en cuenta sus adiciones correspondientes, hay un total de 6 estratos por cada tipo de adición lo que representa:

$$n = \frac{3.80}{1 + \frac{3.80}{6}} = 2.33 \approx 3$$

De acuerdo al Método Estadístico empleado, se estableció que la muestra representativa de los Bloques de Hormigón a ensayar para cada propiedad sería de 3 especímenes como mínimo, tomando en cuenta cada adición y sus diferentes porcentajes; es decir, los 6 estratos representativos del estudio.

Tomando en cuenta lo estipulado por la NB 1220035 (Ver Anexo A.1) con respecto al muestreo correspondiente en Bloques de Hormigón, tenemos lo siguiente:

Cuadro 1.4 Tamaño de la Muestra - Según NB 1220035

Número de Bloques del Lote	Número Total de Bloques De la Muestra		Número de Bloques Para Ensayo: Resist. Compresión		Número de Bloques Para Ensayo: Absorción Área Neta
Cantidad	Prueba	Contraprueba	Criterio 1	Criterio 2	Cantidad
Hasta 5000	7 a 9	7 a 9	6	4	3
De 5001 a 10000	8 a 11	8 a 11	8	5	3
De 10001 a 20000	10 a 13	10 a 13	10	6	3

Criterio 1: Será utilizado para control de calidad en Obra

Criterio 2: Será utilizado para control de calidad en la Fábrica

Fuente: Bloques de Hormigón para Mampostería - Requisitos NB 1220035

Habiendo examinado ambas maneras para determinar el tamaño de la muestra correspondiente para este trabajo de investigación, se vio por conveniente elegir lo que nos estipula la NB 1220035 debido a que nos puntualiza como mínimo para los ensayos de Resistencia a compresión y Análisis Dimensional en Bloques de Hormigón la cantidad de 4 especímenes para obtener de esta manera resultados confiables en los ensayos mencionados anteriormente.

Conscientes de lo que se pretende lograr con este Trabajo de Investigación, se estableció que el número total de Bloques de la Muestra será de 12 para cada dosificación con distintos porcentajes de adición de FB y CB; la cantidad de especímenes a fabricar fue definida para garantizar los resultados del estudio y además por la facilidad que brinda la máquina Bloquera a realizar 3 Bloques

simultáneamente. En total, se fabricarán 132 Bloques. Se determinarán las siguientes propiedades de los bloques de hormigón elaborados con FB y CB:

- ✓ El Análisis Dimensional
- ✓ El peso volumétrico.
- ✓ La resistencia a la compresión.
- ✓ La absorción de agua.

Para el Análisis Dimensional de los Bloques se utilizarán 6 especímenes para cada producto, es decir, se realizarán 3 análisis dimensionales, uno para los Bloques con FB, otro para los Bloques con CB y uno más para los Bloques Patrón. También se realizará el ensayo de Peso Volumétrico con 6 Bloques para cada porcentaje de adición. El ensayo de Absorción se realizará con 6 Bloques elegidos aleatoriamente a los 28 días; luego estos bloques serán sometidos al ensayo de Resistencia a Compresión el cual se realizará con 6 Bloques a los 14 días y con 6 Bloques a los 28 días.

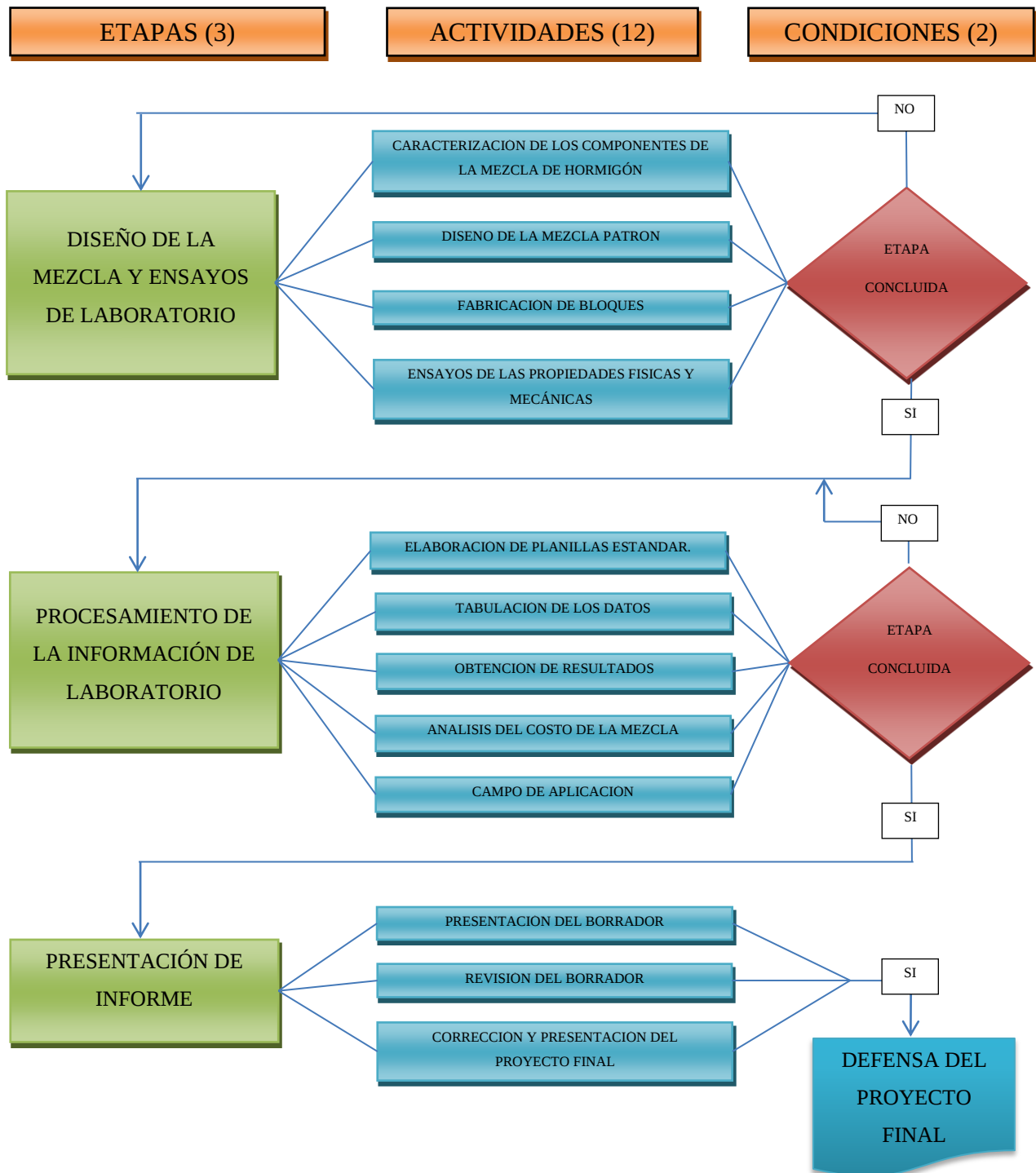
Las siguientes propiedades no se determinaran debido a que no es viable realizarlas en el laboratorio de suelos y hormigones de la carrera de Ing. Civil porque no se cuenta con el equipo necesario:

- ✓ Acústica.
- ✓ Térmica.
- ✓ Resistencia al fuego.
- ✓ Resistencia ante ataques químicos.
- ✓ Resistencia a la tracción.

1.8 Aspectos Metodológicos

Es necesario plantearse una metodología de trabajo para tener orden y control de las actividades que se realizarán y de esta manera poder culminar con éxito el proyecto en curso; para esto se plantea a continuación siguiente diagrama de flujo:

Cuadro 1.5 Diagrama de Flujo de las Actividades del Proyecto



Fuente: Elaboración Propia

1.8.1 Tipo de Estudio

El presente estudio quedará delimitado a una línea de investigación **exploratoria** ya que tiene por objeto esencial familiarizarnos con un tema desconocido, novedoso y escasamente estudiado y a su vez se puede decir que es una investigación **experimental deductiva** debido a que se pretende realizar un control de la manipulación intencional de las variables independientes “causas”, para analizar las consecuencias de tal manipulación sobre las variables dependientes “efectos”.

Las características principales de esta investigación son:

- Presenta dos aspectos fundamentales de estudio: uno experimental (variables independientes) y otro de control (variables dependientes).
- Se tiene una manipulación controlada sobre las variables independientes.

Se fabricarán los siguientes especímenes para su estudio:

- Un bloque de hormigón convencional “testigo”.
- Un bloque de hormigón con adición de fibra de bagazo.
- Un bloque de hormigón con adición de ceniza de bagazo.

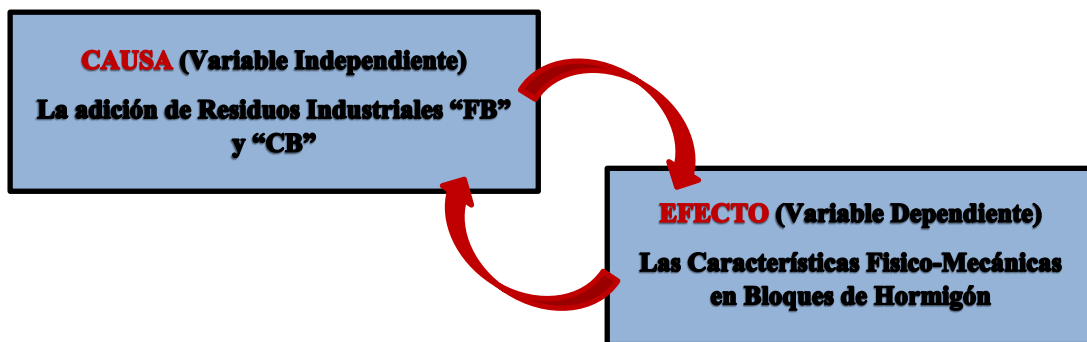
Los especímenes mencionados anteriormente serán sometidos a ensayos físico-mecánicos para obtener sus características y cualidades comparándolos entre sí.

1.8.2 Identificación de Variables

De acuerdo a nuestro tipo de estudio mencionado anteriormente, podemos identificar la principal característica de una investigación experimental, que debe constar de una causa o variable independiente (la adición de residuos industriales “FB” y “CB”) la cual es manipulada y un efecto o variable dependiente (Las Características Físico-Mecánicas de los especímenes) que es comparada y analizada.

Las variables objeto de este estudio son la adición de la FB en porcentajes de 10%, 20%, 30%, 40% y 50% en reemplazo parcial de la arena y la adición de CB en porcentajes de 5%, 10%, 15%, 20% y 25% en reemplazo parcial del cemento para determinar su incidencia en las características Físico-Mecánicas de los bloques de hormigón.

Cuadro 1.6 Identificación de Variables



Fuente: Elaboración Propia

1.8.3 Método de Observación

Se empleará el Método Deductivo ya que se pretende determinar la incidencia de la Fibra y Ceniza de Bagazo en la Fabricación de Bloques de Hormigón a partir de estudios similares con fibras naturales y cenizas volantes en la manufactura del hormigón.

1.8.4 Técnicas y procedimientos de recolección de información

Se prevé obtener la información necesaria para respaldar este proyecto a través de:

- Técnicas de observación y entrevista a personas que se encuentran ligadas a la fabricación de bloques
- Medios cibernéticos procurando depurar los datos de dudosa procedencia
- Vivencias propias al momento de la Elaboración de Bloques
- Ensayos de Laboratorio Normalizados

1.8.5 Tratamiento de la Información

Al compilar toda la información necesaria, es necesario recurrir al ordenamiento y tabulación de datos obtenidos por lo que se vio por conveniente:

- Elaboración de planillas estandarizadas.
- Uso de hojas de cálculo.
- Elaboración de gráficas.
- Discusión de resultados.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2 MARCO TEÓRICO

En el desarrollo de este proyecto de investigación se ha tomado en cuenta la información y el conocimiento secundario disponible, ya que es necesario tener un concepto claro de los componentes y etapas que se tratarán en el presente estudio, referidos a los Bloques de Hormigón.

2.1 Bloques de Hormigón

Los Bloques de Hormigón son elementos modulares, premoldeados, diseñados para ser utilizados en la albañilería confinada o armada. Para su fabricación se requiere de materiales usuales del hormigón, como ser: gravilla, arena, cemento y agua; siendo posible su elaboración a pie de obra, evitando así las actividades de transporte, lo cual indica un aspecto favorable para la ejecución de edificaciones, sobre todo para aquellas realizadas por autoconstrucción.

Los bloques de concreto se emplean en la construcción de muros para viviendas (exteriores e interiores), parapetos, muros de contención, sobrecimientos, entre otros.

La albañilería confinada con bloques de concreto, de manera similar que cuando se utiliza ladrillo cerámico, requiere de vigas y columnas de confinamiento. En el caso de la albañilería armada con bloques de concreto, se requiere acero de refuerzo vertical regularmente distribuido, a lo largo del muro, en los alvéolos de las unidades; además, el acero de refuerzo horizontal, cuando es necesario, se aloja en las juntas.

2.2 Materiales constituyentes de los Bloques

2.2.1 Cemento

Es una mezcla de materiales calcáreos y arcillosos u otros materiales que contienen sílice, alúmina u óxidos de hierro, procesados a altas temperaturas y mezclados con

yeso. Este material tiene la propiedad de fraguar y endurecer en presencia del agua, presentándose un proceso de reacción química que se conoce como hidratación.

El nombre de cemento Portland obedece a la similitud en el aspecto del cemento endurecido con una piedra que abunda en Portland, Inglaterra.

2.2.1.1 Composición química

Los óxidos principales (C,S,A,F) constituyen prácticamente más del 90% en peso del cemento y dan lugar a la formación de los componentes mineralógicos principales del clinker. A continuación, se presenta en el siguiente cuadro los constituyentes del cemento.

Cuadro 2.1 Constituyentes del Cemento

Nombre	Seudónimo	Abreviatura	Fórmula	Porcentaje
Óxido de Calcio	Cal	C	CaO	65
Dióxido de Silice	Silicato	S	SiO ₂	20
Óxido de Aluminio	Aluminato	A	Al ₂ O ₃	5
Óxido de Hierro	Hierro	F	Fe ₂ O ₃	5
Óxido de Magnesio	Magnesio	M	MgO	5

Fuente: Laboratorio de Calidad del Cemento SOBOCE-El Puente

De los cuatro óxidos principales, la cal es de carácter básico y los otros tres de carácter ácido.

La sílice y la cal son los componentes activos y la alúmina y el hierro actúan como fundentes.

De los componentes principales, los silicatos suman del 60 al 80 por ciento de la totalidad de ellos y son los responsables de las resistencias mecánicas del cemento. Seguidamente, podemos observar los componentes mineralógicos principales del clinker.

Cuadro 2.2 Componentes Mineralógicos del Clinker

Nombre	Composición	Abreviatura	Nombre Mineral
Silicato Tricálcico	3CaO , SiO_2	C3S	Alita
Silicato Bicálcico	2CaO , SiO_2	C2S	Belita
Aluminato Tricálcico	3CaO , Al_2O_3	C3A	-
Ferrito Aluminato	4CaO , Al_2O_3 , Fe_2O_3	C4AF	Celita

Fuente: Laboratorio de Calidad del Cemento SOBOCE-El Puente

El silicato tricálcico o alita se puede considerar como componente decisivo del clinker. Determina la rapidez de fraguado y las resistencias mecánicas. Su cantidad en el clinker está entre el 35 y 70 por ciento.

El silicato bicálcico o belita es metaestable, es decir, da lugar a pocas resistencias en los primeros días, pero luego las va desarrollando progresivamente hasta alcanzar al silicato tricálcico.

El aluminato tricálcico por sí solo contribuye poco a las resistencias, pero en presencia de los silicatos desarrolla unas resistencias iniciales buenas, aunque no está clara su forma de participar en la resistencia y endurecimiento del cemento, creyéndose que actúa como catalizador de la reacción de los silicatos.

El ferrito aluminato tetracálcico o celita apenas si tiene contribución en la resistencia de los cementos. Su hidratación es rápida aunque menor que el aluminato.

El hierro que forma la celita tiene una gran importancia como fundente en el horno y es el responsable del color gris verdoso de los cementos Pórtland.

En el presente trabajo, se utilizará el cemento portland IP-30 que es el más empleado en nuestro medio, que lleva por nombre cemento EL PUENTE.

Figura 2.1 Cemento Portland



Fuente: Elaboración Propia

2.2.2 Agregado Fino (Arena)

La arena o agregado fino actúa como llenante en la mezcla dando economía, como función básica; adicionalmente, aporta trabajabilidad, reduce la retracción y contribuye en la adquisición de resistencia.

2.2.2.1 Arena natural

Son arenas naturales cuya fuente son depósitos sedimentarios, ríos, playa, etc., presentando una textura lisa y de forma redondeada, ofreciendo mayor manejabilidad al mortero. Su resistencia en el mortero es alta.

2.2.2.2 Arena fabricada

Son arenas fabricadas obtenidas por medio de voladura, o por trituración de piedra, grava o por enfriamiento al aire de la escoria, presentando una textura rugosa y de forma angulosa. Por su proceso de obtención, resultan de finura deseada, pero su resistencia es menor que las arenas naturales

El agregado fino consistirá en arena natural proveniente de arena producida artificialmente.

La forma de las partículas deberá ser generalmente cúbica o esférica y razonablemente libre de partículas delgadas, planas o alargadas.

2.2.3 Agregado Grueso (Gravilla)

La gravilla es un árido intermedio resultado del tratamiento de trituración, dosificación por tamaños y/o lavado en operaciones mecanizadas. En el caso de las gravillas naturalmente redondeadas por el movimiento en los ríos, se denominan “rodados”. También se obtiene la gravilla por la fragmentación artificial, las rocas son chancadas o trituradas en lugares llamados plantas de áridos. Estas rocas son normalmente de caliza, granito, basalto, dolomita y cuarzo, entre otras.

La calidad de la gravilla es de suma importancia para lograr excelentes estructuras de concreto con durabilidad y resistencia.

2.2.4 Agua.

El agua es un componente fundamental ya que es quien se encarga de producir reacciones químicas con el cemento, dándole a este la propiedad de fraguar y endurecer para formar un sólido único.

Es importante tener en cuenta que para cada cuantía de cemento, existe una cantidad suficiente para producir la hidratación; el resto, aplicado a la mezcla, solo se encarga de aumentar la fluidez y dar la manejabilidad adecuada a la mezcla fresca.

El agua en el cemento no solo se determina por los requisitos de resistencia sino también por factores como la retracción, adherencia, durabilidad y propiedades para el acabado.

2.2.4.1 Agua de amasado

Se encarga de lubricar los elementos presentes en la mezcla causando fluidez y plasticidad a la masa.

La pasta de cemento, es una mezcla plástica de cemento y agua que va adquiriendo nueva estructura conforme se produce la hidratación del cemento.

2.2.4.2 Agua de hidratación

Esta agua es la encargada de la formación del llamado gel de cemento y la distribución del agua dentro de la pasta. Es aquella parte del agua original de mezclado que reacciona químicamente con el cemento para pasar a formar parte de la fase sólida del gel. Es también conocida como agua no evaporable.

2.2.4.3 Agua evaporable

Es el agua que se pierde o evapora, producto de la reacción de calor exotérmica generada por la reacción química de las partículas de cemento. Esta agua se encuentra fuera de la influencia de las fuerzas de superficie causadas por el gel de tal modo que tiene completa movilidad y puede evaporarse con facilidad.

2.2.4.4 Agua de curado

El agua de curado constituye el suministro adicional de agua para hidratar eficientemente el cemento, controlando la temperatura y los cambios de humedad del material.

2.3 Propiedades de los Materiales Constituyentes de los Bloques

2.3.1 Características del Cemento Portland

Las propiedades más importantes del cemento son:

2.3.1.1 Peso específico

El peso específico de los cementos portland suelen variar muy poco de unos cementos a otros, oscilando entre 3 y 3.15gr/cm³; esta limitación está establecida

también por algunas normas (igual o mayor a 3gr/cm^3) esta limitación, por lo general, se cumple.

2.3.1.2 Finura de molido

Es una característica íntimamente ligada al valor hidráulico del cemento, ya que incluye decisivamente en la velocidad de las reacciones químicas que tienen lugar durante el fraguado y endurecimiento. Al entrar en contacto con el agua, los granos de cemento se hidratan solo en una profundidad de 0.01mm por lo que, si estos granos fuesen muy grandes, su rendimiento sería muy pequeño al quedar en su interior un núcleo prácticamente inerte. Si el cemento posee una finura excesiva, su retracción y calor de fraguado son muy grandes (lo que resulta perjudicial); el conglomerante resulta ser más susceptible al envejecimiento tras un almacenamiento prolongado, y disminuye su resistencia a las aguas agresivas. Si las resistencias mecánicas aumentan con la finura, entonces se llega a lo siguiente: el cemento Portland debe estar finamente molido, pero no en exceso.

2.3.2 Características de los Agregados Pétreos

2.3.2.1 Granulometría del Agregado Fino

En general, el agregado fino o arena deberá cumplir con los requisitos instaurados en la norma ASTM C-33, es decir, no deberá contener cantidades dañinas de arcilla, limo, álcalis, mica, materiales orgánicos y otras sustancias perjudiciales.

Cuadro 2.3 Requisitos de la Norma ASTM para Agregado Fino

Sustancia	Norma	Límite Máximo (%)
Material Pasa Tamiz N° 200	(ASTM C 117)	3
Materiales Ligeros	(ASTM C 123)	1
Grumos de Arcilla	(ASTM C 142)	1
Alcalis, Mica, Limo	-	2
Pérdida por Meteorización	(ASTM C 88)	10

Fuente: Norma ASTM

El agregado fino deberá estar bien gradado entre los límites fino y grueso y deberá llegar tener la granulometría siguiente:

Cuadro 2.4 Granulometría de la Norma ASTM C-33 Para el Agregado Fino

Tamiz U.S. Standard	Dimensiones de la malla (mm)	Porcentaje en peso que pasa
3/8"	9,52	100
Nº4	4,75	95-100
Nº8	2,36	80-100
Nº16	1,18	50-85
Nº30	0,6	25-60
Nº50	0,3	10-30
Nº100	0,15	2-10

Fuente: Norma ASTM

2.3.2.2 Granulometría del Agregado Grueso

La gravilla es seleccionada y luego es analizada en laboratorios para determinar sus propiedades y asegurarse de que tenga una buena calidad. En general, el agregado grueso deberá estar de acuerdo con la norma ASTM C 33 (El uso de la norma está sujeto de acuerdo al país en el cual se aplique la misma ya que las especificaciones de cada una de estas varían de acuerdo con la región o país).

Cuadro 2.5 Requisitos de la Norma ASTM para Agregado Grueso

Sustancia	Norma	Límite Máximo (%)
Material Pasa Tamiz Nº 200	(ASTM C 117)	0,5
Materiales Ligeros	(ASTM C 123)	1
Grumos de Arcilla	(ASTM C 142)	0,5
Alcalis, Mica, Limo	-	1
Pérdida por Intemperismo	(ASTM C 88)	12
Pérdida por Abrasión	(ASTM C 131) (ASTM C 535)	40

Fuente: Norma ASTM

El agregado grueso debe estar bien graduado entre los límites fino y grueso y deben estar separados en tamaños normales cuyas granulometrías se indican a continuación:

Cuadro 2.6 Granulometría de la Norma ASTM para Agregado Grueso (Gravilla)

Tamiz U.S. Standard	Dimensiones de la malla (mm)	Porcentaje en peso que pasa
1/2	12,7	100
3/8	9,525	85-100
Nº4	4,75	10-30
Nº8	2,36	0-10
Nº16	1,18	0-5

Fuente: Norma ASTM

2.3.2.3 Peso Unitario (PU)

Si el peso de una muestra de agregado, compuesto de varias partículas , se divide por el volumen que ocupan esas partículas agrupadas dentro de un recipiente unitario, se obtiene lo que se denomina como peso unitario del agregado o peso volumétrico.

El peso unitario es una propiedad física importante porque indica el grado de acomodamiento de las partículas y entre diminuto sea, menor será el volumen de vacíos entre partículas que hace que la mezcla sea más económica, porque habrá pequeña cantidad de huecos a ser llenados con pasta de cemento. Así mismo, mientras mayor sea el peso unitario habrá gran cantidad de granos, la cual depende de la granulometría, forma, textura y tamaño de los mismos.

Existen dos tipos de pesos unitarios que dependen del grado de compactación del agregado y se definen de la siguiente forma: Peso Unitario Suelto y Peso Unitario Compactado.

2.3.2.3.1 Peso Unitario suelto (PUS)

Se denomina PUS cuando para determinar se coloca el material seco suavemente en el recipiente hasta el punto de derrame y a continuación de nivela al ras con un enrasador. El concepto de PUS es significativo cuando se trata de manejo, transporte y almacenamiento de los agregados debido a que estos se hacen en estado suelto.

El procedimiento de palear el agregado para llenar el recipiente y aprovechar la compactación que alcance con la caída libre desde la pala, es aprovechado para especificar el peso unitario suelto de agregados que tengan un tamaño máximo de 100 mm (4 pulgadas) o menos. La operación consiste en llenar el recipiente hasta que rebose, manejando una pala o cucharón, descargándose el agregado desde una altura que no exceda de 50 mm (2 pulgadas) sobre el borde del recipiente. Téngase el cuidado de prevenir hasta donde sea posible la segregación de las partículas de distintos tamaños que componen la muestra.

2.3.2.3.2 Peso Unitario compactado (PUC)

Se denomina PUC cuando los granos han sido sometidos a compactación incrementando así el grado de acomodamiento de las partículas de agregado y, por lo tanto, el valor de la masa unitaria. El PUC es importante desde el punto de vista del diseño de mezclas ya que con el mismo se dispone el volumen absoluto de los agregados por cuanto estas van a estar sometidas a una compactación durante el proceso de colocación del concreto.

Compactación por varillado en el llenado del recipiente. El procedimiento de varillado es aplicable a agregados que tienen un tamaño máximo de 40 mm (1½ pulgadas) o menos.

Procedimiento. Llene el recipiente hasta una tercera parte del total y nivele la superficie con los dedos. Varille la capa de agregado con 25 golpes igualmente distribuidos sobre la superficie. Siga llenando el recipiente hasta dos terceras partes

del total y otra vez nivele y varille como en la capa inicial. Finalmente, llene el recipiente hasta el rebosamiento y varille como en las anteriores capas. Nivele la superficie del agregado con los dedos o con un enrasador, procurando compensar las pequeñas salientes de las piezas del agregado con las depresiones debajo de la línea de enrase.

En el varillado de la primera capa, no permita que la barra golpee fuertemente el fondo del recipiente. En el varillado de la segunda y tercera capas use solamente la fuerza suficiente para que la varilla llegue hasta la capa anterior.

2.3.2.4 Módulo de finura

El módulo de finura es el índice aproximado que nos describe en forma rápida y breve la proporción de finos o de gruesos que se tiene en las partículas que lo constituyen.

El módulo de finura para el agregado grueso se calcula sumando los porcentajes acumulados de los tamices estandarizados 1 1/2", 3/4", 3/8", N°4, N° 8, N°16 + 300 y dividiendo el total entre 100

Es un indicador de la finura de un agregado: Cuanto mayor sea el módulo de finura, más grueso es el agregado. El rango del módulo de finura del agregado grueso es de 5.5 a 8.5

El módulo de finura de la arena se calcula sumando los porcentajes acumulados en las mallas siguientes: Número 4, 8, 16, 30, 50 y 100 inclusive y dividiendo el total entre 100.

Es un indicador de la finura de un agregado: Cuanto superior sea el módulo de finura, más grueso es el agregado. Es útil para estimar las proporciones de los agregados finos y gruesos en las mezclas de concreto. El rango del módulo de finura de la arena es de 2.3 a 3.1.

Si el módulo de finura de una arena es de 2.3 se trata de una arena fina y si el módulo se encuentra entre 2.3 a 3.1 se trata de una arena mediana. Si el módulo es mayor de 3.1 se trata de una arena gruesa.

2.3.2.5 Tamaño máximo (TM)

Se define como la abertura del menor tamiz por el cual pasa el 100% de la muestra.

2.3.2.6 Tamaño Máximo Nominal (TMN)

El tamaño máximo nominal es otro parámetro que se deriva del análisis granulométrico y está definido como el siguiente tamiz que le sigue en abertura (mayor) a aquel cuyo porcentaje retenido acumulado es del 15% o más. La mayoría de los especificadores granulométricos se dan en función del tamaño máximo nominal y comúnmente se estipula de tal manera que el agregado cumpla con los siguientes requisitos.

2.3.2.7 Peso específico

Se define en la dosificación de hormigón, como la relación del peso de la muestra de un material en el aire, al peso del agua desplazado por el mismo incluyendo sus poros permeables. Según sea que el peso en el aire se considera seco (en horno a peso constante) o en condición de saturado y superficie seca, el peso específico se refiere a una de esas condiciones.

El peso específico de los agregados, que expresa también como densidad al sistema Internacional de Unidades, adquiere importancia en la construcción, cuando se requiere que el concreto tenga un peso límite, sea máximo o mínimo. Además, el peso específico es un indicador de calidad, en cuanto que los valores elevados corresponden a materiales de buen comportamiento, mientras que el peso específico bajo generalmente corresponde a agregados absorbentes y débiles, caso en el que es aconsejable practicar pruebas adicionales.

2.3.2.8 Porcentaje de absorción

Es la cantidad de agua que un agregado necesita para pasar de la condición seca a de saturado superficialmente, se expresa generalmente en porcentaje:

$$\% \text{Absorción} = \frac{\text{Peso}_{\text{sss}} - \text{Peso}_{\text{seca}}}{\text{Peso}_{\text{seca}}} * 100$$

La absorción de los agregados se obtiene esencialmente después de haber sometido al material a una saturación durante 24 horas; cuando ésta termina, se procede a secar superficialmente el material y, por diferencias de masa, se logra adquirir el porcentaje de absorción con relación a la masa seca del material.

La cantidad de agua absorbida estima la porosidad de las partículas de agregado. Conocer la cantidad de agua que puede ser alojada por el agregado siempre resulta de mucha utilidad; en ocasiones, se emplea como un valor que se especifica para aprobar o rechazar el agregado en una cierta aplicación. Por ejemplo, cuando el agregado puede influir en el comportamiento del concreto para soportar heladas, se especifica un agregado con baja absorción (no mayor al 5 %), por el peligro de deterioro en el material debido al congelamiento del agua absorbida en el agregado. La fórmula de cálculo para la absorción de gravas es igualmente aplicable para las arenas.

2.3.2.9 Humedad superficial

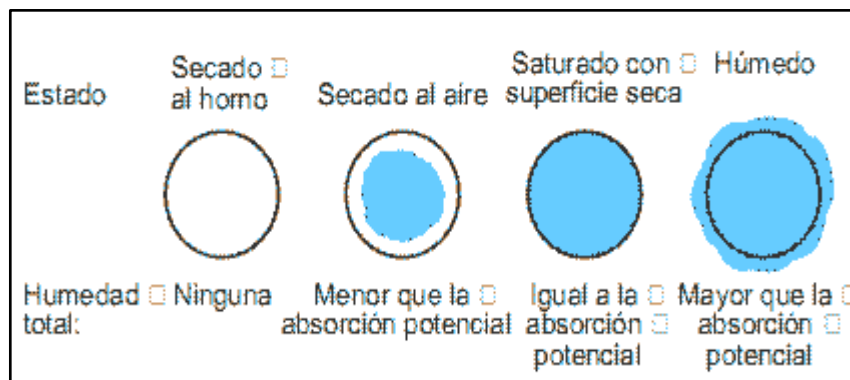
Es la cantidad de agua superficial retenida por la partícula; su influencia está en la mayor o menor cantidad de agua necesaria en la mezcla.

Las condiciones de humedad de los agregados se presentan en la Figura 2.2 y se las puede definir como:

$$\% \text{humedad} = \frac{\text{Peso}_{\text{humedo}} - \text{Peso}_{\text{seco}}}{\text{Peso}_{\text{seco}}} * 100$$

1. Secado al horno – Totalmente absorbente
2. Secado al aire – La superficie de las partículas está seca, pero su interior contiene humedad y, por lo tanto, aún es ligeramente absorbente
3. Saturado con superficie seca (SSS) – No absorben ni ceden agua al concreto
4. Húmedos – Contiene un exceso de humedad sobre la superficie (agua libre)

Figura 2.2 Condiciones de humedad en los Agregados



Fuente; Elaboración Propia

La cantidad de agua que se adiciona en la planta de concreto se debe ajustar para las condiciones de humedad de los agregados a fin de que se atienda a la demanda de agua del diseño de la mezcla de manera precisa. Si el contenido de agua del concreto no se mantiene constante; la relación agua-cemento variará de una amasada a la otra, resultando en la variación de otras propiedades, tales como la resistencia a compresión y la trabajabilidad.

Los agregados grueso y fino generalmente tienen niveles de absorción (contenido de humedad a SSS) que varían del 0.2% al 4% y del 0.2% al 2%, respectivamente. Los contenidos de agua libre principalmente varían del 0.5% al 2% para el agregado

grueso y del 2% al 6% para el agregado fino. El contenido máximo de humedad del agregado grueso drenado es normalmente menor que aquél del agregado fino. La mayoría de los agregados finos puede mantener un encerrado máximo de humedad drenada de cerca del 3% al 8%, mientras que el agregado grueso puede mantener del 1% al 6%.

Cabe mencionar que los áridos que se utilizarán para el presente trabajo de investigación provienen del río Guadalquivir – Chancadora “San Mateo”

2.4 Materiales sujetos a investigación

Merece tratarse también las características especiales que poseen las fibras y las cenizas volantes como componentes individuales, ya que estas serán usadas para nuestro estudio y, además, hacer énfasis en su comportamiento con la mezcla de hormigón:

2.4.1 Fibra de Bagazo

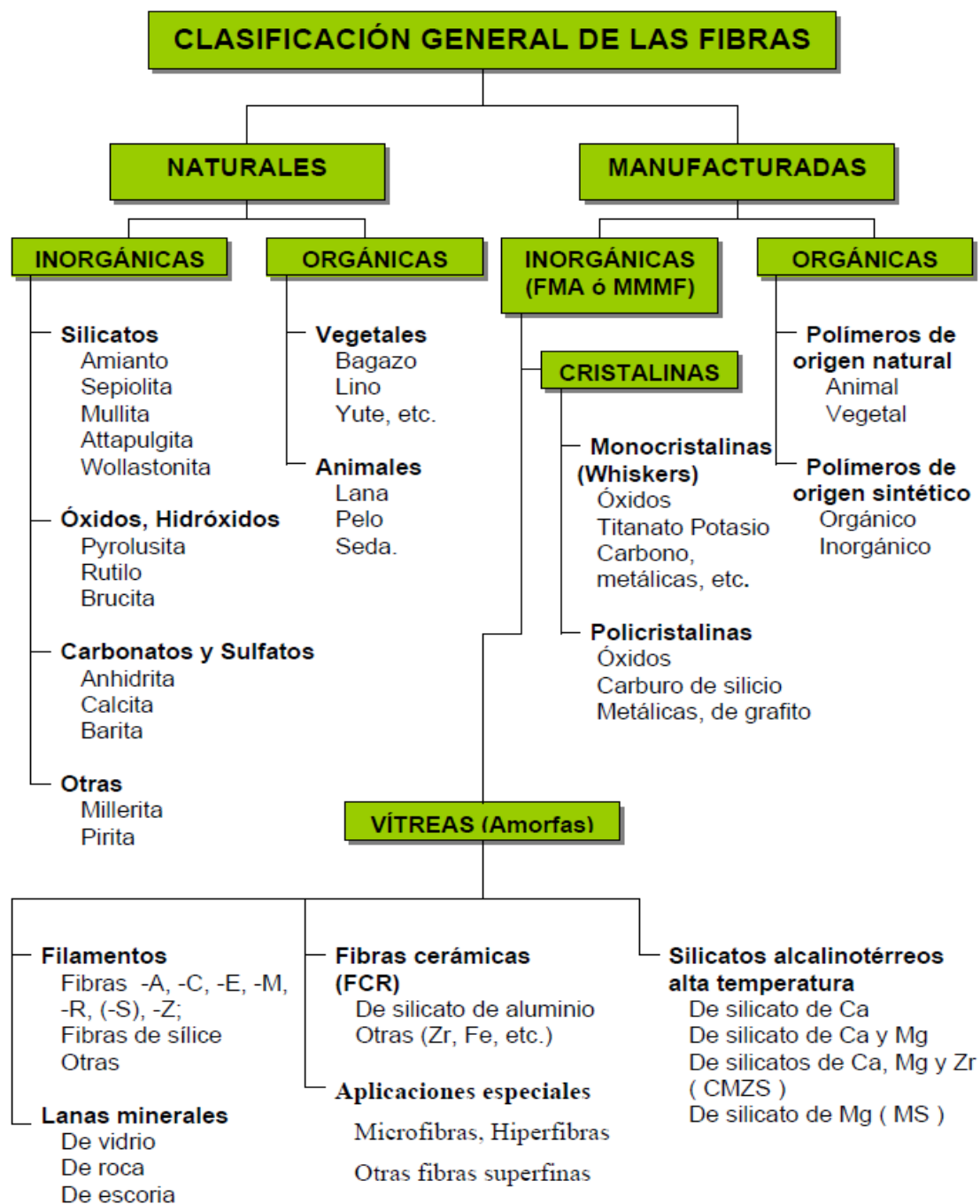
Es un subproducto o residuo de la molienda de Caña de Azúcar; es una fibra leñosa que contiene la caña y que sale de los molinos unida al jugo residual y la humedad que queda del agua de imbibición. En el bagazo más o menos la mitad es fibra y la otra mitad se compone de agua y sólidos solubles. Las proporciones de estos componentes del bagazo varían según los procedimientos utilizados en la molienda y según la calidad y variedad de la caña molida.

Otra definición nos dice que el bagazo es un material fibroso, heterogéneo en cuanto a su distribución granulométrica y estructural. Presenta relativamente baja densidad y un alto contenido de humedad. Se define como fibra en valoraciones ambientales a toda partícula con una relación longitud/grosor de al menos 5:1.

Dentro de la clasificación de las fibras, el bagazo se encuentra entre las fibras naturales, orgánicas y vegetales, constituidas principalmente por celulosa al igual que

el lino y el yute, entre otras. A continuación se puede observar un esquema, el cual hace referencia lo anteriormente descrito.

Cuadro 2.7 Clasificación de las Fibras



Fuente: Universidad Industrial de Santander

2.4.1.1 Composición Física

Desde el punto de vista físico, el Bagazo está constituido por cuatro fracciones cuyos promedios son:

Cuadro 2.8 Composición Física del Bagazo de Caña de Azúcar

Componente	Porcentaje
Fibra de Bagazo	44-46
Sólidos Insolubles	2-3
Sólidos Solubles	2-3
Humedad	50-52

Fuente: Laboratorio de IABSA

- a) Sólidos Insolubles.- Son de naturaleza inorgánica y están compuestos de manera fundamental por piedra, tierras y otras materias extrañas
- b) Sólidos Solubles.- Forman la fracción que se disuelve en agua, compuesta principalmente por sacarosa.
- c) Humedad.- Está dada por el agua presente en el Bagazo es retenida en este a través de mecanismos de absorción y capilaridad.

2.4.1.2 Composición Química

El Bagazo está compuesto de celulosa, hemicelulosa y lignina como principales polímeros naturales. Presentan, además, pequeñas cantidades de otros compuestos clasificados de conjunto como componentes extraños.

Estudios realizados han permitido concluir que la composición química no se ve afectada de manera significativa por la variedad de caña. De igual forma, sucede al comparar los aspectos morfológicos del Bagazo.

Cuadro 2.9 Composición Química del Bagazo de Caña de Azúcar

Componente	Porcentaje
Celulosa	52 – 58.4
Hemicelulosa	28.5 – 30
Lignina	18.1 – 21.3
Solubles en Solventes Orgánicos	2-3
Ceniza	2-3
Compuestos Solubles en Agua	4-6

Fuente: Laboratorio de IABSA

2.4.1.3 Estructura

El bagazo consta de dos partes fundamentales:

- a) La fibra: Fibras relativamente largas, derivadas principalmente de la corteza y otros haces de fibra del interior del tallo.
- b) El meollo: Se deriva del parénquima, parte de la planta donde se almacena el jugo que contiene el azúcar.

La longitud media de las fibras del bagazo más resistentes son de 1 a 3 centímetros y su ancho varía entre 2 y 0.01 milímetros.

2.4.1.4 Extracción de la fibra

Las fibras se encuentran fuertemente ligadas a los otros componentes de la planta y el proceso de separarlas debe hacerse con sumo cuidado, ya que se busca el menor daño posible. Se han desarrollado procesos mecánicos, biológicos y químicos de separación de fibras, por lo que se deben estudiar a fondo las propiedades del material para decidir la estrategia más adecuada en cada caso.

Los procesos mecánicos consisten en extraer las fibras manualmente o con ayuda de rocas y herramientas punzocortantes; usualmente, se aplican en materiales blandos

como el banano o en fibras separadas como las cortezas de coco, pero también se pueden utilizar rodillos, mallas o molinos que permitan la extracción de fibras de plantas como la caña de azúcar, el yute o el cáñamo. Estos procesos suelen ser poco eficientes ya que dañan levemente las fibras y no separan bien los componentes desechables.

En los procesos biológicos se utiliza la producción de enzimas de diferentes organismos (como bacterias) para descomponer la lignina adherida a las fibras. El proceso suele durar de 2 a 3 semanas, aunque es posible obtener fibras en menor tiempo si se mantiene la materia prima en un ambiente cálido y húmedo. Debido a que requiere grandes cantidades de agua, se considera un proceso ineficiente en comparación con los demás métodos. Además, el agua contiene microorganismos que pueden afectar el procedimiento de separación de fibras, produciendo problemas como más demora, rompimiento de las fibras y afectación de propiedades, entre otros.

El principio de los procesos químicos es separar los tres componentes principales de la materia prima vegetal, es decir, la celulosa, la hemicelulosa y la lignina. En la práctica, son efectivos para eliminar la mayor parte de la lignina, pero también degradan cierta cantidad de celulosa, de manera que las fibras resultantes del proceso de despulpeo no corresponden al total del material fibroso original en la planta (se obtiene entre el 40% y 50% del material fibroso, aproximadamente). Este procedimiento es muy complejo, en términos químicos, puesto que la lignina es insoluble en todos los solventes y, por lo tanto, no se puede disolver directamente sino que se deben romper los enlaces covalentes que la unen con la hemicelulosa. El rompimiento de los enlaces se hace gracias a una solución química conocida como “licor blanco” y el líquido resultante de la digestión química se llama “licor negro”, el cual es considerado un residuo peligroso por su alto contenido de reactivos, lignina, hemicelulosa, celulosa y resinas. Sin embargo, se puede tratar por medio de un proceso de combustión en un horno de recuperación.

Para la extracción de la fibra de bagazo, en esta investigación se optará por los procesos mecánicos que consisten en extraer las fibras manualmente o con ayuda de rodillos y tamices ya que este método es el más factible de realizarlo comparado a los otros (biológico, químico) y, además, se cuenta con el equipo necesario en el laboratorio de suelos y hormigones de la U.A.J.M.S.

2.4.1.5 Tratamiento de la fibra

Todas las investigaciones que trabajan con fibras de origen vegetal, han señalado la necesidad de un tratamiento a las mismas para mejorar sus propiedades, sobre todo a nivel de resistencia a la durabilidad, pues, al ser de origen orgánico se tiende a descomponer por ataque químico y biológico. Además, el tratamiento está destinado a servir como escudo protector para la estructura de la fibra; este proceso mejora las propiedades de adherencia con el material cementante.

Este tema es muy debatido por los investigadores de la materia, lo que los llevó a la utilización de diferentes aditivos químicos para el tratado superficial como ser:

- ✓ Asfalto aluminizado por Hesch (1970)
- ✓ Silicato de sodio por C. Ramirez Sarmiento (1996)
- ✓ Sulfato de aluminio por J. Freire (1996)
- ✓ Hidróxido de calcio o cal hidratada o cal apagada por Universidad Industrial de Santander

Como la fibra va a estar en contacto con el cemento, la mineralización buscada deberá satisfacer los siguientes requerimientos:

- ✓ Servir de protección contra el medio alcalino proporcionado por el cemento.
- ✓ Inmovilizar su parte orgánica y disminuir su capacidad de absorción de agua, de modo que evite la posibilidad de presentar cambios en su dimensión.
- ✓ Reducir al mínimo la incompatibilidad química con el cemento.

- ✓ Proporcionar mejores cualidades al compuesto, tales como durabilidad, resistencia al fuego y al ataque de microorganismos.

El tratamiento de las fibras de bagazo para esta investigación se inicia desde su recolección por lo que es necesario recalcar con claridad el proceso a seguir:

- a) Una vez obtenida la fibra de bagazo, se procederá a lavar la fibra con agua hervida caliente por el lapso de 30 minutos, seguido de un lavado con agua a temperatura ambiente y posterior secado al aire libre durante 24 hrs.
- b) Posteriormente, se procede con el tratamiento superficial de las fibras que se realizará con Hidróxido de calcio que consiste en preparar la solución con 3 días de anticipación; esta solución tiene una concentración de 7 a 10% con respecto al peso del agua. Luego de este tiempo se vierte las fibras de bagazo las cuales se agitan junto con el hidróxido de calcio cada 8 horas durante 3 días; posteriormente, se realiza el lavado correspondiente con agua a temperatura ambiente y finalmente las fibras pasan al horno para el secado durante 24 hrs. a una temperatura de 60°C.

2.4.1.6 Ensayos a los que se someterán las fibras

2.4.1.6.1 Granulometría

Se procederá a tamizar la fibra y se trabajará únicamente con el material que pasa la malla N°8 y se retiene en la malla N°50 debido a que entre estos dos tamices se cumple con la longitud media útil del bagazo que se encuentra entre 1 a 3 centímetros; este valor es muy importante para que las fibras trabajen de manera correcta.

2.4.1.6.2 Peso específico

Es necesario emplear un recipiente seco y limpio cuyo volumen es conocido (recipiente para determinar el peso unitario de la arena). La técnica consiste en

adicionar el material hasta llenar el recipiente al ras, luego se pesa el recipiente con todo el contenido y por diferencia se obtiene el peso específico.

2.4.1.6.3 Porcentaje de Absorción

Se determina pesando el material seco (llevándolo al horno a 110°C), luego se introduce al agua durante 24 horas y se obtiene el peso saturado tomando en cuenta, como recomendación, que para pesar el material húmedo este debe ser secado superficialmente quitándole así el exceso de agua.

2.4.1.7 Utilización.

El bagazo es una materia prima óptima y anualmente renovable para la producción de tableros aglomerados, papel, cartón, derivados de celulosa, productos químicos como el furfural o el xylitol.

En Cuba su uso fundamental es como combustible. También se utiliza para la fabricación de muebles y como aislante del sonido. En nuestro país se utiliza este residuo como forraje, abono, papel y para combustible.

Este proyecto revelará si dicho producto puede utilizarse en la industria de los Bloques de Hormigón como adición favorable en la mezcla de hormigón

2.4.2 Ceniza de Bagazo

Las cenizas son los residuos de la combustión de carbón pulverizado en centrales térmicas. Los productos de esta combustión se subdividen en cenizas volantes y de hogar. Los primeros, son residuos volátiles obtenidos a lo largo del trayecto de los gases de la combustión del carbón que son evacuados por la chimenea de la caldera. Las propiedades de estas cenizas varían ampliamente según el tipo de carbón, el residuo de cenizas, el grado de pulverización y el tipo de colectores empleados. Aun cuando estas cenizas se obtengan de una misma fuente de producción, sus propiedades físicas y químicas presentan cierto rango de variación. Las cenizas de

hogar, por su parte, se obtienen desde el fondo del hogar de la caldera y el tamaño de sus partículas es entonces mayor que el de las cenizas volantes.

En la composición química de la ceniza de bagazo de caña predomina el óxido de silicio con contenidos de alúmina y óxido de hierro, que pueden reaccionar con el hidróxido de calcio en la hidratación del cemento y producir materiales que mejoren las propiedades mecánicas y de durabilidad del concreto. La actividad puzolánica de las cenizas depende de algunos parámetros tales como el tamaño de las partículas, la temperatura de calcinación, naturaleza cristalina y la composición química.

Estudios recientes han demostrado que los desechos de la industria azucarera principalmente ceniza de bagazo de caña de azúcar, tienen actividad puzolánica derivada de su alto contenido de sílice amorfa en este material.

2.4.2.1 Composición Química

Los componentes químicos de la ceniza de Bagazo de Caña de Azúcar empleados para esta investigación demuestran los siguientes resultados. (Ver más detalle en Anexo A.2)

Cuadro 2.10 Composición Química de la Ceniza de Bagazo de Caña de Azúcar

Símbolo	Ceniza de Bagazo (%)
SiO ₂	83,71
Al ₂ O ₃	2,88
Fe ₂ O ₃	0,42
CaO	2,94
MgO	0,87
SO ₃	0,36
PPF	3,60
R ₂ O ₃	3,30
Cal libre	0,22
Residuo Insoluble	67,42

Fuente: Laboratorio Químico SOBOCE- El Puente

2.4.2.2 Proceso de Calcinación

La cantidad y forma de la sílice dentro de la ceniza depende de la temperatura y el periodo de calcinación del bagazo. Las modificaciones por las que atraviesa el bagazo en su proceso de quema se indican a continuación:

Figura 2.3 Proceso de Calcinación del Bagazo para la obtención de la Ceniza

	A 100°C se presenta una pérdida inicial de masa, resultante de la evaporación de agua absorbida.
	A 350°C Inicia una ignición del material más volátil, aquí es donde inicia la quema del bagazo.
	Entre 400° a 500°C el carbón residual y los óxidos se forman, se observa una pérdida más importante de masa, después de esta etapa la ceniza se convierte en amorfa, rica en sílice.
	El uso de temperaturas por arriba de los 700°C puede llevar a la formación de cuarzos, y niveles aún más elevados de temperatura, pueden crear otras formas cristalinas.
	Encima de los 800°C, el sílice presente en la ceniza del bagazo de caña de azúcar es esencialmente cristalino.

Fuente: Universidad de Veracruz

Los puntos de fusión de las cenizas de los combustibles pueden clasificarse de la manera siguiente:

Cuadro 2.11 Punto de Fusión de la Ceniza de Bagazo de Caña de Azúcar

Temperatura (°C)	Punto de Fusión
1050 - 1200	Bajo
1200 - 1400	Medio
1400 - 1700	Infusible

Fuente: Universidad de Veracruz

2.4.2.3 Preparación de la ceniza

Es necesario pulverizar las partículas de ceniza con rodillos de acero o por medio de molinos a bolas, para obtener granos más finos ya que en la producción de Bloques se utilizará el material que pasa la malla N° 200 y así poder homogeneizar mucho mejor el Cemento con la Ceniza. Es imprescindible la pulverización para obtener mejores resultados.

2.4.2.4 Ensayos a los que se someterá la Ceniza

2.4.2.4.1 Peso específico

Esta propiedad será determinada con el frasco volumétrico de Le Chatelier; la técnica consiste en sumergir 50 gr de ceniza en gasolina la cual estará contenida en el frasco mencionado, luego tomar la lectura del volumen desplazado por la masa conocida y así poder determinar el peso específico del material.

2.4.2.4.2 Módulo de finura

Se procederá a determinar el módulo de finura de la ceniza a través del aparato de Blaine el cual nos ayuda a determinar la superficie específica o finura de Blaine.

Además, se realizará el ensayo de rechazo en la malla N°200 y N° 325 para determinar el porcentaje de material retenido en cada malla; esta técnica consiste en someter a una masa de ceniza contenida en las mallas 200 y 325 a una presión de agua constante de 10 psi sobre la malla durante 1 minuto y luego pesar el material retenido.

2.5 Dosificación de Bloques de Hormigón Método ACI-211.1

El objetivo de una dosificación es determinar proporciones de los materiales componentes de manera de obtener las condiciones esperadas del hormigón. Estas condiciones son particulares de cada obra y puede resumirse en la forma que se indica a continuación:

Cuadro 2.12 Consideraciones Básicas sobre Dosificación de Hormigones

Tipo de Condición	Características que deben considerarse		Parámetros Condicionantes
Diseño	Resistencia		Tipo de Cemento
			Relación A/C
Uso en Obra	Trabajabilidad	Fluidez	Dosis de Agua
		Consistencia	Granulometría Total
	Características del elemento		Tamaño Máximo
Durabilidad	Condiciones Ambientales		Tipo de Cemento
	Ataques Agresivos		Uso Aditivos

Fuente: Dosificación de Hormigones - Universidad Católica Chile

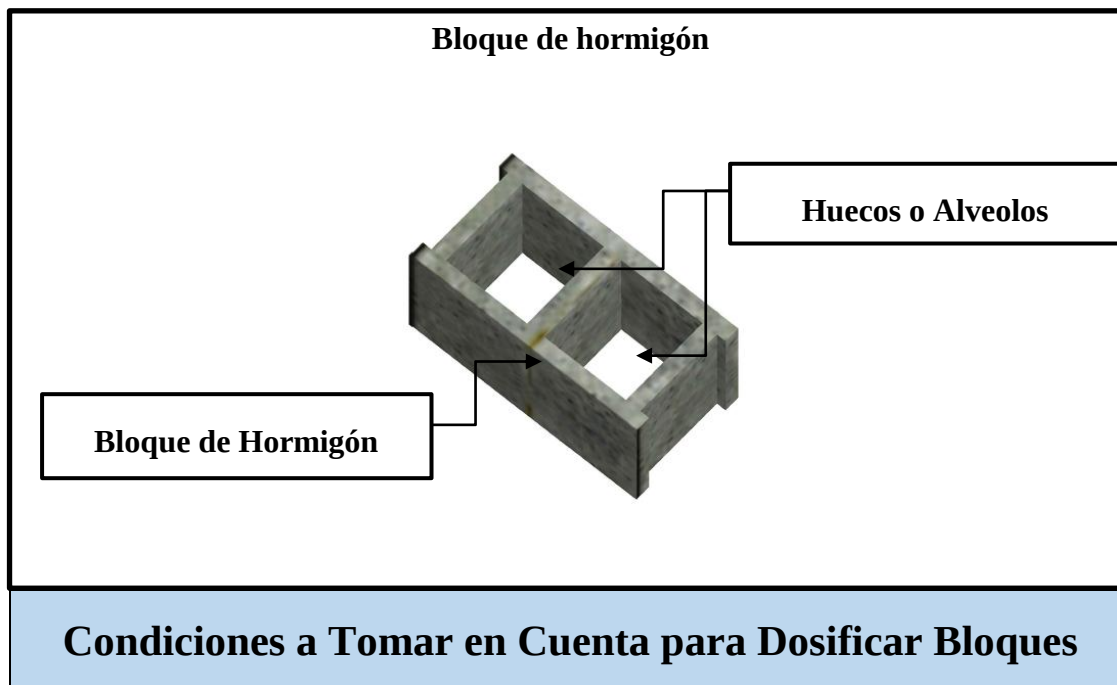
Para fabricar un hormigón se necesitan 5 individuos:

Un SABIO	para el	AGUA
Un AVARO	para el	CEMENTO
Un DADIVOSO	para los	ÁRIDOS
Un FANTASIOSO	para los	ADITIVOS

Y para resolverlo:

UN LOCO INGENIERO

Cuadro 2.13 Requerimiento Para la Dosificación de Bloques de Hormigón



Condiciones a Tomar en Cuenta para Dosificar Bloques

Características	Requerimiento	Unidad o Tipo
Tipo de estructura	Bloque de Hormigón	Elemento estructural
Forma	Bloque Hueco	Prismático
Función	Muros Portantes	Mampostería Estructural
Resistencia 28 días	6	Mpa
Grado de Compactación	Alto	Mecánico (Vibradora)
Consistencia	Seca	-
Asentamiento	≤ 3	cm

Fuente: Elaboración Propia

El método del American Concrete Institute (ACI) se basa en tablas empíricas mediante las cuales se especifican las condiciones de partida y la dosificación.

a) Determinación de la razón Agua/Cemento

En la siguiente Tabla se define la razón agua/cemento en función de la resistencia media y especificada para el hormigón.

Cuadro 2.14 Determinación de la Razón Agua/Cemento

Relación entre la razón Agua /cemento y la resistencia promedio a compresión del hormigón (ACI 211,1-Rev.85)			
Resistencia promedio a compresión a 28 días		Razón agua/cemento (en masa)	
Mpa	Kg/cm2	Sin aire incorporado	Con aire incorporado
45	450	0,38	-
42	420	0,41	-
40	400	0,43	-
35	350	0,48	0,4
30	300	0,55	0,46
28	280	0,57	0,48
25	250	0,62	0,53
21	210	0,68	0,59
20	200	0,7	0,61
15	150	0,8	0,71
14	140	0,82	0,74

Fuente: Norma ACI

b) Determinación de la fluidez

La fluidez que se desea otorgar al hormigón queda definida en este método en base al asentamiento de cono, el que se puede establecer usando como referencia el cuadro mostrado en la parte inferior. Este cuadro define un rango aceptable de asentamientos para diversos tipos de elementos estructurales. Debe señalarse que esta definición es relativamente imprecisa, pues, por una parte, el rango señalado es bastante amplio y, por otra, la gama de elementos estructurales considerados es restringida y delimitada en forma poco precisa.

Cuadro 2.15 Asentamiento de Cono para diferentes Tipos de Construcción

Asentamientos de cono recomendado para diferentes tipos de construcción (ACI 211,1-Rev.85)	
Tipo de construcción	Rango de asentamiento de cono (cm)
Fundaciones armadas y bases	2--8
Fundaciones y muros de sub-estructura simple	2--8
Vigas y muros armados	2--10
Columnas de edificios	2--10
Pavimentos y losas	2--8
Hormigon masivo	2--8

Fuente: Norma ACI

c) Determinación de la dosis de agua

Se emplea la Tabla de Requerimientos aproximados para la dosis de Agua y el contenido de Aire para diferentes tamaños nominales, la cual establece la cantidad de agua expresada en l/m³ de hormigón colocado y compactado, en función del asentamiento de cono definido y del tamaño máximo nominal especificado anteriormente.

Se debe distinguir el caso del empleo de aire incorporado, ya que éste permite una reducción de la dosis de agua por su efecto plastificador. Esta misma parte de la tabla puede emplearse en el caso de haber previsto el uso de un aditivo plastificador.

Cuadro 2.16 Determinación de la Dosis de Agua

Requerimientos aproximados para dosis de agua (kg/m³) y contenido de aire (%) para diferentes trabajabilidades y tamaños máximos nominales de áridos (ACI 211,1-Rev.85)								
Trabajabilidad (cm)	Tamaño maximo nominal del arido (mm)							
	10	12,5	20	25	40	50	70	150
Hormigón sin aire incorporado								
3--5	205	200	185	180	160	155	145	125
8--10	225	215	200	195	175	170	160	140
15--18	240	230	210	205	185	180	170	-
Cantidad de aire atrapado aproximado (%)	3	2,5	2	1,5	1	0,5	0,3	0,2
Hormigón con aire incorporado								
3--5	180	175	165	160	145	140	135	120
8--10	200	190	180	175	160	155	150	135
15--18	215	205	190	185	170	165	160	-
Cant. De aire total promedio recomendada (%)								
Exposición suave	4,5	4	3,5	3	2,5	2	1,5	1
Exposición moderada	6	5,5	5	4,5	4,5	4	3,5	3
Exposición extrema	7,5	7	6	6	5,5	5	4,5	4

Fuente: Norma ACI

d) Determinación de la dosis de cemento

La dosis de cemento se determina en base al coeficiente entre la dosis de agua determinada y la razón agua/cemento definida.

En el caso de haberse previsto el empleo de un incorporador de aire, la cantidad de aire incorporado debe sumarse a la dosis de agua para el efecto del cálculo de la dosis de cemento.

$$C \left[\text{kg/m}^3 \right] = \frac{(W + a)}{W/C}$$

e) Determinación de la dosis de grava

Se especifica a partir de la siguiente Tabla en función del módulo de finura de la arena y al tamaño máximo nominal.

Cuadro 2.17 Determinación de la Dosis de Grava

Volumen aparente de árido grueso seco por metro cúbico de hormigón (1/m³) (ACI 211,1-Rev.85)				
Tamaño máximo nominal del árido (mm)	Volumen aparente seco compactado de árido grueso para distintos Módulos de finura de la arena.			
	2,4	2,6	2,8	3
10	0,5	0,48	0,46	0,44
12,5	0,59	0,57	0,55	0,53
20	0,66	0,64	0,62	0,6
25	0,71	0,69	0,67	0,65
40	0,75	0,73	0,71	0,69
50	0,78	0,76	0,74	0,72
75	0,82	0,8	0,78	0,76
150	0,87	0,85	0,83	0,81

Fuente: Norma ACI

f) Determinación de la dosis de arena

Método Volumétrico:

Se dispone partiendo del hecho que la suma de los volúmenes absolutos de agua, cemento, aire incorporado (o atrapado), grava y arena debe ser igual a un metro cúbico. Ello permite definir el volumen absoluto de arena, el cual, multiplicado por la densidad real (peso específico) de la arena, conduce al valor de la dosis de arena, expresada en kilos por metro cúbico.

La masa de árido fino o arena, A_f , está dada por:

$$A_f \left[\frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right] = \gamma_f \left[1000 - \left(W + \frac{C}{\gamma} + \frac{A_g}{\gamma_G} + 10a \right) \right]$$

γ_f = densidad real o peso específico del árido fino (gr/cm^3).

γ_g = densidad real o peso específico del árido grueso (gr/cm^3).

γ = peso específico del cemento (gr/cm^3).

A_g = dosis de árido grueso o grava (kg/m^3).

a = dosis de aire (%)

C = dosis de cemento (kg/m^3)

W = dosis de agua (kg/m^3)

En el presente trabajo se eligió el método de la dosificación ACI 211.1 porque este método American Concrete Institute es más aplicado en el diseño de mezclas para edificaciones debido a que toma más en cuenta las propiedades de los agregados, con referencia al método de dosificación AASTHO que es más utilizado en el diseño de mezclas para la construcción de carreteras.

En el presente trabajo de investigación, con el propósito de obtener una información confiable sobre la variable investigada, es que se eligió realizar 12 Bloques Patrón, 12 Bloques para cada porcentaje de reemplazo de arena por Fibra de Bagazo y 12

Bloques para cada porcentaje de reemplazo de cemento por Ceniza de Bagazo; además, estos valores se determinaron en el Alcance del Estudio con el cálculo del Tamaño de la Muestra; en el cual se exponen dos maneras de obtener la cantidad de especímenes; por estadística y por lo indicado en la norma.

2.6 Proceso de Fabricación de Bloques

a) Dosificación

La dosificación o proporcionamiento de los materiales se hará por volumen, utilizando latas, parihuelas o cajones de madera.

b) Mezclado

Mezclado mecánico.- Para mezclar el material utilizando mezcladora (tipo trompo o de tolva) se debe iniciar mezclando previamente en seco el cemento y los agregados en el tambor, hasta obtener una mezcla de color uniforme; luego se agrega agua y se continúa la mezcla húmeda durante 3 a 6 minutos.

Si los agregados son muy absorbentes, incorporar a los agregados la mitad o los 2/3 partes de agua necesaria para la mezcla antes de añadir el cemento; finalmente, agregar el cemento y el resto del agua, continuando la operación de 2 a 3 minutos.

c) Moldeado

Obtenida la mezcla se procede a introducirla dentro del molde que posee la máquina Bloquera; el método de llenado se debe realizar en capas y con la ayuda de una varilla se puede acomodar la mezcla.

El vibrado de la máquina se mantiene hasta que aparezca una película de agua en la superficie; posteriormente, se retira el material excedente, se deja caer la plancha metálica destinada a comprimir los bloques y luego se eleva verticalmente el molde

con la ayuda de un dispositivo mecánico para desmoldar en sitio 3 piezas simultáneamente.

d) Fraguado

Una vez fabricados los bloques, éstos deben permanecer en un lugar que les garantice protección del sol y de los vientos, con la finalidad de que puedan fraguar sin secarse. El periodo de fraguado debe ser de 4 a 8 horas, pero se recomienda dejar los bloques de un día para otro.

Si los bloques se dejaran expuestos al sol o a vientos fuertes se ocasionaría una pérdida rápida del agua de la mezcla, o sea, un secado prematuro que reducirá la resistencia final de los bloques y provocará fisuración del concreto. Luego de ese tiempo, los bloques pueden ser retirados y ser colocados en rumas para su curado.

e) Curado

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

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

f) Secado y Almacenamiento

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

La zona de almacenamiento debe ser totalmente cubierta para que los bloques no se humedezcan con lluvia antes de los 28 días, que es su período de endurecimiento. Si no se dispone de una cubierta o techo, se debe proteger con plástico. Se debe tener cuidado en su manejo y transporte. Los bloques deben ser manipulados y colocados de una manera organizada, sin afectar su forma final.

g) Control de calidad y Clasificación de los Bloques

Para el Control de Calidad los Bloques serán sometidos a ensayos de Laboratorio explícitamente definidos por los requisitos Físico-Mecánicos, los cuales requieren de las siguientes pruebas de laboratorio:

- Análisis dimensional

Deben ser realizadas por lo menos 3 medidas en puntos distintos de cada cara para cada dimensión de la Pieza, con precisión de 1 mm. La ejecución del ensayo consiste en medir el largo, ancho, alto, espesor de paredes, dimensiones de los huecos y finalmente el radio de cartela si es que la pieza ensayada posee. Este análisis se lo realizará según la NB 1220036 y NB 1220035. Ver Anexo A.1

- Peso Volumétrico

Se determina pesando cada espécimen y dividiéndolo entre su Volumen, teniendo en cuenta todas las dimensiones que posee el espécimen en estudio. Este ensayo se lo realizará según la NB 1220036 y NB 1220035. Ver Anexo A.1

- Resistencia a la compresión

La resistencia a la compresión de la unidad de albañilería es su propiedad más importante; en general, no solo define el nivel de su calidad estructural sino también el nivel de su resistencia al intemperismo o cualquier otra causa de deterioro; este ensayo se lo realizará en una prensa hidráulica de Laboratorio la cual será adecuada con placas auxiliares de acero ya que los platos de apoyo no son suficientes para

cubrir adecuadamente la pieza y evitan la distribución correcta de la fuerza a compresión. El espesor de las placas serán de 50 mm como mínimo; así lo indica la NB 1220036. Este ensayo se lo realizará según la NB 1220036 y NB 1220035. (Ver Anexo A.1)

- Absorción de agua

Es la propiedad del material de atrapar agua; se determina pesando el material seco (llevándolo al horno a 110°C), luego se introduce al agua durante 24 horas y se obtiene el peso saturado. Este análisis se lo realizará según la NB 1220036 y NB 1220035. (Ver Anexo A.1)

Cuadro 2.18 Requisitos para la Resistencia a Compresión y la Absorción en Bloques de Hormigón

Categoría de Aplicación (AP)	Resistencia Característica en Mpa	Porcentaje de Absorción	
		Agregado Denso y Normal en %	Agregado Ligero en %
I	≥ 6	≤ 10	≤ 13
II	≥ 4		
III	≥ 3		
IV	≥ 2		

Fuente: NB 1220035

Los Bloques se clasifican de acuerdo a los resultados obtenidos en los ensayos de Laboratorio, de acuerdo a distintos criterios que se mencionan a continuación. (Ver Anexo A.1)

Los criterios para la clasificación de los Bloques son:

- ✓ Categoría de Aplicación (AP)
- ✓ Categoría de Resistencia (RE)
- ✓ Acabado Superficial (AC)
- ✓ Peso Volumétrico (PV)
- ✓ Agregado Grueso Utilizado (AG)

Criterio N°1: Categoría de Aplicación

Cuadro 2.19 Categoría de Aplicación (AP)

Categoría	Aplicación
I	Muros exteriores portantes, sin revestimiento
II	1.- Muros exteriores portantes, con revestimiento
	2.- Muros interiores portantes, con o sin revestimiento
III	Muros exteriores de cerramiento no portantes, sin revestimiento
IV	1.- Muros exteriores de cerramiento no portantes, con revestimiento
	2.- Muros interiores de cerramiento no portantes, con o sin revestimiento

Fuente: NB 1220035

Criterio N°2: Categoría Resistente (RE)

La categoría Resistente debe indicar el valor en números enteros de la resistencia característica a compresión del bloque, expresada en MPa.

Cuadro 2.20 Resistencia a compresión según la categoría de aplicación

Categoría (AP)	Resistencia Característica a compresión a 28 días, en Mpa.
I	6
II	4
III	3
IV	2

Fuente: NB 1220035

Criterio N°3: Acabado Superficial (AC)

Existen dos tipos de acabados en Bloques que se muestran a continuación:

Cuadro 2.21 Acabado Superficial

Tipo	Descripción
S	Liso
G	Rugoso

Fuente: NB 1220035

Acabado Liso.- Los bloques deben tener un acabado liso y las caras expuestas no deben presentar fisuras ni desportilladuras. Su aplicación es recomendada para muros sin revestimiento

Acabado Rugoso.- Son bloques destinados a ser revestidos; deben presentar rugosidad suficiente para lograr una adecuada adherencia con el mortero de revestimiento.

Criterio N°4: Peso Volumétrico (PV)

Los bloques también se clasifican según su peso volumétrico; en esta categoría podemos mencionar:

Cuadro 2.22 Peso Volumétrico (PV)

Tipo	Descripción
L	Bloque Liviano
M	Bloque Medio
N	Bloque Normal

Fuente: NB 1220035

Bloque Liviano.- Con peso volumétrico menor a 1680 Kg/m^3

Bloque Medio.- Con peso volumétrico comprendido entre 1680 Kg/m^3 y 2000 Kg/m^3

Bloque Normal.- Con peso volumétrico mayor a 2000 Kg/m^3

Criterio N°4: Agregado Grueso utilizado (AG)

Según el Agregado Grueso utilizado se puede clasificar a los Bloques en:

Cuadro 2.23 Peso Volumétrico (PV)

Tipo	Peso Volumétrico
Agregados Densos	Mayor a 1900 Kg/m^3
Agregados Normales	Entre 1200 y 1900 Kg/m^3
Agregados Ligeros	Menor a 1200 Kg/m^3

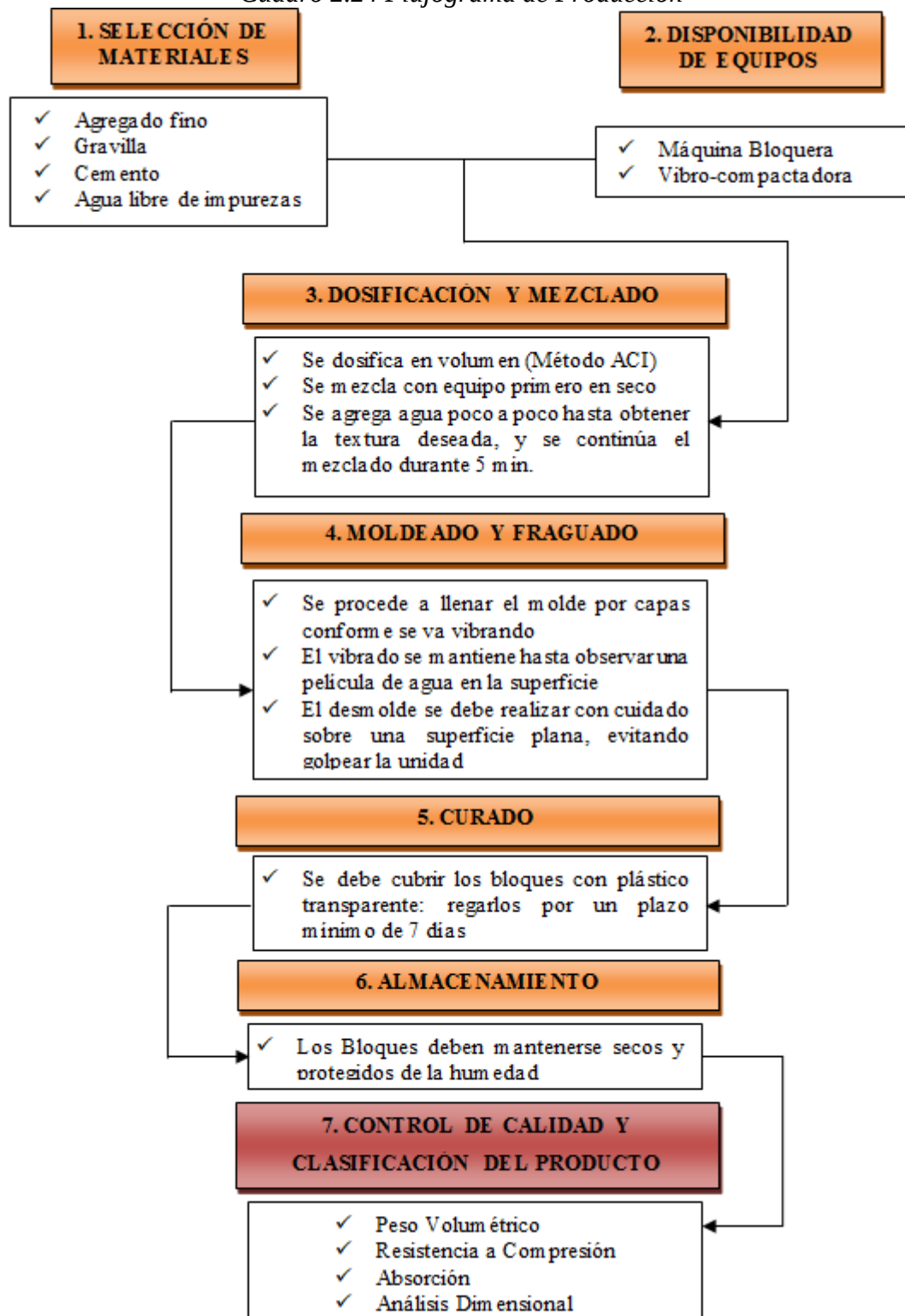
Fuente: NB 1220035

Tener en cuenta que las normas NB 1220035 y NB 1220036 tienen un campo de aplicación en Bloques huecos, perforados y macizos de hormigón, fabricados con cualquier tipo de cemento Portland, agua, agregado fino y grueso, con o sin la inclusión de otros materiales.

Estas normas comprenden tanto aquellos bloques fabricados con agregados densos, livianos y ligeros, o una combinación de estos; por este motivo, es útil recurrir a los parámetros establecidos dentro de los documentos citados ya que estos nos darán las pautas para determinar si es que nuestras piezas cumplen o no con los requisitos necesarios tanto en su fabricación como en sus características físico mecánicas.

Para que nuestra producción de Bloques sea más ordenada y efectiva es necesario recurrir a un plan de fabricación explicado a continuación:

Cuadro 2.24 Flujograma de Producción



Fuente: Elaboración Propia

2.7 Características de los Bloques

Los bloques son económicos, acústicos, impermeables, resistentes al fuego, durables y capaces de resistir cargas pesadas.

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

Es necesario dosificar muy cuidadosamente el contenido de agua en la mezcla, para que ésta no resulte ni muy seca ni demasiado húmeda. En el primer caso, se corre el peligro del desmoronamiento del bloque recién fabricado; en el segundo, que el material se asiente deformando la geometría del bloque.

Una vez mezclados los materiales, ya sea en forma manual o con mezcladora, se moldea los bloques en la máquina vibradora. La duración del vibrado así como la potencia del motor de la máquina vibradora son factores que influyen notablemente en la resistencia de los bloques.

Para no alterar las dimensiones y características de los bloques se puede curar por regado a partir de las 6 horas y durante las 48 horas siguientes, hasta que adquiera una resistencia que permita el manipuleo.

Las variaciones de textura pueden lograrse controlando la granulometría del agregado y mediante otras operaciones, lo que permite obtener texturas superficiales finas, medias o gruesas.

En la construcción de muros portantes, la experiencia de otras investigaciones indica, en relación a las resistencias, que un muro de bloque de 20cm de ancho es equivalente a uno de ladrillo de 30cm, como es nuestro medio el muro usual portante es de 25cm, se deduce que un muro de bloque de concreto de 20cm sería superior de capacidad portante.

2.7.1 Ventajas

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

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

Si se compara un muro de bloques de concreto con otro de espesor equivalente, utilizando mampostería tradicional de ladrillo, se obtienen las siguientes conclusiones:

Menor costo por metro cuadrado de muro

Menor cantidad de mortero de asiento.

Mayor rendimiento de la mano de obra debido a la menor cantidad de movimientos necesario para levantar un metro cuadrado.

En la mampostería de concreto reforzada, solo es necesario contar con un único rubro de mano de obra, es decir, el albañil, ya que las tareas de armado, colocación de los bloques y terminaciones las puede realizar sin el auxilio de los oficiales carpinteros y armadores.

Asimismo, el hecho de utilizar el bloque en su función estructural, agiliza los trabajos y posibilita una mayor rapidez constructiva, ya que no será necesario contar con los tiempos de encofrado y tiempos de espera para desencofrado de columnas, vigas, etc., típicos de la construcción tradicional de las estructuras de concreto armado convencional.

El armado de la mampostería reforzada es muy sencillo, ya que solo es necesario utilizar barras rectas sin ataduras de ningún tipo, siendo muy sencillo el empalme de las mismas por simple traslape.

Debido a la excelente terminación que presentan los bloques fabricados por vibrocompactación, es posible e inclusive recomendable, dejarlos a la vista, con el consiguiente ahorro en materiales y mano de obra correspondientes a las tareas de revoque y terminación.

2.7.2 Utilización

Como se ha mencionado, los bloques de concreto pueden utilizarse en la construcción de viviendas multifamiliares, en edificaciones en general, en muros de contención, etc, teniendo en cuenta los siguientes aspectos:

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

b) Economía.- La construcción con bloques de concreto presenta ventajas económicas, las cuales se originan en la rapidez de ejecución, por el hecho de solo necesitar asentar 12 bloques de concreto para construir 1 m²; así mismo, una fabricación cuidadosa de los ladrillos permitirá obtener piezas de buen acabado que permite ahorra en tarrajeo y pintado posterior.

c) Mano de Obra.- La mano de obra debe ser calificada a nivel de operario, contándose con apoyo técnico y supervisión en el caso de la autoconstrucción.

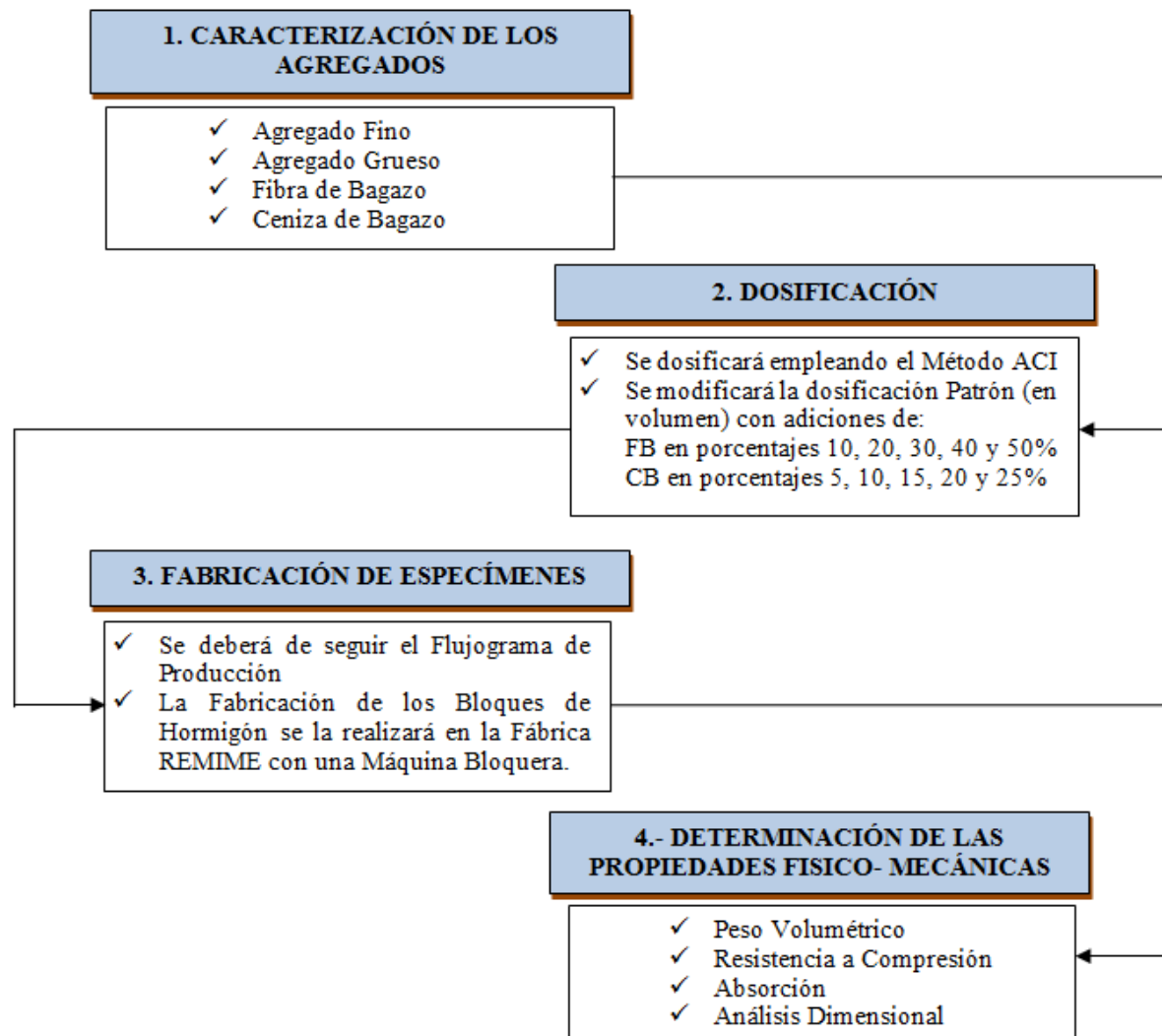
CAPÍTULO III

DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN

3 DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN

Para el desarrollo del siguiente Proyecto de Investigación es necesario definir las actividades que se pretenden seguir; las cuales se muestran en el siguiente esquema:

Cuadro 3.1 Esquema del Desarrollo de la Investigación



Fuente: Elaboración Propia

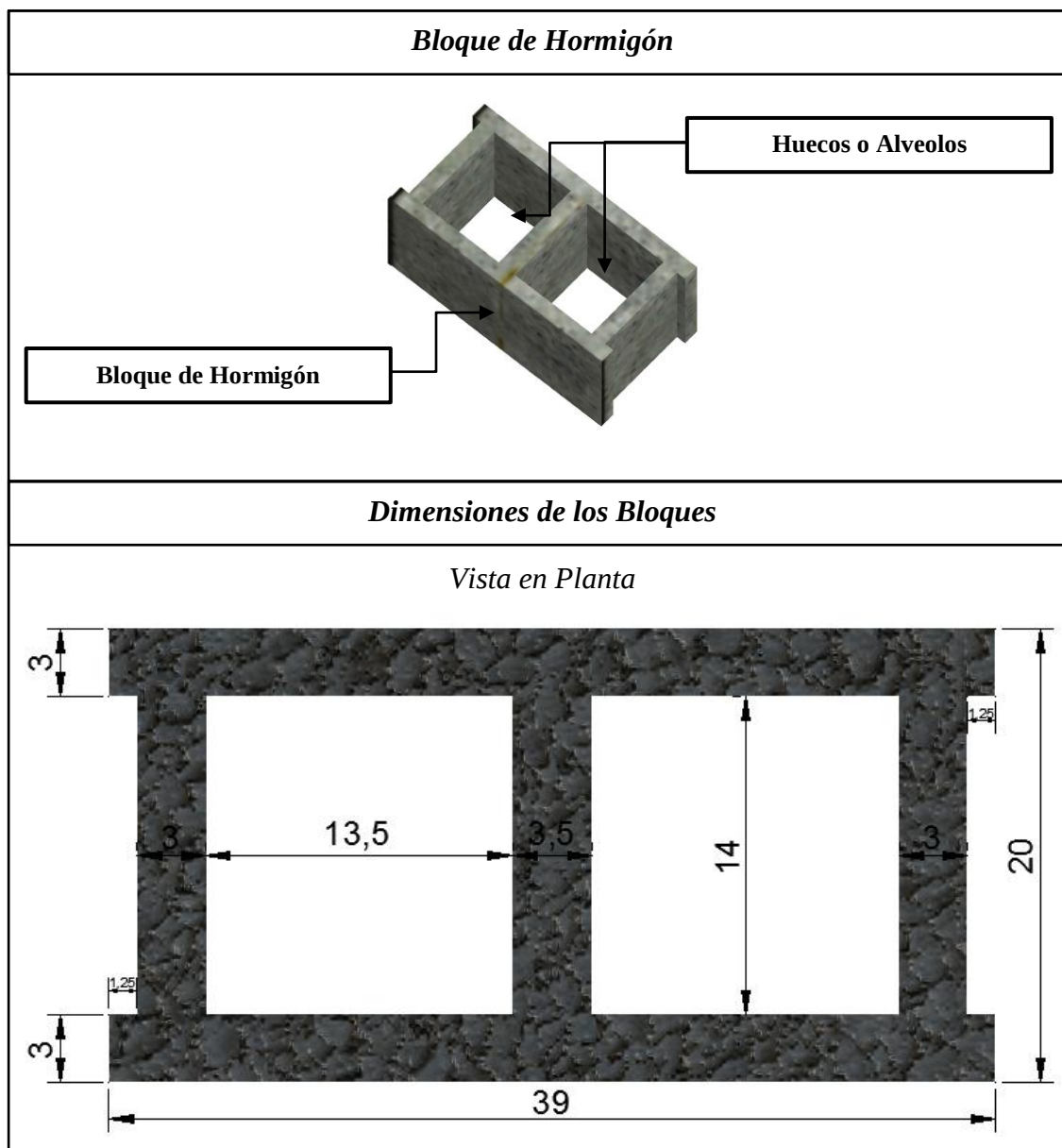
3.1 Caracterización de los Agregados

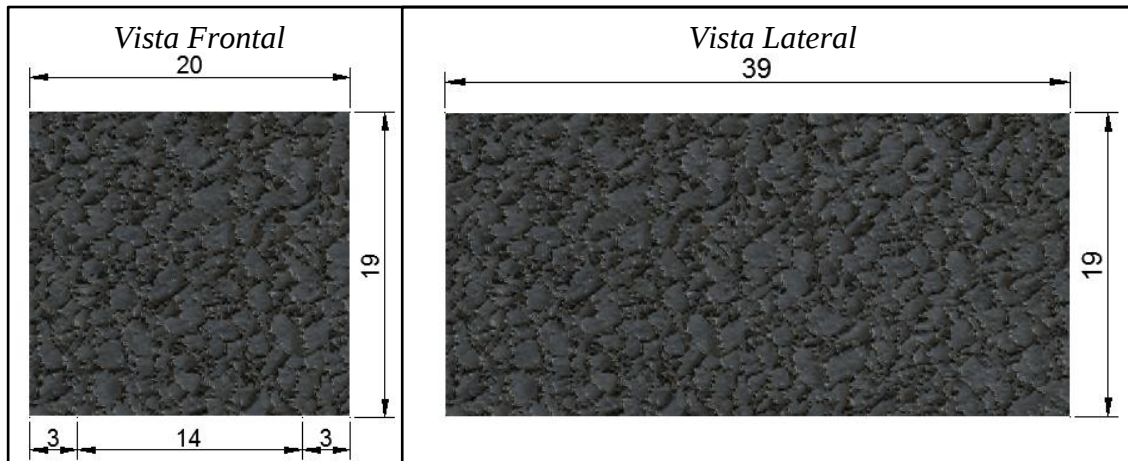
3.1.1 Agregado Grueso

3.1.1.1 Granulometría del Agregado Grueso

Antes de realizar el ensayo de Granulometría es necesario determinar el Tamaño Máximo de nuestro agregado grueso ya que los Bloques de Hormigón presentan paredes estrechas que limitan el tamaño de las partículas del agregado en estudio denominado gravilla.

Figura 3.1 Dimensiones de los Bloques





Fuente: Elaboración Propia

Análisis Dimensional NB 1220036

1.- Determinación del Área Bruta del Bloque

$$A_b = l * b$$

Donde:

A_b = Área Bruta del Bloque

l = Largo del Bloque

b = Ancho del Bloque

$$A_b = 39 \text{ cm} * 20 \text{ cm}$$

$$A_b = 780 \text{ cm}^2$$

2.- Determinación del Área Neta del Bloque

$$A_n = A_b - A_p$$

Donde:

A_n = Área Neta del Bloque

A_b = Área Bruta del Bloque

A_p = Área de Perforaciones

$$A_n = 780\text{cm}^2 - (2 * ((14\text{cm} * 13.5\text{cm}) + (1.25\text{cm} * 14\text{cm})))$$

$$A_n = 367\text{cm}^2$$

3.- Determinación del Volumen del Bloque

$$V_b = A_n * h$$

Donde:

V_b = Volumen del Bloque

A_b = Área Bruta del Bloque

h = Altura del Bloque

$$V_b = 367\text{cm}^2 * 19\text{cm}$$

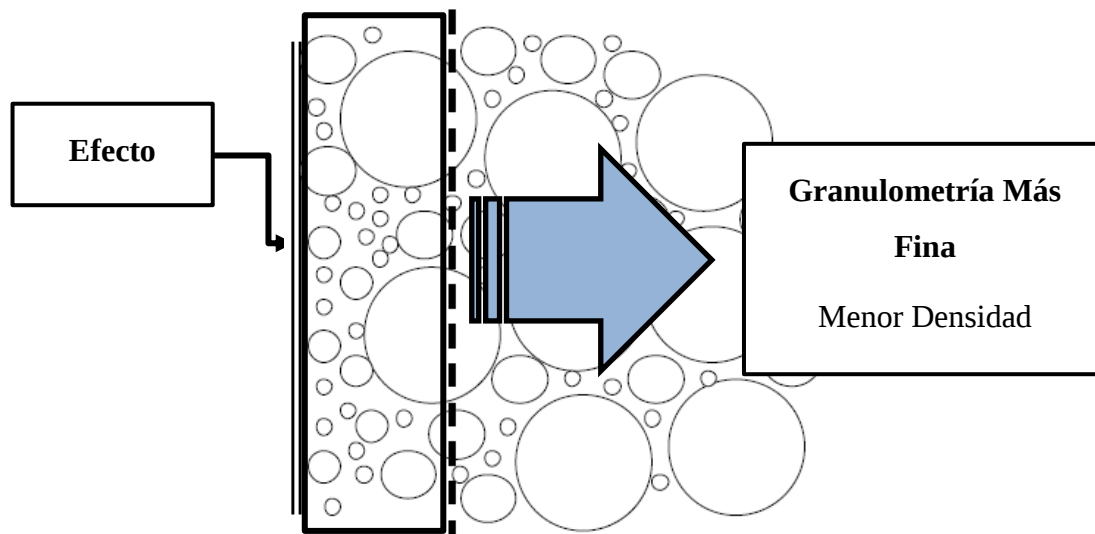
$$V_b = 6973\text{cm}^3$$

Tamaño Máximo del Agregado Grueso – Método Faury

El Método de Faury se basa en el criterio denominado efecto de pared, desarrollado por el investigador francés Caquot, que cuantifica el efecto que una superficie dura ejerce sobre la porosidad de un material granular en la zona adyacente a ella. Este efecto se deriva del desplazamiento que sufren las partículas con respecto a la posición que ocuparían si el material estuviera colocado en una masa indefinida, es decir, si no existiera la superficie que produce la interferencia.

La aplicación de este criterio al efecto pared, derivado de la presencia de moldajes y enfierraduras presentes en todo elemento de hormigón, es usado por Faury para determinar el Tamaño Máximo del Árido Grueso contenido en el Hormigón.

Figura 3.2 Método Faury – Efecto Pared



Fuente: Dosificación de Hormigones – Método Faury

Se definen dos parámetros:

- Radio Medio de Moldaje

$$R = \frac{\text{Volumen del Elemento}}{\text{Superficie (Moldaje + armadura)}}$$

$$R = \frac{\text{Sección neta Hormigón}}{\text{Perímetro (Moldaje + armadura)}}$$

- Radio Medio de Armadura

$$r = \frac{\text{Superficie mas Estrecha entre las Armaduras o Moldaje}}{\text{Perímetro correspondiente a la Superficie}}$$

Considerar los siguientes conceptos para su cálculo

- Superficies de moldaje incluida en denominador del radio medio de moldaje es la de los moldes que limitan el volumen del elemento. Si presenta una cara libre sometida a terminación superficial ella también debe ser considerada.

- Superficie más estrecha entre armadura o moldaje; corresponde a la abertura menor entre armadura o a la superficie menor del moldaje por la que ingresa la mezcla ya sea longitudinal o transversal
- Las armaduras consideradas en el cálculo del radio medio de la enfierradura son aquellas partes a través de las cuales debe atravesar el hormigón
- El perímetro a considerar es el que rodea dicha superficie.

Las expresiones propuestas por Faury para determinar el tamaño Máximo son las que se muestran a continuación:

Cuadro 3.2 Método Faury – Determinación del Tamaño Máximo

Tabla P/Determinación del Tamaño Máximo		
Tipo de Árido	R/r	Tamaño Máximo
Rodado	$> 1,4$	$> 1,12 \text{ r}$
	$\leq 1,4$	$\leq 0,80 \text{ R}$
Chancado	$> 1,2$	$> 0,96 \text{ r}$
	$\leq 1,2$	$\leq 0,90 \text{ R}$

Fuente: Dosificación de Hormigones – Método Faury

1.- Radio Medio de Moldaje

$$R = \frac{V_b}{A_m}$$

Donde:

R = Radio Medio de Moldaje

Vb = Volumen del Bloque

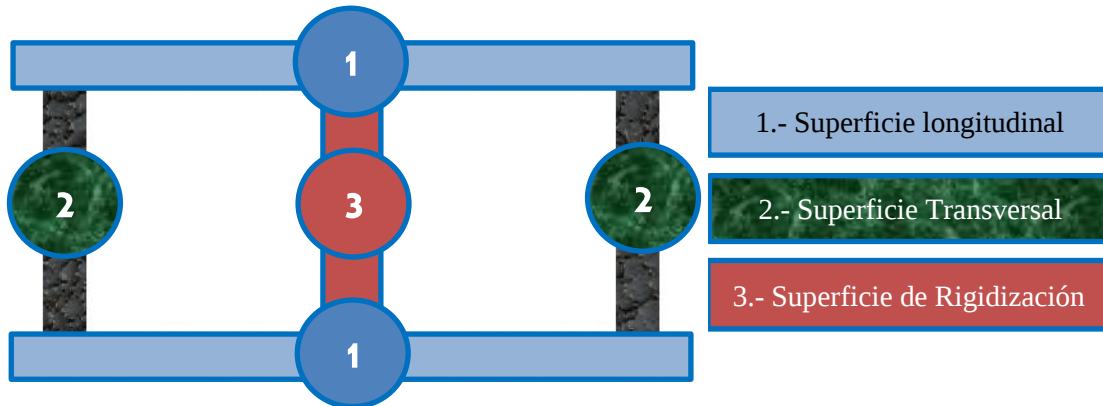
Am = Área del Moldaje (Pl * h)

$$R = \frac{6973 \text{ cm}^3}{233 \text{ cm} * 19 \text{ cm}}$$

$$\mathbf{R = 1.58 \text{ cm}}$$

2.- Radio Medio de Moldaje más desfavorable

Figura 3.3 Radio Medio de Moldaje más desfavorable



Fuente: Elaboración Propia

$$r = \frac{A_l}{P_l}$$

Donde:

r = Radio Medio de Moldaje más desfavorable

A_l = Superficie Libre para la Mezcla

P_l = Perímetro del Área Libre para la Mezcla

Elegir el "r" menor

$$\left\{ \begin{array}{l} r_1 = \frac{234 \text{ cm}^2}{168 \text{ cm}} \\ r_2 = \frac{84 \text{ cm}^2}{68 \text{ cm}} \\ r_3 = \frac{49 \text{ cm}^2}{35 \text{ cm}} \end{array} \right.$$

$r_1 = 1.39 \text{ cm}$

$r_2 = 1.24 \text{ cm}$

$r_3 = 1.40 \text{ cm}$

"r" mas desfavorable = 1.24 cm

3.- Tamaño Máximo

$$X = \frac{R}{r}$$

Donde:

X = Valor para ingresar a la Tabla de TM.

R = Radio Medio de Moldaje

r = Radio Medio de Moldaje más desfavorable

$$X = \frac{1.58 \text{ cm}}{1.24 \text{ cm}}$$

$$X = 1.275 \text{ cm}$$

Obtenemos de Tabla la siguiente ecuación

$$T > 0,96 * r$$

$$T > 0,96 * 1,24 \text{ cm}$$

$$T > 1,19 \text{ cm}$$

Estimar al valor más próximo de la abertura en tamices para la Granulometría del Agregado Grueso según la norma ASTM.

$$\text{TM real} = 1/2" = 1,27 \text{ cm}$$

El Tamaño Máximo del Agregado Grueso para la Dosificación de los Bloques de Hormigón debe de ser de ½" o 1.27 cm.; este tamaño es característico en la Gravilla, por lo que es necesario buscar un agregado que contemple esta particularidad. Este dato es muy importante para lograr la resistencia deseada en Bloques de Hormigón.

Figura 3.4 Muestra de Agregado Grueso



Fuente: Elaboración Propia

La Granulometría de la Gravilla se la realizó utilizando los tamices dispuestos por la Norma ASTM. Ver Anexo A.4

Figura 3.5 Equipo para determinar la Granulometría del Agregado Grueso



Fuente: Elaboración Propia

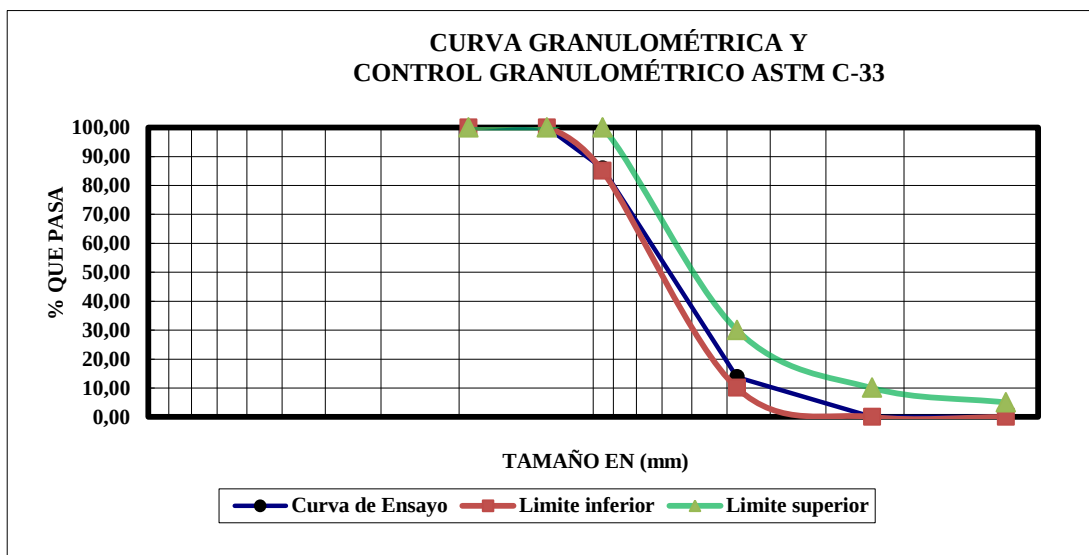
Cuadro 3.3 Granulometría del Agregado Grueso

Peso Total (gr.) =		5000					
Tamices	Tamaño (mm)	Peso Ret.	Retenido Acumulado		% Que pasa del total	% Que pasa s/g Especif. ASTM	
			(gr)	(%)			
3/4"	19,05	0,00	0,00	0,00	100,0	100	100
1/2"	12,70	0,00	0,00	0,00	100,0	100	100
3/8"	9,53	702,40	702,40	14,05	86,0	85	100
Nº4	4,75	3608,50	4310,90	86,22	13,8	10	30
Nº8	2,36	687,80	4998,70	99,97	0,0	0	10
Nº16	1,18	0,00	4998,70	99,97	0,0	0	5
BASE	0	0,00	4998,70	99,97	0,0	-	-
SUMA =		4998,70					
PÉRDIDAS =		1,30					
MF =		6,00					

TAMAÑO MÁXIMO =	1/2"
TAMAÑO MÁXIMO NOMINAL =	3/8"

Fuente: Elaboración Propia

Cuadro 3.4 Curva Granulométrica del Agregado Grueso



Fuente: Elaboración Propia

La granulometría de la grava cumple con los parámetros especificados por la norma ASTM C-33. El módulo de finura se encuentra dentro del rango precisado por la norma ASTM. (5.5 – 8.5).

3.1.1.2 Peso Unitario del Agregado Grueso

3.1.1.2.1 Peso Unitario Suelto

Se realizó dejando caer la grava desde una altura de 5cm por encima del molde. (Ver Anexo A.4)

Figura 3.6 Equipo para determinar el Peso Unitario del Agregado Grueso



Fuente: Elaboración Propia

Cuadro 3.5 Peso Unitario Suelto del Agregado Grueso

MUESTRA N°	PESO RECIPIENTE (gr)	VOLUMEN RECIPIENTE (cm ³)	PESO RECIP. + MUESTRA SUELTA (gr)	PESO MUESTRA SUELTA (gr)	PESO UNITARIO SUELTO (gr/cm ³)
1	8285,00	14000,00	29100,00	20815,00	1,487
2	8285,00	14000,00	29185,00	20900,00	1,493
3	8285,00	14000,00	29195,00	20910,00	1,494
PROMEDIO					1,49

PESO UNITARIO SUELTO (PUS) =	1.49 gr/cm ³
------------------------------	-------------------------

Fuente: Elaboración Propia

3.1.1.2.2 Peso Unitario Compactado

Se realizó en un molde de 14 lt de volumen y se apisonó en 3 capas, cada una con 25 golpes con la varilla tal como determinan las normas ASTM. (Ver Anexo A.4)

Cuadro 3.6 Peso Unitario Compactado del Agregado Grueso

MUESTRA N°	PESO RECIPIENTE (gr)	VOLUMEN RECIPIENTE (cm ³)	PESO RECIP. + MUESTRA SUELTA (gr)	PESO MUESTRA COMPACTADA (gr)	PESO UNITARIO SUELTO (gr/cm ³)
1	8285,00	14000,00	30820,00	22535,00	1,610
2	8285,00	14000,00	30820,00	22535,00	1,610
3	8285,00	14000,00	30830,00	22545,00	1,610
PROMEDIO					1,61

PESO UNITARIO COMPACTADO (PUC) =	1.61gr/cm³
---	------------------------------

Fuente: Elaboración Propia

3.1.1.3 Peso Específico y Absorción del Agregado Grueso

El mencionado ensayo de laboratorio se efectuó siguiendo el procedimiento estipulado por la Norma ASTM. (Ver Anexo A.4)

Figura 3.7 Equipo para determinar el Peso Específico del Agregado Grueso



Fuente: Elaboración Propia

Cuadro 3.7 Peso Específico del Agregado Grueso

MUESTRA N°	PESO MUESTRA SECADA "A" (gr)	PESO MUESTRA SATURADA CON SUP. SECA "B" (gr)	PESO MUESTRA SATURADA DENTRO DEL AGUA "C" (gr)
1	4923,80	5000,00	3000,00
2	4922,20	5000,00	2984,00
3	4922,80	5000,00	3019,00

PESO ESPECÍFICO A GRANEL (gr/cm ³)	PESO ESPECÍFICO SATURADO CON SUP. SECA (gr/cm ³)	PESO ESPECÍFICO APARENTE (gr/cm ³)	% DE ABSORCIÓN
2,46	2,50	2,56	1,55
2,44	2,48	2,54	1,58
2,49	2,52	2,59	1,57
2,46	2,50	2,56	1,57

PESO ESPECÍFICO (PEA) =	2.56 gr/cm³
PORCENTAJE DE ABSORCIÓN (%ABS) =	1.57 %

Fuente: Elaboración Propia

El peso específico aparente está dentro del rango precisado por la norma ASTM. (2.1 - 2.9 gr/cm³).

El Porcentaje de absorción de la gravilla está dentro del rango establecido por la norma ASTM. (0.2 - 4 %)

3.1.2 Agregado Fino

3.1.2.1 Granulometría del Agregado Fino

La Granulometría de la Arena se realizó utilizando los tamices dispuestos por la Norma ASTM. (Ver Anexo A.4)

Figura 3.8 Muestra de Agregado Fino



Fuente: Elaboración Propia

Figura 3.9 Equipo para determinar la Granulometría del Agregado Fino



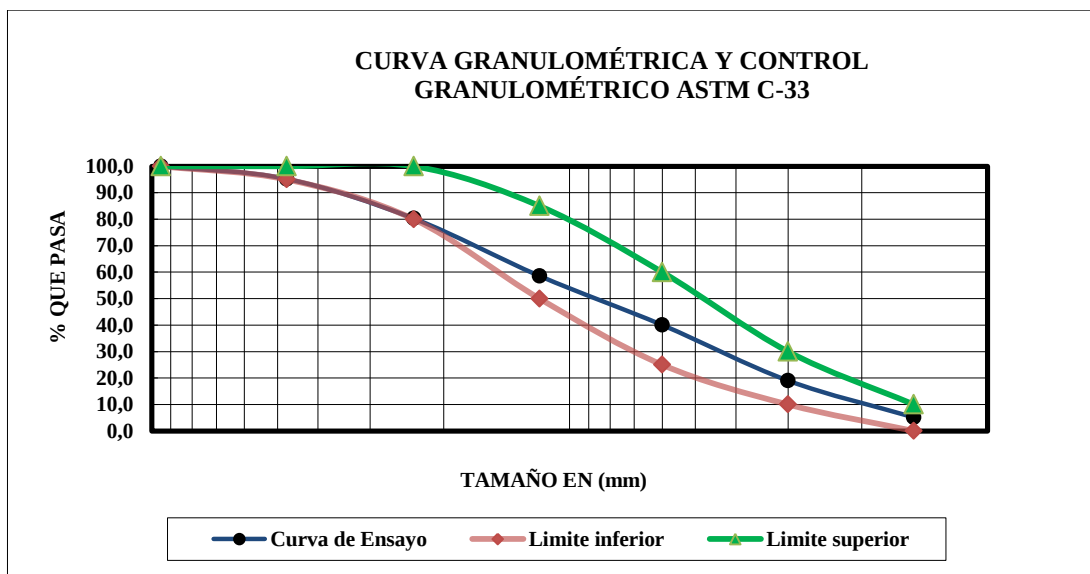
Fuente: Elaboración Propia

Cuadro 3.8 Granulometría del Agregado Fino

Peso Total (gr.) = 1000							
Tamices	tamaño (mm)	Peso Ret.	Ret. Acum	% Ret. Acum	% que pasa del total	Especificación ASTM C-33	
3/8	9,50	0,00	0,00	0,00	100,0	100	100
Nº4	4,75	47,80	47,80	4,78	95,2	95	100
Nº8	2,36	149,60	197,40	19,74	80,3	80	100
Nº16	1,18	216,90	414,30	41,43	58,6	50	85
Nº30	0,60	185,40	599,70	59,97	40,0	25	60
Nº50	0,30	210,10	809,80	80,98	19,0	10	30
Nº100	0,15	138,80	948,60	94,86	5,1	2	10
BASE	0,00	50,70	999,30	99,93	0,1	0	0
	SUMA=	999,3					
	PÉRDIDAS=	0,7					
	MF =	3,02					

Fuente: Elaboración Propia

Cuadro 3.9 Curva Granulométrica del Agregado Fino



3.1.2.2 Peso Unitario del Agregado Fino

3.1.2.2.1 Peso Unitario Suelto

Se realizó dejando caer la arena desde una altura de 5cm por encima del molde. (Ver Anexo A.4)

Figura 3.10 Equipo para determinar el Peso Unitario del Agregado Fino



Fuente: Elaboración Propia

Cuadro 3.10 Peso Unitario Suelto del Agregado Fino

MUESTRA N°	PESO RECIPIENTE (gr)	VOLUMEN RECIPIENTE (cm ³)	PESO RECIP. + MUESTRA SUELTA (gr)	PESO MUESTRA SUELTA (gr)	PESO UNITARIO SUELTO (gr/cm ³)
1	2680,00	3000,00	7775,00	5095,00	1,698
2	2680,00	3000,00	7785,00	5105,00	1,702
3	2680,00	3000,00	7770,00	5090,00	1,697
PROMEDIO					1,70

PESO UNITARIO SUELTO (PUS) =	1.70 gr/cm ³
------------------------------	-------------------------

Fuente: Elaboración Propia

3.1.2.2.2 Peso Unitario Compactado

Se realizó en un molde 3 lt de volumen y se apisonó en 3 capas, cada una con 25 golpes con la varilla tal como determinan las normas ASTM. (Ver Anexo A.4)

Cuadro 3.11 Peso Unitario Compactado del Agregado Fino

MUESTRA N°	PESO RECIPIENTE (gr)	VOLUMEN RECIPIENTE (cm ³)	PESO RECIP. + MUESTRA SUELTA (gr)	PESO MUESTRA COMPACTADA (gr)	PESO UNITARIO SUELTO (gr/cm ³)
1	2680,00	3000,00	8190,00	5510,00	1,837
2	2680,00	3000,00	8175,00	5495,00	1,832
3	2680,00	3000,00	8170,00	5490,00	1,830
PROMEDIO					1,83

PESO UNITARIO COMPACTADO (PUC) =	1.83 gr/cm³
---	-------------------------------

Fuente: Elaboración Propia

3.1.2.3 Peso Específico y Absorción del Agregado Fino

El mencionado ensayo de laboratorio se efectuó siguiendo el procedimiento estipulado por la Norma ASTM. (Ver Anexo A.4)

Figura 3.11 Equipo para determinar el Peso Específico del Agregado Fino



Fuente: Elaboración Propia

Cuadro 3.12 Peso Específico del Agregado Fino

PESO MUESTRA (gr)	PESO DE MATRAZ (gr)	MUESTRA + MATRAZ + AGUA (gr)	PESO DEL AGUA AGREGADO AL MATRAZ "W" (ml) ó (gr)	PESO MUESTRA SECADA "A" (gr)	VOLUMEN DEL MATRAZ "V" (ml)
500	186,5	978,3	291,80	495,80	500,00
500	186,5	980,60	294,10	495,40	500,00
500	186,5	980,70	294,20	495,00	500,00

P. E. A GRANEL (gr/cm ³)	P. E. SATURADO CON SUP. SECA (gr/cm ³)	P. E. APARENTE (gr/cm ³)	% DE ABSORCIÓN
2,38	2,40	2,43	0,84
2,41	2,43	2,46	0,92
2,41	2,43	2,47	1,00
2,40	2,42	2,45	0,92

PESO ESPECÍFICO (PEA) =	2.45 gr/cm³
PORCENTAJE DE ABSORCIÓN (%ABS) =	0.92 %

Fuente: Elaboración Propia

El peso específico aparente está dentro del rango precisado por la norma ASTM. (2.2-2.7gr/cm³)

El porcentaje de absorción de la arena está dentro del rango especificado por la norma ASTM. (0.2 - 2 %)

3.2 Cemento

3.2.1 Peso Específico del Cemento

Se lo realizó usando el método de Le Chatelier en el laboratorio de Control de Calidad del Cemento; dentro de las instalaciones de SOBOCE - EL PUENTE. (Ver Anexo A.2)

Figura 3.12 Muestra de Cemento



Fuente: Elaboración Propia

Figura 3.13 Frasco de Le Chatelier para determinar el Peso Específico del Cemento



Fuente: Elaboración Propia

Cuadro 3.13 Peso Específico del Cemento

DESCRIPCIÓN	P (gr/cm ³)	Vi (cm ³)	Vf (cm ³)	V (cm ³)	PE (gr/cm ³)	PE-MEDIA (gr/cm ³)
CEMENTO PATRÓN (C.)	64,00	0,00	20,4	20,40	3,14	3,14
		0,20	20,5	20,30	3,15	
		0,50	20,9	20,40	3,14	

Fuente: Elaboración Propia

En el cemento Portland el valor del Peso Específico varía entre 3.10 y 3.15 gr/cm³ según la NB 064. Nuestro resultado se encuentra dentro de este rango.

3.2.2 Superficie Específica de Blaine o Finura

Figura 3.14 Permeabilímetro de Blaine para determinar la Finura del Cemento



Fuente: Elaboración Propia

Cuadro 3.14 Superficie Específica del Cemento

DESCRIPCIÓN	PE (gr/cm ³)	M (gr)	f -	t (seg)	BL (cm ² /gr)	BL-MEDIA (cm ² /gr)
CEMENTO PATRÓN (C.)	3,14	2,6958	447,8	55,00	3321	3330,99
			447,8	56,00	3351	
			447,8	55,00	3321	

Fuente: Elaboración Propia

Los rangos que debe cumplir la Superficie Especifica de Blaine es mayor o igual a 2600 cm²/gr. Nuestro cemento cumple este parámetro definido por la NB 0472. (Ver Anexo A.2)

3.2.3 Rechazos en malla 200 y 325

Figura 3.15 Malla 200 y 325 para determinar la Finura del Cemento



Fuente: Elaboración Propia

Cuadro 3.15 Rechazos del Cemento en Malla 200 y 325

DESCRIPCIÓN	R (#200) (gr)	R (#325) (gr)	Re 200 %	Re 325 %	Re 200 MEDIA	Re 325 MEDIA
CEMENTO PATRÓN (C.)	0,0160	0,1450	1,60	15,52	1,58	15,23
	0,0155	0,1432	1,55	15,33		
	0,0159	0,1386	1,59	14,84		

Fuente: Elaboración Propia

El peso de la muestra a ensayar es de 1 gr y el porcentaje máximo de retenido por la malla 200 debe de ser menor o igual al 15% como explica la norma ASTM C 430. Nuestra muestra de Cemento cumple con este parámetro. (Ver Anexo A.2)

3.3 Fibra de Bagazo de Caña de Azúcar (FB)

3.3.1 Extracción de la FB

Se la realizó por medios mecánicos utilizando rodillos pesados de acero y herramientas punzocortantes para desfibrilar las fibras más largas.

Figura 3.16 Muestra de Fibra de Bagazo (FB)



Fuente: Elaboración Propia

3.3.2 Granulometría de la FB

La Granulometría de la FB se la realizó utilizando los tamices dispuestos por la Norma ASTM para el Agregado Fino. (Ver Anexo A.3)

Figura 3.17 Equipo para determinar la Granulometría de la Fibra de Bagazo (FB)



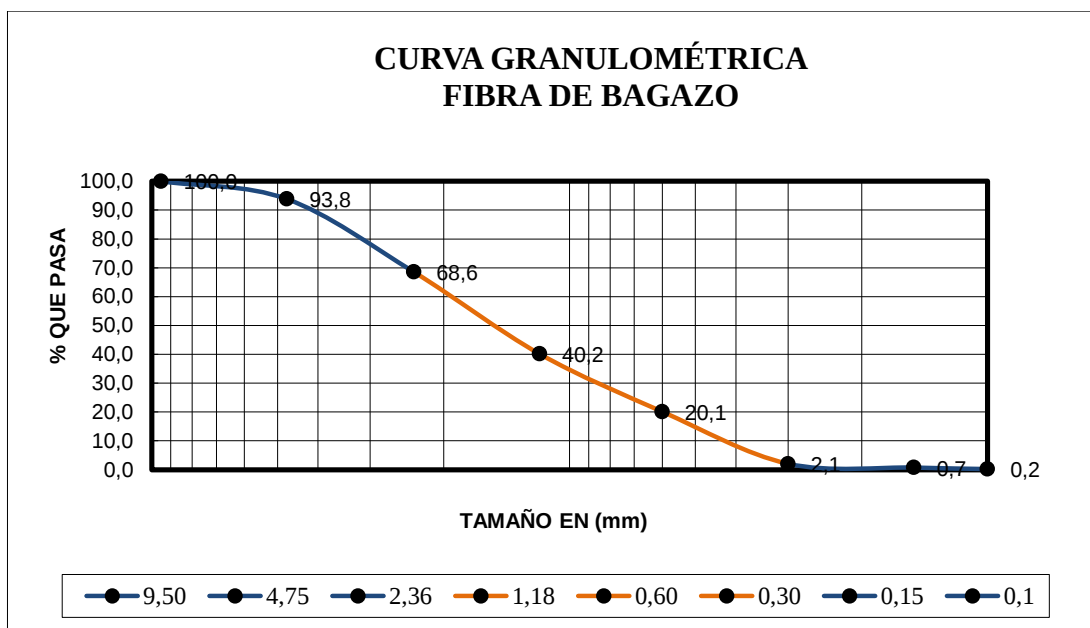
Fuente: Elaboración Propia

Cuadro 3.16 Granulometría de la Fibra de Bagazo (FB)

Peso Total (gr.) =			500			
	Tamices	Tamaño (mm)	Peso Ret.	Ret. Acum	% Ret. Acum	% Que pasa del total
GRUESO	3/8	9,50	0,00	0,00	0,00	100,0
	Nº4	4,75	30,80	30,80	6,16	93,8
	Nº8	2,36	126,30	157,10	31,42	68,6
FIBRA	Nº16	1,18	142,10	299,20	59,84	40,2
	Nº30	0,60	100,20	399,40	79,88	20,1
	Nº50	0,30	90,30	489,70	97,94	2,1
FINO	Nº100	0,15	6,60	496,30	99,26	0,7
	BASE	-	2,60	498,90	99,78	0,2
SUMA=			498,9			
PÉRDIDAS=			1,1			

Fuente: Elaboración Propia

Cuadro 3.17 Curva Granulométrica de la Fibra de Bagazo (FB)



Fuente: Elaboración Propia

La Fibra útil para la investigación es la que pasa el tamiz Nº 8 y la que se retiene en el tamiz Nº 50; por el tamaño de las mismas que no exceden los 3 cm.

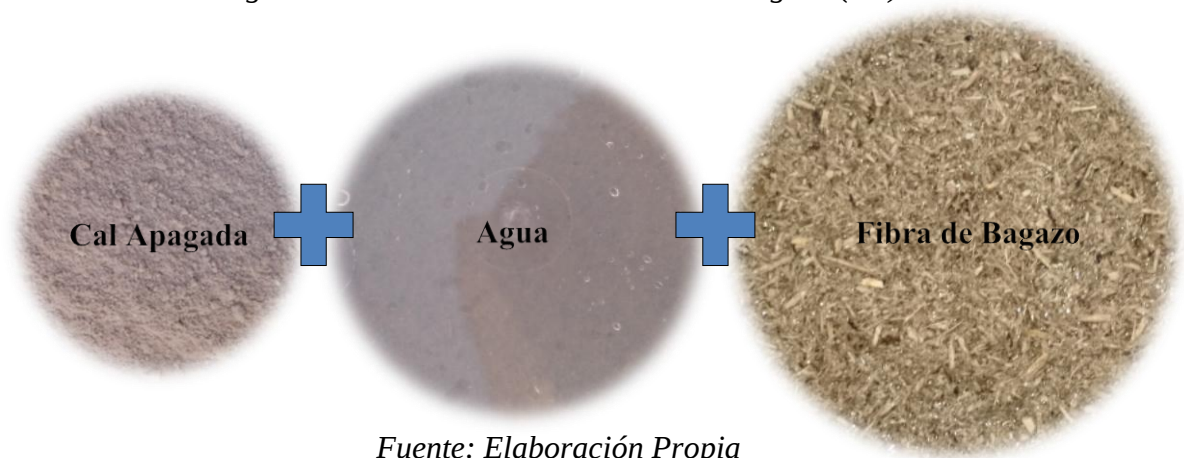
3.3.3 Tratamiento de la FB

El tratamiento de las fibras de bagazo se realizó de la siguiente manera:

a) Una vez obtenida la fibra de bagazo a través del tamizado, se procedió a lavarla con agua hervida caliente por el lapso de 30 minutos, seguido de un lavado con agua a temperatura ambiente y posterior secado al aire libre durante 24 hrs.

b) Luego se continuó con el tratamiento superficial de la FB con Hidróxido de Calcio que consiste en preparar la solución con 3 días de anticipación con una concentración del 10% de Cal Apagada con respecto al peso del agua. Una vez transcurrido este lapso de tiempo se vierte las fibras de bagazo, las cuales se agitan junto con la solución cada 8 horas durante 3 días; seguidamente, se realizó el lavado correspondiente con agua a temperatura ambiente y, finalmente, las fibras pasan al horno para el secado durante 24 hrs. a una temperatura de 60°C.

Figura 3.18 Tratamiento de la Fibra de Bagazo (FB)



Fuente: Elaboración Propia

La Fibra de Bagazo después del tratamiento presenta una apariencia más brillante como si estuviera superficialmente barnizada; también se puede apreciar por simple tacto que son resistentes ya que presentan mayor firmeza y rigidez; esto se puede verificar al momento de estrujarlas con la mano ya que las mismas punzan y hasta se llegan a incrustar en la palma.

3.3.4 Peso Específico de la FB

La técnica consistió en adicionar el material (FB) hasta llenar el recipiente de volumen conocido (recipiente para determinar el peso unitario de la arena) al ras, luego se pesa el recipiente con todo el contenido y por diferencia se obtiene el peso específico. Los rangos del peso específico del bagazo se encuentran entre 55 Kg/m³ y 190 Kg/m³ según el autor Peter Rein del libro “Ingeniería de la Caña de Azúcar”.

Cuadro 3.18 Peso Específico de la Fibra de Bagazo (FB)

MUESTRA N°	PESO DEL RECIPIENTE (gr)	VOLUMEN DEL RECIPIENTE (cm3)	PESO DEL RECIPIENTE + MUESTRA (gr)	PESO DE LA MUESTRA (gr)	PESO ESPECÍFICO DE LA FB (gr/cm3)
1	2680,00	3000,00	2990,70	310,70	0,104
2	2680,00	3000,00	3009,90	329,90	0,110
3	2680,00	3000,00	3004,20	324,20	0,108
4	2680,00	3000,00	3010,60	330,60	0,110
5	2680,00	3000,00	2996,20	316,20	0,105
				PROMEDIO	0,107

Fuente: Elaboración Propia

El Peso Específico de la Fibra de Bagazo ensayada se encuentra dentro de los parámetros indicados anteriormente. (Ver Anexo A.3)

3.3.5 Absorción de la FB

El ensayo consistió en pesar el material seco que se va ensayar (llevándolo al horno a 110°C); posteriormente, se introduce este material al agua durante 24 horas y se obtiene el peso saturado tomando en cuenta como recomendación que para pesar el material húmedo este debe ser secado superficialmente quitándole así el exceso de agua y de esta manera determinar la capacidad de absorción.

Se determinó la Absorción de la Fibra de Bagazo con tratamiento superficial y sin tratamiento teniendo como resultado lo siguiente:

Cuadro 3.19 Absorción de la Fibra de Bagazo (FB) sin Tratamiento

MUESTRA N°	PESO MUESTRA SUP. SECA (gr)	PESO MUESTRA SECA (gr)	PESO DEL AGUA (gr)	PORCEN. DE ABSORCIÓN (%)
1	298,70	200,00	98,70	49,35
2	315,90	200,00	115,90	57,95
3	301,80	200,00	101,80	50,90
PROMEDIO				52,73

Fuente: Elaboración Propia

Cuadro 3.20 Absorción de la Fibra de Bagazo (FB) con Tratamiento

MUESTRA N°	PESO MUESTRA SUP. SECA (gr)	PESO MUESTRA SECA (gr)	PESO DEL AGUA (gr)	PORCEN. DE ABSORCIÓN (%)
1	276,30	200,00	76,30	38,15
2	269,40	200,00	69,40	34,70
3	272,90	200,00	72,90	36,45
PROMEDIO				36,43

Fuente: Elaboración Propia

Se observa que el tratamiento superficial reduce el porcentaje de absorción de la FB en un 16.3 %, resultado que es sobresaliente ya que garantiza que nuestro tratamiento con Hidróxido de Calcio fue adecuado y además cumplió con las expectativas deseadas. (Ver Anexo A.3)

3.3.6 Humedad de la FB

El ensayo consistió en pesar el material tal y como se encuentra expuesto al medio ambiente, posteriormente se introdujo este material al horno durante 24 horas a una temperatura de 100 °C y se obtuvo el peso Seco y luego el porcentaje de Humedad.

Se determinó la Humedad de la Fibra de Bagazo con tratamiento superficial y sin tratamiento teniendo como resultado lo siguiente:

Cuadro 3.21 Humedad de la Fibra de Bagazo (FB) sin Tratamiento

MUESTRA N°	PESO MUESTRA HÚMEDA (gr)	PESO MUESTRA SECA (gr)	PESO DEL AGUA (gr)	PORCEN. DE HUMEDAD (%)
1	150,00	140,00	10,00	7,14
2	150,00	138,20	11,80	8,54
3	150,00	141,60	8,40	5,93
PROMEDIO				7,20

Fuente: Elaboración Propia

Cuadro 3.22 Humedad de la Fibra de Bagazo (FB) con Tratamiento

MUESTRA N°	PESO MUESTRA HÚMEDA (gr)	PESO MUESTRA SECA (gr)	PESO DEL AGUA (gr)	PORCEN. DE HUMEDAD (%)
1	150,00	146,30	3,70	2,53
2	150,00	148,20	1,80	1,21
3	150,00	145,30	4,70	3,23
PROMEDIO				2,33

Fuente: Elaboración Propia

La Humedad de la FB a utilizarse en la dosificación será de 2.33% ya que es el valor de nuestro material con tratamiento superficial. (Ver Anexo A.3)

3.4 Ceniza de Bagazo de Caña de Azúcar (CB)

3.4.1 Granulometría de la CB

La Granulometría de la CB se realizó utilizando los tamices dispuestos por la Norma ASTM para el Agregado Fino. Este ensayo se realizó con el fin de separar las impurezas que se encuentran presentes en la muestra.

Figura 3.19 Equipo para determinar la Granulometría de la Ceniza de Bagazo (CB)



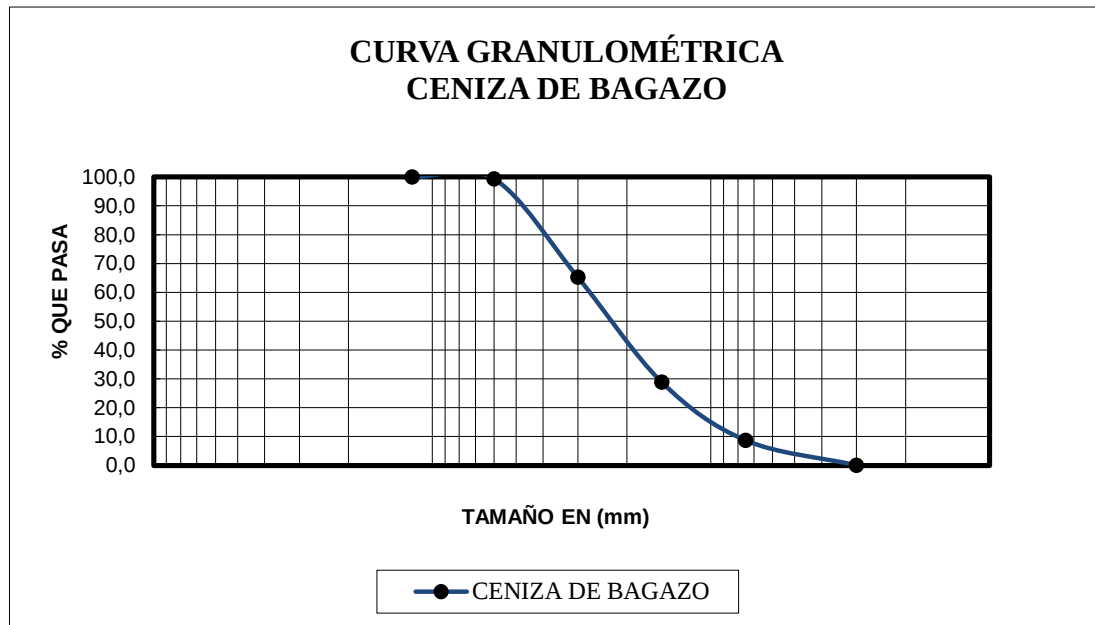
Fuente: Elaboración Propia

Cuadro 3.23 Granulometría de la Ceniza de Bagazo (CB)

Peso Total (gr.) =			500			
Tamices	Tamaño (mm)	Peso Ret.	Ret. Acum	% Ret. Acum	% Que pasa del total	
Nº16	1,18	0,00	0,00	0,00	100,0	
Nº30	0,60	3,40	3,40	0,68	99,3	
Nº50	0,30	170,60	174,00	34,80	65,2	
CENIZA	Nº100	0,15	181,80	355,80	71,16	28,8
	Nº200	0,075	100,70	456,50	91,30	8,7
	BASE		43,2	499,70	99,94	0,1
		SUMA=	499,7			
		PÉRDIDAS=	0,3			

Fuente: Elaboración Propia

Cuadro 3.24 Curva Granulométrica de la Ceniza de Bagazo (CB)



Fuente: Elaboración Propia

La ceniza que se empleará en este trabajo de investigación será aquella que pase el tamiz N° 50 debido a que a partir de ese tamiz se puede apreciar que la muestra no presenta impurezas significativas. (Ver Anexo A.3)

3.4.2 Preparación de la CB

Habiendo separado todas las impurezas por medio del tamizado previo, es necesario pulverizar este material; el proceso de pulverización se realizó con un molino de bolas perteneciente al Laboratorio Físico de la Fábrica de Cemento el Puente SOCBOCE.

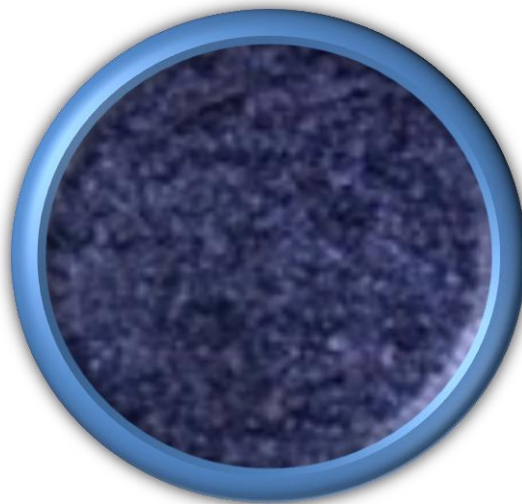
El Molino tiene una capacidad de 5 kg; además, las bolas de acero poseen una granulometría variada desde 1 a 5 cm de diámetro, el periodo de molienda fue de 30 minutos, debido a que en este tiempo se tiene un material bastante fino y homogéneo.

Figura 3.20 Preparación de la CB en el Molino de Bolas



Fuente: Elaboración Propia

Figura 3.21 Muestra de Ceniza de Bagazo (FB)



Fuente: Elaboración Propia

3.4.3 Peso Específico del Cemento

Se realizó usando el método de Le Chatelier en el laboratorio de Control de Calidad del Cemento, dentro de las instalaciones de SOBOCE - EL PUENTE; utilizando el material pulverizado por el Molino de Bolas.

Figura 3.22 Frasco de Le Chatelier para determinar el Peso Específico de la Ceniza de Bagazo (CB)



Fuente: Elaboración Propia

Cuadro 3.25 Peso Específico del Cemento

DESCRIPCIÓN	P (gr/cm ³)	Vi (cm ³)	Vf (cm ³)	V (cm ³)	PE (gr/cm ³)	PE-MEDIA (gr/cm ³)
CENIZA DE BAGAZO (CB.)	50,00	0,00	22	22,00	2,27	2,27
		0,20	22,3	22,10	2,26	
		0,50	22,4	21,90	2,28	

Fuente: Elaboración Propia

El resultado obtenido del Peso Específico de la Ceniza de Bagazo molida por 30 minutos en el Molino de Bolas es de 2.27 gr/cm³ este valor se encuentra próximo al del cemento. (Ver Anexo A.2)

3.4.4 Superficie Específica de Blaine o Finura

Este ensayo se lo realizó en el laboratorio de Control de Calidad del Cemento, dentro de las instalaciones de SOBOCE - EL PUENTE utilizando el material pulverizado por el Molino de Bolas.

Figura 3.23 Permeabilímetro de Blaine para determinar la Finura de la Ceniza de Bagazo (CB)



Fuente: Elaboración Propia

Cuadro 3.26 Superficie Específica de Blaine de la Ceniza de Bagazo (CB)

DESCRIPCIÓN	PE (gr/cm ³)	M (gr)	f -	t (seg)	BL (cm ² /gr)	BL-MEDIA (cm ² /gr)
CENIZA DE BAGAZO (CB.)	2,27	1,9498	447,8	72,00	3800	3843,30
			447,8	75,00	3878	
			447,8	74,00	3852	

Fuente: Elaboración Propia

Los rangos que debe cumplir la Superficie Específica de Blaine es mayor o igual a 2600 cm²/gr. Nuestra muestra cumple con ese parámetro y hasta nos muestra un valor que representa mayor finura que la del cemento. (Ver Anexo A.2)

3.4.5 Rechazos en malla 200 y 325

Este ensayo se lo realizó en el laboratorio de Control de Calidad del Cemento, dentro de las instalaciones de SOBOCE - EL PUENTE utilizando el material pulverizado por el Molino de Bolas.

Figura 3.24 Malla 200 y 325 para determinar la Finura de la Ceniza de Bagazo (CB)



Fuente: Elaboración Propia

Cuadro 3.27 Rechazos de la Ceniza de Bagazo (CB) en Malla 200 y 325

DESCRIPCIÓN	R (#200) (gr)	R (#325) (gr)	Re 200 %	Re 325 %	Re 200 MEDIA	Re 325 MEDIA
CENIZA DE BAGAZO (CB.)	0,0252	0,0552	2,52	5,91	2,57	5,75
	0,0263	0,0526	2,63	5,63		
	0,0255	0,0534	2,55	5,72		

Fuente: Elaboración Propia

El peso de la muestra a ensayar es de 1 gr y el porcentaje máximo de retenido por la malla 200 debe de ser menor o igual al 15% como explica la norma ASTM C 430. La muestra de Ceniza de Bagazo (CB) cumple con este parámetro. (Ver Anexo A.2)

3.5 Dosificación de Bloques de Hormigón

Una vez culminado con la caracterización de los Agregados y las Adiciones, es necesario determinar las condiciones necesarias para la dosificación.

EL Método de Dosificación a emplearse para este Trabajo de Investigación es el del American Concrete Institute (ACI) ya que este se basa en tablas empíricas confiables mediante las cuales se especifican las condiciones de partida para la dosificación.

3.5.1 Resumen de la caracterización de los agregados y adiciones

A continuación, se muestra el resumen de las características de los materiales (Agregados, Cemento y Adiciones) necesarios para la Dosificación de nuestros Bloques. (Ver Anexo A.5)

Cuadro 3.28 Características del Agregado Grueso

GRAVILLA		
Procedencia:	Chancadora San Mateo	
CARACTERÍSTICAS		
Propiedad	Cantidad	Unidad
Tamaño Máximo	1/2	Pulgada
T. Máximo Nominal	3/8	Pulgada
Módulo de Finura	6	-
Peso Unitario Suelto	1,49	gr/cm3
Peso Unitario Compactado	1,61	gr/cm3
Peso Específico	2,56	gr/cm3
Absorción	1,57	%
Humedad	2,03	%

Fuente: Elaboración Propia

Cuadro 3.29 Características del Agregado Fino

ARENA		
Procedencia:	Chancadora San Mateo	
CARACTERÍSTICAS		
Propiedad	Cantidad	Unidad
Módulo de Finura	3,02	-
Peso Unitario Suelto	1,7	gr/cm3
Peso Unitario Compactado	1,83	gr/cm3
Peso Específico	2,45	gr/cm3
Absorción	0,92	%
Humedad	5,57	%

Fuente: Elaboración Propia

Cuadro 3.30 Características del Cemento

CEMENTO		
Procedencia:	SOBOCE El Puente	
CARACTERÍSTICAS		
Propiedad	Cantidad	Unidad
Peso Específico	3,14	gr/cm3
Superficie Específica	3330,99	cm2/gr
Rechazo Malla N° 200	1,58	%
Rechazo Malla N° 325	15,23	%

Fuente: Elaboración Propia

Cuadro 3.31 Características de la Fibra de Bagazo de Caña de Azúcar (FB)

FIBRA DE BAGAZO		
Procedencia:	IABSA	
CARACTERÍSTICAS		
Propiedad	Cantidad	Unidad
Peso Específico	0,107	gr/cm3
Absorción	36,43	%
Humedad	2,33	%

Fuente: Elaboración Propia

Cuadro 3.32 Características de la Ceniza de Bagazo de Caña de Azúcar (CB)

CENIZA DE BAGAZO		
Procedencia:	IABSA	
CARACTERÍSTICAS		
Propiedad	Cantidad	Unidad
Peso Específico	2,27	gr/cm3
Superficie Específica	3843,3	cm2/gr
Rechazo Malla N° 200	2,57	%
Rechazo Malla N° 325	5,75	%

Fuente: Elaboración Propia

3.5.2 Dosificación Patrón

DOSIFICACIÓN PATRÓN

Cuadro 3.33 Dosificación Patrón – Diseño en Volumen

DOSIFICACIÓN PATRÓN (VOL.)		
Material	Unidad	Cantidad
Agua	m3	0,205
Cemento	m3	0,080
Grava	m3	0,277
Arena	m3	0,409
Aire	m3	0,030

Fuente: Elaboración Propia

Cuadro 3.34 Dosificación Patrón – Diseño en Estado Seco

DISEÑO EN ESTADO SECO		
Material	Unidad	Cantidad
Agua	Kg/m3	205,00
Cemento	Kg/m3	250,00
Grava	Kg/m3	708,40
Arena	Kg/m3	1001,23
Aire	%	3,00

Fuente: Elaboración Propia

Cuadro 3.35 Dosificación Patrón – Diseño en Estado Húmedo

DISEÑO EN ESTADO HUMEDO		
Material	Unidad	Cantidad
Agua	Kg/m3	155,18
Cemento	Kg/m3	250,00
Grava	Kg/m3	722,78
Arena	Kg/m3	1056,99
Aire	%	3,00

Fuente: Elaboración Propia

Cuadro 3.36 Dosificación Patrón para 6 Bloques

CONDICIONES INICIALES		
Bloques	Nº	6
Vol de 1 bloque	m3	0,006973
Pérdidas	%	10
DOSIFICACIÓN EN ESTADO HÚMEDO		
Material	Unidad	Cantidad
Agua	Kg/m3	7,14
Cemento	Kg/m3	11,51
Grava	Kg/m3	33,26
Arena	Kg/m3	48,64
Aire	%	3,00

Fuente: Elaboración Propia

3.5.3 Dosificación con Fibra de Bagazo (FB)

DOSIFICACIÓN CON FB 10%

Cuadro 3.37 Dosificación con FB 10% - Diseño en Volumen

DOSIFICACIÓN C/FB 10% (VOL)		
Material	Unidad	Cantidad
Agua	m3	0,205
Cemento	m3	0,080
Grava	m3	0,277
Arena	m3	0,368
Aire	m3	0,030
FB	m3	0,041

Fuente: Elaboración Propia

Cuadro 3.38 Dosificación con FB 10% - Diseño en Estado Seco

DISEÑO ESTADO SECO		
Material	Unidad	Cantidad
Agua	Kg/m3	205,00
Cemento	Kg/m3	250,00
Grava	Kg/m3	708,40
Arena	Kg/m3	901,10
Aire	%	3,00
FB Seca	Kg/m3	4,37

Fuente: Elaboración Propia

Cuadro 3.39 Dosificación con FB 10% - Diseño en Estado Húmedo

DISEÑO ESTADO HÚMEDO		
Material	Unidad	Cantidad
Agua	Kg/m3	155,18
Cemento	Kg/m3	250,00
Grava	Kg/m3	722,78
Arena	Kg/m3	951,29
Aire	%	3,00
FB Saturada	Kg/m3	5,86

Fuente: Elaboración Propia

Cuadro 3.40 Dosificación con FB 10% para 6 Bloques

CONDICIONES INICIALES		
Fibra Bagazo	10	%
Bloques	Nº	6
Vol de 1 bloque	m3	0,006973
Pérdidas	%	10
DOSIFICACIÓN EN ESTADO HÚMEDO		
Material	Unidad	Cantidad
Agua	Kg/m3	7,14
Cemento	Kg/m3	11,51
Grava	Kg/m3	33,26
Arena	Kg/m3	43,78
Aire	%	3,00
FB Saturada	Kg/m3	0,27

Fuente: Elaboración Propia

DOSIFICACIÓN CON FB 20%

Cuadro 3.41 Dosificación con FB 20% - Diseño en Estado Húmedo

DOSIFICACIÓN C/FB 20% (VOL)		
Material	Unidad	Cantidad
Agua	m3	0,205
Cemento	m3	0,080
Grava	m3	0,277
Arena	m3	0,327
Aire	m3	0,030
FB	m3	0,082

Fuente: Elaboración Propia

Cuadro 3.42 Dosificación con FB 20% - Diseño en Estado Seco

DISEÑO ESTADO SECO		
Material	Unidad	Cantidad
Agua	Kg/m3	205,00
Cemento	Kg/m3	250,00
Grava	Kg/m3	708,40
Arena	Kg/m3	800,98
Aire	%	3,00
FB Seca	Kg/m3	8,75

Fuente: Elaboración Propia

Cuadro 3.43 Dosificación con FB 20% - Diseño en Estado Húmedo

DISEÑO ESTADO HÚMEDO		
Material	Unidad	Cantidad
Agua	Kg/m3	155,18
Cemento	Kg/m3	250,00
Grava	Kg/m3	722,78
Arena	Kg/m3	845,59
Aire	%	3,00
FB Saturada	Kg/m3	11,73

Fuente: Elaboración Propia

Cuadro 3.44 Dosificación con FB 20% para 6 Bloques

CONDICIONES INICIALES		
Fibra Bagazo	20	%
Bloques	Nº	6
Vol de 1 bloque	m3	0,006973
Pérdidas	%	10
DOSIFICACIÓN EN ESTADO HÚMEDO		
Material	Unidad	Cantidad
Agua	Kg/m3	7,14
Cemento	Kg/m3	11,51
Grava	Kg/m3	33,26
Arena	Kg/m3	38,92
Aire	%	3,00
FB Saturada	Kg/m3	0,54

Fuente: Elaboración Propia

DOSIFICACIÓN CON FB 30%

Cuadro 3.45 Dosificación con FB 30% - Diseño en Volumen

DOSIFICACIÓN C/FB 30% (VOL)		
Material	Unidad	Cantidad
Agua	m3	0,205
Cemento	m3	0,080
Grava	m3	0,277
Arena	m3	0,286
Aire	m3	0,030
FB	m3	0,123

Fuente: Elaboración Propia

Cuadro 3.46 Dosificación con FB 30% - Diseño en Estado Seco

DISEÑO ESTADO SECO		
Material	Unidad	Cantidad
Agua	Kg/m3	205,00
Cemento	Kg/m3	250,00
Grava	Kg/m3	708,40
Arena	Kg/m3	700,86
Aire	%	3,00
FB Seca	Kg/m3	13,12

Fuente: Elaboración Propia

Cuadro 3.47 Dosificación con FB 30% - Diseño en Estado Húmedo

DISEÑO ESTADO HÚMEDO		
Material	Unidad	Cantidad
Agua	Kg/m3	155,18
Cemento	Kg/m3	250,00
Grava	Kg/m3	722,78
Arena	Kg/m3	739,90
Aire	%	3,00
FB Saturada	Kg/m3	17,59

Fuente: Elaboración Propia

Cuadro 3.48 Dosificación con FB 30% para 6 Bloques

CONDICIONES INICIALES		
Fibra Bagazo	30	%
Bloques	Nº	6
Vol de 1 bloque	m3	0,006973
Pérdidas	%	10
DOSIFICACIÓN EN ESTADO HÚMEDO		
Material	Unidad	Cantidad
Agua	Kg/m3	7,14
Cemento	Kg/m3	11,51
Grava	Kg/m3	33,26
Arena	Kg/m3	34,05
Aire	%	3,00
FB Saturada	Kg/m3	0,81

Fuente: Elaboración Propia

DOSIFICACIÓN CON FB 40%

Cuadro 3.49 Dosificación con FB 40% - Diseño en Volumen

DOSIFICACIÓN C/FB 40% (VOL)		
Material	Unidad	Cantidad
Agua	m3	0,205
Cemento	m3	0,080
Grava	m3	0,277
Arena	m3	0,245
Aire	m3	0,030
FB	m3	0,163

Fuente: Elaboración Propia

Cuadro 3.50 Dosificación con FB 40% - Diseño en Estado Seco

DISEÑO ESTADO SECO		
Material	Unidad	Cantidad
Agua	Kg/m3	205,00
Cemento	Kg/m3	250,00
Grava	Kg/m3	708,40
Arena	Kg/m3	600,74
Aire	%	3,00
FB Seca	Kg/m3	17,49

Fuente: Elaboración Propia

Cuadro 3.51 Dosificación con FB 40% - Diseño en Estado Húmedo

DISEÑO ESTADO HÚMEDO		
Material	Unidad	Cantidad
Agua	Kg/m3	155,18
Cemento	Kg/m3	250,00
Grava	Kg/m3	722,78
Arena	Kg/m3	634,20
Aire	%	3,00
FB Saturada	Kg/m3	23,46

Fuente: Elaboración Propia

Cuadro 3.52 Dosificación con FB 40% para 6 Bloques

CONDICIONES INICIALES		
Fibra Bagazo	40	%
Bloques	Nº	6
Vol de 1 bloque	m3	0,006973
Pérdidas	%	10
DOSIFICACIÓN EN ESTADO HÚMEDO		
Material	Unidad	Cantidad
Agua	Kg/m3	7,14
Cemento	Kg/m3	11,51
Grava	Kg/m3	33,26
Arena	Kg/m3	29,19
Aire	%	3,00
FB Saturada	Kg/m3	1,08

Fuente: Elaboración Propia

DOSIFICACIÓN CON FB 50%

Cuadro 3.53 Dosificación con FB 50% - Diseño en Estado Húmedo

DOSIFICACIÓN C/FB 50% (VOL)		
Material	Unidad	Cantidad
Agua	m3	0,205
Cemento	m3	0,080
Grava	m3	0,277
Arena	m3	0,204
Aire	m3	0,030
FB	m3	0,204

Fuente: Elaboración Propia

Cuadro 3.54 Dosificación con FB 50% - Diseño en Estado Seco

DISEÑO ESTADO SECO		
Material	Unidad	Cantidad
Agua	Kg/m3	205,00
Cemento	Kg/m3	250,00
Grava	Kg/m3	708,40
Arena	Kg/m3	500,61
Aire	%	3,00
FB Seca	Kg/m3	21,86

Fuente: Elaboración Propia

Cuadro 3.55 Dosificación con FB 50% - Diseño en Estado Húmedo

DISEÑO ESTADO HÚMEDO		
Material	Unidad	Cantidad
Agua	Kg/m3	155,18
Cemento	Kg/m3	250,00
Grava	Kg/m3	722,78
Arena	Kg/m3	528,50
Aire	%	3,00
FB Saturada	Kg/m3	29,32

Fuente: Elaboración Propia

Cuadro 3.56 Dosificación con FB 20% para 6 Bloques

CONDICIONES INICIALES		
Fibra Bagazo	50	%
Bloques	Nº	6
Vol de 1 bloque	m3	0,006973
Pérdidas	%	10
DOSIFICACIÓN EN ESTADO HÚMEDO		
Material	Unidad	Cantidad
Agua	Kg/m3	7,14
Cemento	Kg/m3	11,51
Grava	Kg/m3	33,26
Arena	Kg/m3	24,32
Aire	%	3,00
FB Saturada	Kg/m3	1,35

Fuente: Elaboración Propia

3.5.4 Dosificación con Ceniza de Bagazo (CB)

DOSIFICACIÓN CON CB 5%

Cuadro 3.57 Dosificación con CB 5% - Diseño en Volumen

DOSIFICACIÓN C/CB 5% (VOL)		
Material	Unidad	Cantidad
Agua	m3	0,205
Cemento	m3	0,076
Grava	m3	0,277
Arena	m3	0,409
Aire	m3	0,030
Ceniza B.	m3	0,004

Fuente: Elaboración Propia

Cuadro 3.58 Dosificación con CB 5% - Diseño en Estado Seco

DISEÑO ESTADO SECO		
Material	Unidad	Cantidad
Agua	Kg/m3	205,00
Cemento	Kg/m3	237,50
Grava	Kg/m3	708,40
Arena	Kg/m3	1001,23
Aire	%	3,00
Ceniza B.	Kg/m3	9,04

Fuente: Elaboración Propia

Cuadro 3.59 Dosificación con CB 5% - Diseño en Estado Húmedo

DISEÑO ESTADO HÚMEDO		
Material	Unidad	Cantidad
Agua	Kg/m3	155,18
Cemento	Kg/m3	237,50
Grava	Kg/m3	722,78
Arena	Kg/m3	1056,99
Aire	%	3,00
Ceniza B.	Kg/m3	9,04

Fuente: Elaboración Propia

Cuadro 3.60 Dosificación con CB 5% para 6 Bloques

CONDICIONES INICIALES		
Ceniza B.	5	%
Bloques	Nº	6
Vol de 1 bloque	m3	0,006973
Pérdidas	%	10
DOSIFICACIÓN EN ESTADO HÚMEDO		
Material	Unidad	Cantidad
Agua	Kg/m3	7,14
Cemento	Kg/m3	10,93
Grava	Kg/m3	33,26
Arena	Kg/m3	48,64
Aire	%	3,00
Ceniza B.	Kg/m3	0,42

Fuente: Elaboración Propia

DOSIFICACIÓN CON CB 10%

Cuadro 3.61 Dosificación con CB 10% - Diseño en Volumen

DOSIFICACIÓN C/CB 10% (VOL)		
Material	Unidad	Cantidad
Agua	m3	0,205
Cemento	m3	0,072
Grava	m3	0,277
Arena	m3	0,409
Aire	m3	0,030
Ceniza B.	m3	0,008

Fuente: Elaboración Propia

Cuadro 3.62 Dosificación con CB 10% - Diseño en Estado Seco

DISEÑO ESTADO SECO		
Material	Unidad	Cantidad
Agua	Kg/m3	205,00
Cemento	Kg/m3	225,00
Grava	Kg/m3	708,40
Arena	Kg/m3	1001,23
Aire	%	3,00
Ceniza B.	Kg/m3	18,07

Fuente: Elaboración Propia

Cuadro 3.63 Dosificación con CB 10% - Diseño en Estado Húmedo

DISEÑO ESTADO HÚMEDO		
Material	Unidad	Cantidad
Agua	Kg/m3	155,18
Cemento	Kg/m3	225,00
Grava	Kg/m3	722,78
Arena	Kg/m3	1056,99
Aire	%	3,00
Ceniza B.	Kg/m3	18,07

Fuente: Elaboración Propia

Cuadro 3.64 Dosificación con CB 10% para 6 Bloques

CONDICIONES INICIALES		
Ceniza B.	10	%
Bloques	Nº	6
Vol de 1 bloque	m3	0,006973
Pérdidas	%	10
DOSIFICACIÓN EN ESTADO HÚMEDO		
Material	Unidad	Cantidad
Agua	Kg/m3	7,14
Cemento	Kg/m3	10,35
Grava	Kg/m3	33,26
Arena	Kg/m3	48,64
Aire	%	3,00
Ceniza B.	Kg/m3	0,83

Fuente: Elaboración Propia

DOSIFICACIÓN CON CB 15%

Cuadro 3.65 Dosificación con CB 15% - Diseño en Volumen

DOSIFICACIÓN C/CB 15% (VOL)		
Material	Unidad	Cantidad
Agua	m3	0,205
Cemento	m3	0,068
Grava	m3	0,277
Arena	m3	0,409
Aire	m3	0,030
Ceniza B.	m3	0,012

Fuente: Elaboración Propia

Cuadro 3.66 Dosificación con CB 15% - Diseño en Estado Seco

DISEÑO ESTADO SECO		
Material	Unidad	Cantidad
Agua	Kg/m3	205,00
Cemento	Kg/m3	212,50
Grava	Kg/m3	708,40
Arena	Kg/m3	1001,23
Aire	%	3,00
Ceniza B.	Kg/m3	27,11

Fuente: Elaboración Propia

Cuadro 3.67 Dosificación con CB 15% - Diseño en Estado Húmedo

DISEÑO ESTADO HÚMEDO		
Material	Unidad	Cantidad
Agua	Kg/m3	155,18
Cemento	Kg/m3	212,50
Grava	Kg/m3	722,78
Arena	Kg/m3	1056,99
Aire	%	3,00
Ceniza B.	Kg/m3	27,11

Fuente: Elaboración Propia

Cuadro 3.68 Dosificación con CB 15% para 6 Bloques

CONDICIONES INICIALES		
Ceniza B.	15	%
Bloques	Nº	6
Vol de 1 bloque	m3	0,006973
Pérdidas	%	10
DOSIFICACIÓN EN ESTADO HÚMEDO		
Material	Unidad	Cantidad
Agua	Kg/m3	7,14
Cemento	Kg/m3	9,78
Grava	Kg/m3	33,26
Arena	Kg/m3	48,64
Aire	%	3,00
Ceniza B.	Kg/m3	1,25

Fuente: Elaboración Propia

DOSIFICACIÓN CON CB 20%

Cuadro 3.69 Dosificación con CB 20% - Diseño en Volumen

DOSIFICACIÓN C/CB 20% (VOL)		
Material	Unidad	Cantidad
Agua	m3	0,205
Cemento	m3	0,064
Grava	m3	0,277
Arena	m3	0,409
Aire	m3	0,030
Ceniza B.	m3	0,016

Fuente: Elaboración Propia

Cuadro 3.70 Dosificación con CB 20% - Diseño en Estado Seco

DISEÑO ESTADO SECO		
Material	Unidad	Cantidad
Agua	Kg/m3	205,00
Cemento	Kg/m3	200,00
Grava	Kg/m3	708,40
Arena	Kg/m3	1001,23
Aire	%	3,00
Ceniza B.	Kg/m3	36,15

Fuente: Elaboración Propia

Cuadro 3.71 Dosificación con CB 20% - Diseño en Estado Húmedo

DISEÑO ESTADO HÚMEDO		
Material	Unidad	Cantidad
Agua	Kg/m3	155,18
Cemento	Kg/m3	200,00
Grava	Kg/m3	722,78
Arena	Kg/m3	1056,99
Aire	%	3,00
Ceniza B.	Kg/m3	36,15

Fuente: Elaboración Propia

Cuadro 3.72 Dosificación con CB 20% para 6 Bloques

CONDICIONES INICIALES		
Ceniza B.	20	%
Bloques	Nº	6
Vol de 1 bloque	m3	0,006973
Pérdidas	%	10
DOSIFICACIÓN EN ESTADO HÚMEDO		
Material	Unidad	Cantidad
Agua	Kg/m3	7,14
Cemento	Kg/m3	9,20
Grava	Kg/m3	33,26
Arena	Kg/m3	48,64
Aire	%	3,00
Ceniza B.	Kg/m3	1,66

Fuente: Elaboración Propia

DOSIFICACIÓN CON CB 25%

Cuadro 3.73 Dosificación con CB 25% - Diseño en Volumen

DOSIFICACIÓN C/CB 25% (VOL)		
Material	Unidad	Cantidad
Agua	m3	0,205
Cemento	m3	0,060
Grava	m3	0,277
Arena	m3	0,409
Aire	m3	0,030
Ceniza B.	m3	0,020

Fuente: Elaboración Propia

Cuadro 3.74 Dosificación con CB 25% - Diseño en Estado Seco

DISEÑO ESTADO SECO		
Material	Unidad	Cantidad
Agua	Kg/m3	205,00
Cemento	Kg/m3	187,50
Grava	Kg/m3	708,40
Arena	Kg/m3	1001,23
Aire	%	3,00
Ceniza B.	Kg/m3	45,18

Fuente: Elaboración Propia

Cuadro 3.75 Dosificación con CB 25% - Diseño en Estado Húmedo

DISEÑO ESTADO HÚMEDO		
Material	Unidad	Cantidad
Agua	Kg/m3	155,18
Cemento	Kg/m3	187,50
Grava	Kg/m3	722,78
Arena	Kg/m3	1056,99
Aire	%	3,00
Ceniza B.	Kg/m3	45,18

Fuente: Elaboración Propia

Cuadro 3.76 Dosificación con CB 25% para 6 Bloques

CONDICIONES INICIALES		
Ceniza B.	25	%
Bloques	Nº	6
Vol de 1 bloque	m3	0,006973
Pérdidas	%	10
DOSIFICACIÓN EN ESTADO HÚMEDO		
Material	Unidad	Cantidad
Agua	Kg/m3	7,14
Cemento	Kg/m3	8,63
Grava	Kg/m3	33,26
Arena	Kg/m3	48,64
Aire	%	3,00
Ceniza B.	Kg/m3	2,08

Fuente: Elaboración Propia

3.6 Fabricación de los Bloques de Hormigón

Los Especímenes para este trabajo de Investigación se Fabricaron en la Fábrica REMIME “Renán Miranda Méndez” ubicada en el Parque Industrial CADEPIA “Cámara Departamental de la Pequeña Industria y Artesanía” que se encuentra atrás de FABA “Fábrica de Alimentos Balanceados” y colinda con el Tecnológico Tarija.

Figura 3.25 Mural de la Fábrica de Bloques REMIME



Fuente: Elaboración Propia

Una vez determinada la dosificación para cada porcentaje de adición, es necesario realizar un seguimiento al Flujograma de Producción para fabricar los especímenes correspondientes.

3.6.1 Mezclado

Para el Mezclado de los materiales se utilizó una máquina mezcladora para lograr una distribución homogénea de los agregados.

Figura 3.26 Mezclado – Máquina Mezcladora



Fuente: Elaboración Propia

Para la Dosificación Patrón se mezcló en seco los agregados con el cemento durante 2 minutos; posteriormente, se agregó el agua de forma paulatina continuando con el mezclado durante unos 5 minutos aproximadamente.

Para la Dosificación con FB se mezcló en seco los agregados con el cemento durante 2 minutos; seguidamente, se agregó la FB Saturada junto con el agua continuando con el mezclado durante unos 5 minutos aproximadamente.

Para la Dosificación con CB se mezcló en seco los agregados con el cemento y además la CB durante 2 minutos; seguidamente, se agregó el agua continuando con el mezclado durante unos 5 minutos aproximadamente.

3.6.2 Asentamiento de la Mezcla

Luego del Mezclado es necesario determinar el asentamiento que nuestra mezcla puede llegar a alcanzar por lo que se realizó este ensayo del Cono de Abrams de cada porcentaje de adición.

Figura 3.27 Asentamiento – Cono de Abrams



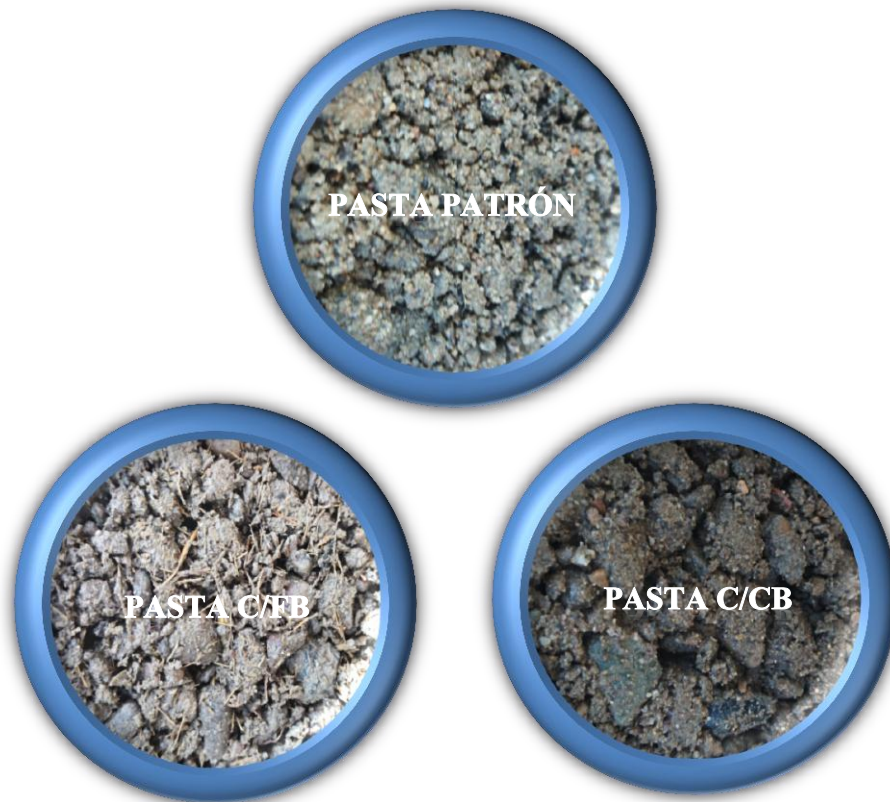
Fuente: Elaboración Propia

Cuadro 3.77 Asentamiento – Forma de Compactación

Consistencia	Asentamiento del Cono	Forma de Compactación
Seca	0 a 2	Vibrado Energético en Taller
Plástica	3 a 5	Vibrado energético en Obra
Blanda	6 a 9	Vibrado o Apisonado
Fluida	10 a 15	Picado con Barra
Líquida	16	No apta para elementos resistentes

Fuente: Norma ACI

Figura 3.28 Asentamiento – Pastas a Ensayar



Fuente: Elaboración Propia

Cuadro 3.78 Asentamiento – Pasta con Fibra de Bagazo (FB)

Asentamiento de la Pasta (Cono de Abrams)						
Tipo de Pasta	Patrón	FB 10%	FB 20%	FB 30%	FB 40%	FB 50%
Asent. En (cm)	1,5	1,2	1,2	1,2	0,8	0,6

Fuente: Elaboración Propia

Cuadro 3.79 Asentamiento – Pasta con Ceniza de Bagazo (CB)

Asentamiento de la Pasta (Cono de Abrams)						
Tipo de Pasta	Patrón	CB 5%	CB 10%	CB 15%	CB 20%	CB 25%
Asent. En (cm)	1,5	1,4	1,5	1,5	1,3	1,4

Fuente: Elaboración Propia

Podemos observar que nuestro asentamiento en la Pasta con FB va disminuyendo según va aumentando el porcentaje de adición con respecto a la Pasta Patrón.

Podemos observar que nuestro asentamiento en la Pasta con CB es muy similar al de la Pasta Patrón sin importar el porcentaje de adición.

También se observa que la Pasta Patrón tiene el Asentamiento Máximo de 1.5 cm entre todas las pastas; este valor nos indica que es una pasta de consistencia seca y necesita de Vibración Energética. Este tipo de Pasta es la ideal para la Fabricación de Bloques.

3.6.3 Vaciado y Vibrado de los Bloques

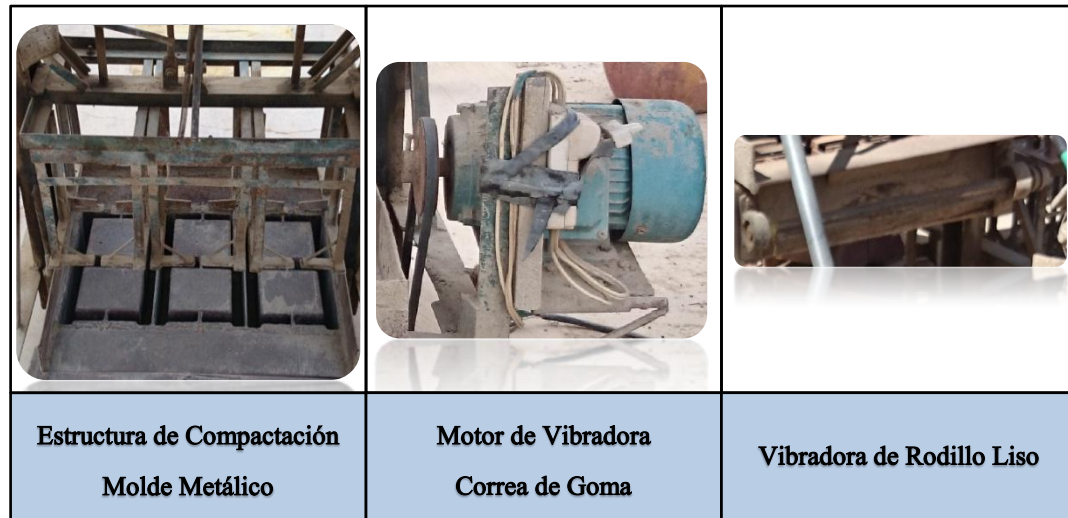
Para el Vaciado y Vibrado de los Bloques de Hormigón se utilizó una Máquina Bloquera la cual presenta en su parte derecha una vibradora de rodillo liso que se acciona eléctricamente.

Figura 3.29 Vaciado y Vibrado – Máquina Bloquera



Fuente: Elaboración Propia

Figura 3.30 Vaciado y Vibrado – Partes de la Máquina Bloquera



Fuente: Elaboración Propia

El Vaciado y Vibrado se realizó de la siguiente manera:

- 1.- Con la ayuda de una Pala se llevó la pasta hasta el depósito (Plancha Metálica) que se encuentra en frente de los moldes.
- 2.- Posteriormente se movió el material al interior de los Moldes con la ayuda de una herramienta metálica de arrastre (similar a un Haragán).
- 3.- Una vez llenos los moldes se prosiguió con el respectivo vibrado de la primera capa de nuestros Bloques; el vibrado tuvo una duración de 1 minuto.
- 4.- Luego se repitieron los tres primeros pasos hasta llenar los Bloques con mezcla vibro-compactada; al culminar con el tiempo de vibrado se observó que en la parte superior se forma una película de agua, esto nos indica que el tiempo ocupado para la vibración es el indicado.
- 5.- Después se suelta la Estructura de Compactación para obtener un acabado más liso del contorno de los Bloques y emparejar la altura de los mismos.

6.- Finalmente se procede al desmolde con la ayuda de un sistema de poleas accionado por una palanca sujeta a cadenas soldadas a la estructura. Tener en cuenta que se debe dejar la Estructura de Compactación asegurada para poder desmoldar.

Nota.- Tener en cuenta que antes del vaciado es esencial colocar un nylon o material de polipropileno en la parte donde se asientan los Bloques para evitar que estos se peguen al piso de cemento.

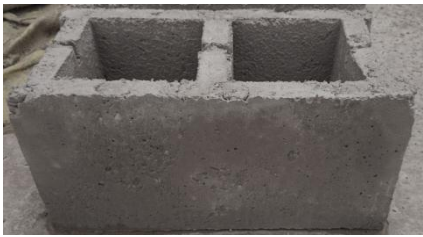
Figura 3.31 Vaciado y Vibrado – Bloques de Hormigón con FB

BLOQUES DE HORMIGÓN CON FB	
	
BLOQUE PATRÓN	BLOQUE CON FB 10%
	
BLOQUE CON FB 20%	BLOQUE CON FB 30%
	
BLOQUE CON FB 40%	BLOQUE CON FB 50%

Fuente: Elaboración Propia

Se observa en las anteriores imágenes que los Bloques con FB presentan una Rugosidad ascendente con respecto al porcentaje de adición; es decir, a mayor porcentaje de FB mayor es la rugosidad de sus paredes.

Figura 3.32 Vaciado y Vibrado – Bloques de Hormigón con CB

BLOQUES DE HORMIGÓN CON CB	
	
BLOQUE PATRÓN	BLOQUE CON CB 5%
	
BLOQUE CON CB 10%	BLOQUE CON CB 15%
	
BLOQUE CON CB 20%	BLOQUE CON CB 25%

Fuente: Elaboración Propia

Se observa en las anteriores imágenes que los Bloques con CB presentan un cambio de Coloración con respecto al porcentaje de adición; es decir, a mayor porcentaje de CB más opaco es el espécimen.

3.6.4 Curado y Almacenamiento

El curado de los Bloques se realizó aplicando agua extra a la superficie de los Bloques con un rociado de agua continuo, fino y neblinoso; de esta manera la presión del agua será mínima y no dañará la superficie de los Bloques.

Es importante tratar de mantener siempre húmeda la Superficie de los Bloques y para esto se utilizó una protección de plástico; una vez regados los Bloques con un rociador a presión se cubrió todos los Bloques con la ayuda de un nylon para hacer más lenta la pérdida de agua.

El tiempo de curado mínimo es de tres días pero para obtener mejores resultados los bloques fueron curados durante siete días debido a que mientras se cura al concreto por mayor tiempo más cerca se está de llegar a su mayor resistencia y durabilidad.

Figura 3.33 Curado y Almacenamiento – Rociador de Agua a Presión



Fuente: Elaboración Propia

Figura 3.34 Curado y Almacenamiento – Curado de Bloques



Fuente: Elaboración Propia

*Figura 3.35 Curado y Almacenamiento – Protección después del Curado
P/Mantener la Humedad*



Fuente: Elaboración Propia

Una vez transcurrido el periodo de curado, se procede con el almacenamiento de los Bloques; a partir del séptimo día se apilan los Bloques de forma entabada haciendo coincidir los huecos entre sí, es decir, la primera fila de forma vertical, la segunda de forma horizontal y así sucesivamente hasta apilar 4 filas. Posteriormente, cubrir los Bloques con nylon para mantenerlos secos y libres de humedad durante el proceso de endurecimiento.

3.7 Determinación de las Propiedades Físico Mecánicas de los Bloques

Al finalizar la etapa de fabricación de los Bloques es necesario determinar las propiedades físico mecánicas más importantes que rigen en el comportamiento y apariencia de los especímenes.

3.7.1 Análisis Dimensional

La ejecución del ensayo consiste en medir el largo, ancho, alto, espesor de paredes, dimensiones de los huecos y finalmente el radio de cartela si es que la pieza ensayada posee. Este análisis se lo realizará según la NB 1220036 y NB 1220035.

Este ensayo se realizó en primera instancia a los Bloques de dos fábricas que se encuentran en el mercado local; estas son CONCRETEC y HORMIBLOCK. Se adquirió 6 Bloques de cada fábrica para la prueba.

Posteriormente el mismo ensayo se aplicó a los Bloques fabricados para este trabajo de investigación; como las dimensiones no varían significativamente entre los Bloques Patrón, Bloques con FB y Bloques con CB, se hizo el análisis dimensional de la siguiente manera:

Para los Bloques Patrón se ocupó 6 Bloques elegidos aleatoriamente para ser ensayados.

Para los Bloques con FB se ocupó 6 Bloques elegidos aleatoriamente para ser ensayados de la siguiente manera:

- ✓ 1 Bloque con 10% de adición
- ✓ 1 Bloque con 20% de adición
- ✓ 1 Bloque con 30% de adición
- ✓ 1 Bloque con 40% de adición
- ✓ 2 Bloques con 50% de adición

Para los Bloques con CB se ocupó 6 Bloques elegidos aleatoriamente para ser ensayados de la siguiente manera;

- ✓ 1 Bloque con 5% de adición
- ✓ 1 Bloque con 10% de adición
- ✓ 1 Bloque con 15% de adición
- ✓ 1 Bloque con 20% de adición
- ✓ 2 Bloques con 25% de adición

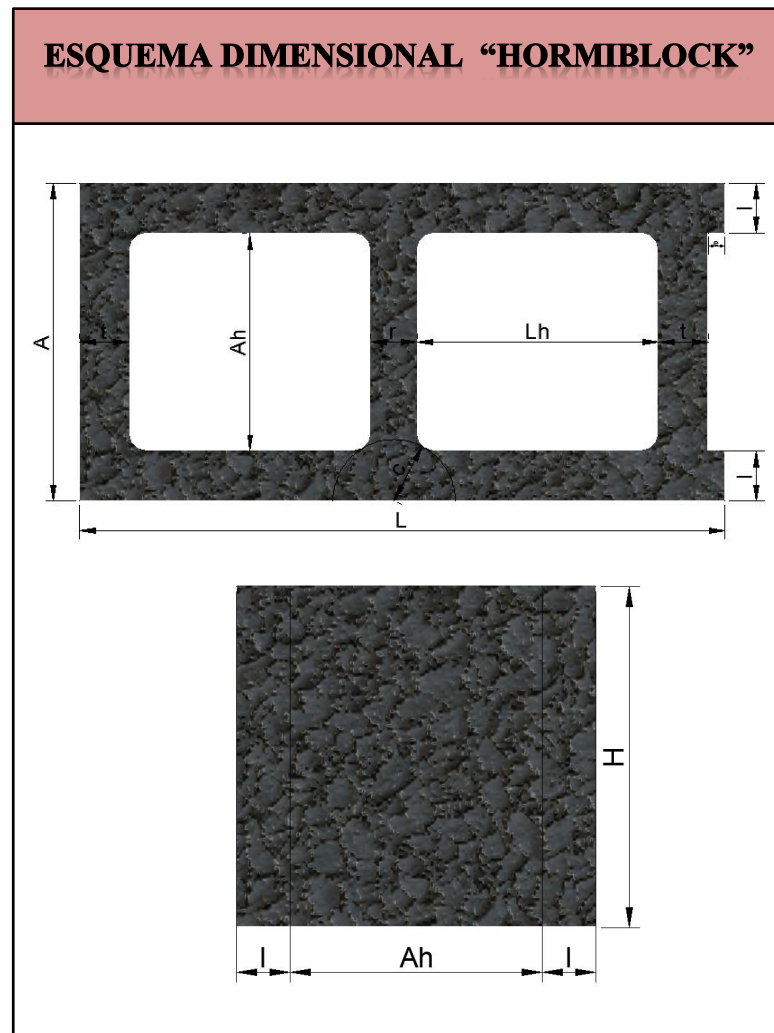
Con la ayuda de un flexómetro se tomaron todas las medidas correspondientes para el Análisis Dimensional. (Ver Anexo A.6)

Figura 3.36 Análisis Dimensional – Flexómetro



Fuente: Elaboración Propia

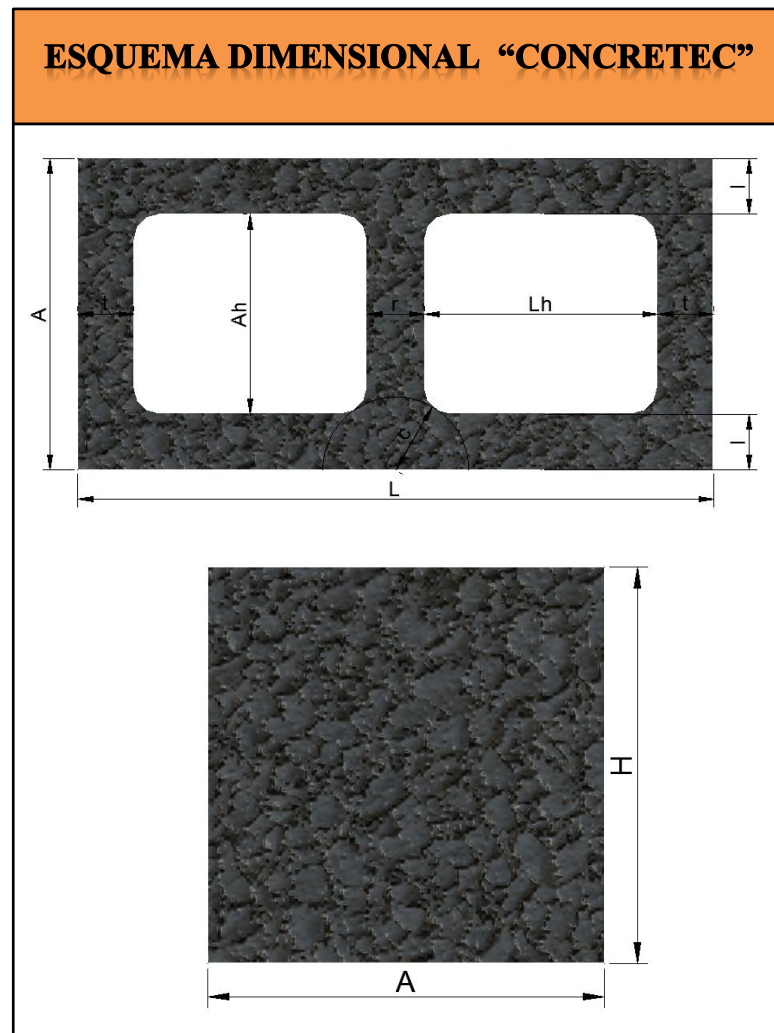
Figura 3.37 Análisis Dimensional – Esquema Dimensional Bloque HORMIBLOCK



Fuente: Elaboración Propia

Las características más relevantes que presentan los Bloques HORMIBLOCK en cuanto se refiere a forma o aspecto son: Poseen una pequeña entrada en el extremo derecho representada con “e” en el gráfico y además contemplan cartelas en las esquinas de los Huecos.

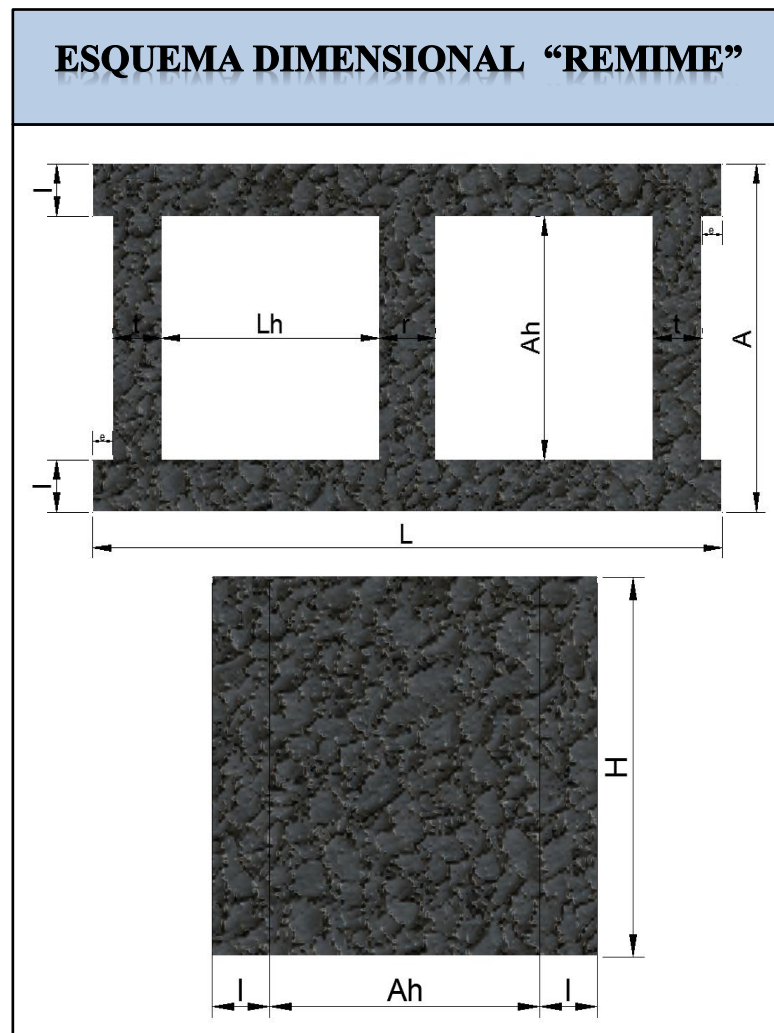
Figura 3.38 Análisis Dimensional – Esquema Dimensional Bloque CONCRETEC



Fuente: Elaboración Propia

Las características más relevantes que presentan los Bloques CONCRETEC en cuanto se refiere a forma o aspecto son: Los espesores de sus paredes son gruesas, además contemplan cartelas en las esquinas de los Huecos.

Figura 3.39 Análisis Dimensional – Esquema Dimensional Bloque REMIME



Fuente: Elaboración Propia

Las características más relevantes que presentan los Bloques REMIME en cuanto se refiere a forma o aspecto son: Poseen pequeñas entradas en ambos extremos representadas con “e” en el gráfico y además no contemplan cartelas en las esquinas de los Huecos.

A continuación se presentan los datos y valores obtenidos del Análisis Dimensional:

Cuadro 3.80 Análisis Dimensional – Bloque “HORMIBLOCK”

Probeta N°	Tipo de Elemento	Dimensiones Principales			Dimensiones Huecos		Espesores					Área Neta
		Largo (L)	Ancho (A)	Alto (H)	Lh	Ah	(l)	(t)	(r)	(e)	(c)	
1	Hormi block	39,00	19,10	19,00	14,80	13,30	2,90	2,80	3,00	0,80	3,5	340,58
2	Hormi block	39,10	19,00	18,90	14,90	13,40	2,80	2,80	2,80	0,90	3,4	331,52
3	Hormi block	39,00	19,10	18,90	14,70	13,30	2,90	2,90	2,90	0,90	3,6	341,91
4	Hormi block	39,10	19,10	18,90	14,90	13,30	2,90	2,80	2,90	0,80	3,5	339,83
5	Hormi block	39,00	19,00	19,00	14,70	13,20	2,90	3,00	2,80	0,80	3,5	342,36
6	Hormi block	39,10	19,00	18,90	14,70	13,40	2,80	3,00	2,80	0,90	3,6	336,88
PROMEDIO		39,05	19,05	18,93	14,78	13,32	2,87	2,88	2,87	0,85	3,52	338,85

Fuente: Elaboración Propia

Cuadro 3.81 Análisis Dimensional – Bloque “CONCRETEC”

Probeta	Tipo de	Dimensiones Principales			Dimensiones Huecos		Espesores				Área
	Nº	Elemento	Largo (L)	Ancho (A)	Alto (H)	Lh	Ah	(l)	(t)	(r)	(c)
1	Concretec	39,90	19,60	19,50	14,60	12,40	3,60	3,50	3,70	4,60	419,96
2	Concretec	39,80	19,80	19,50	14,50	12,40	3,70	3,60	3,60	4,50	428,44
3	Concretec	39,90	19,70	19,40	14,60	12,50	3,60	3,50	3,70	4,70	421,03
4	Concretec	39,80	19,50	19,50	14,50	12,50	3,50	3,60	3,60	4,70	413,60
5	Concretec	39,80	19,80	19,40	14,50	12,40	3,70	3,60	3,60	4,80	428,44
6	Concretec	39,70	19,60	19,40	14,60	12,40	3,60	3,50	3,50	4,60	416,04
PROMEDIO		39,82	19,67	19,45	14,55	12,43	3,62	3,55	3,62	4,65	421,25

Fuente: Elaboración Propia

Cuadro 3.82 Análisis Dimensional – Bloque Patrón “REMIME”

Probeta N°	Tipo de Elemento	Dimensiones Principales			Dimensiones Huecos		Espesores				Área Neta
		Largo (L)	Ancho (A)	Alto (H)	Lh	Ah	(l)	(t)	(r)	(e)	
1	Bloque Patrón	38,80	20,10	19,10	13,40	13,90	3,10	2,90	3,60	1,30	371,22
2	Bloque Patrón	39,10	20,00	19,20	13,50	14,00	3,00	3,00	3,70	1,20	370,40
3	Bloque Patrón	39,30	19,80	19,00	13,70	14,00	2,90	3,00	3,50	1,20	360,94
4	Bloque Patrón	39,10	19,70	19,10	13,60	13,90	2,90	2,90	3,50	1,30	356,05
5	Bloque Patrón	38,90	20,20	19,10	13,50	14,20	3,00	2,90	3,50	1,30	365,46
6	Bloque Patrón	38,90	20,10	19,00	13,50	14,10	3,00	3,00	3,50	1,20	367,35
PROMEDIO		39,02	19,98	19,08	13,53	14,02	2,98	2,95	3,55	1,25	365,26

Fuente: Elaboración Propia

Cuadro 3.83 Análisis Dimensional – Bloque con Adición de FB “REMIME”

Probeta N°	Tipo de Elemento	Dimensiones Principales			Dimensiones Huecos		Espesores				Área Neta
		Largo (L)	Ancho (A)	Alto (H)	Lh	Ah	(l)	(t)	(r)	(e)	
1	Bloque FB	38,80	19,90	19,00	13,60	13,90	3,00	2,80	3,40	1,30	357,90
2	Bloque FB	38,90	20,40	19,20	13,60	14,20	3,10	2,80	3,50	1,30	370,40
3	Bloque FB	39,10	20,40	19,00	13,60	14,20	3,10	2,90	3,50	1,30	374,48
4	Bloque FB	38,80	19,90	19,00	13,40	14,10	2,90	3,00	3,60	1,20	360,40
5	Bloque FB	38,90	20,00	19,10	13,60	14,00	3,00	2,90	3,50	1,20	363,60
6	Bloque FB	38,90	20,10	19,10	13,50	13,90	3,10	3,00	3,50	1,20	373,23
PROMEDIO		38,90	20,12	19,07	13,55	14,05	3,03	2,90	3,50	1,25	366,66

Fuente: Elaboración Propia

Cuadro 3.84 Análisis Dimensional – Bloque con Adición de CB “REMIME”

Probeta N°	Tipo de Elemento	Dimensiones Principales			Dimensiones Huecos		Espesores				Área Neta
		Largo (L)	Ancho (A)	Alto (H)	Lh	Ah	(l)	(t)	(r.)	(e)	
1	Bloque CB	38,90	20,10	18,90	13,60	13,90	3,10	2,90	3,50	1,20	370,45
2	Bloque CB	39,00	20,00	18,90	13,50	14,00	3,00	2,90	3,60	1,30	365,60
3	Bloque CB	38,90	19,80	19,00	13,50	14,00	2,90	3,00	3,50	1,20	358,62
4	Bloque CB	38,70	20,20	19,00	13,50	14,00	3,00	2,90	3,50	1,20	370,14
5	Bloque CB	39,20	20,10	19,10	13,60	14,10	3,00	2,90	3,60	1,30	367,74
6	Bloque CB	38,90	19,90	19,10	13,50	13,90	3,00	3,00	3,50	1,20	365,45
PROMEDIO		38,93	20,02	19,00	13,53	13,98	3,00	2,93	3,53	1,23	366,34

Fuente: Elaboración Propia

Los cuadros mostrados anteriormente exponen todas las dimensiones pertenecientes a cada tipo de pieza; estos valores serán analizados y expuestos en el capítulo 4.

3.7.2 Peso Volumétrico

Este ensayo se realizó pesando cada Bloque y dividiéndolo entre su volumen, teniendo en cuenta que el espécimen ensayado debe estar seco. A continuación, se presentan los valores obtenidos tras concluir con el ensayo. (Ver Anexo A.6)

Cuadro 3.85 Peso Volumétrico – Bloque “HORMIBLOCK”

Número de muestra	m (Kg)	V (m3)	PV (Kg/m3)
1	13,370	0,00641	2084,36
2	13,560	0,00641	2113,98
3	13,630	0,00641	2124,90
4	13,545	0,00641	2111,64
5	13,455	0,00641	2097,61
6	13,610	0,00641	2121,78
PROMEDIO			2109,05

Fuente: Elaboración Propia

Cuadro 3.86 Peso Volumétrico – Bloque “CONCRETEC”

Número de muestra	m (Kg)	V (m3)	PV (Kg/m3)
1	14,620	0,00819	1784,38
2	14,800	0,00819	1806,35
3	14,850	0,00819	1812,45
4	14,755	0,00819	1800,86
5	14,250	0,00819	1739,22
6	14,565	0,00819	1777,67
PROMEDIO			1786,82

Fuente: Elaboración Propia

Cuadro 3.87 Peso Volumétrico – Bloque Patrón “REMIME”

Número de muestra	m (Kg)	V (m3)	PV (Kg/m3)
1	16,605	0,00697	2382,64
2	16,725	0,00697	2399,86
3	16,345	0,00697	2345,33
4	16,565	0,00697	2376,90
5	16,495	0,00697	2366,86
6	16,610	0,00697	2383,36
PROMEDIO			2375,82

Fuente: Elaboración Propia

Cuadro 3.88 Peso Volumétrico – Bloque con Adición de FB 10% “REMIME”

Número de muestra	m (Kg)	V (m3)	PV (Kg/m3)
1	15,415	0,00699	2204,60
2	15,215	0,00699	2175,99
3	15,450	0,00699	2209,60
4	15,325	0,00699	2191,73
5	15,390	0,00699	2201,02
6	15,485	0,00699	2214,61
PROMEDIO			2199,59

Fuente: Elaboración Propia

Cuadro 3.89 Peso Volumétrico – Bloque con Adición de FB 20% “REMIME”

Número de muestra	m (Kg)	V (m3)	PV (Kg/m3)
1	15,090	0,00699	2158,12
2	14,945	0,00699	2137,38
3	15,135	0,00699	2164,55
4	15,050	0,00699	2152,40
5	15,005	0,00699	2145,96
6	15,210	0,00699	2175,28
PROMEDIO			2155,61

Fuente: Elaboración Propia

Cuadro 3.90 Peso Volumétrico – Bloque con Adición de FB 30% “REMIME”

Número de muestra	m (Kg)	V (m3)	PV (Kg/m3)
1	14,440	0,00699	2065,16
2	14,400	0,00699	2059,44
3	14,465	0,00699	2068,73
4	14,390	0,00699	2058,01
5	14,485	0,00699	2071,59
6	14,265	0,00699	2040,13
PROMEDIO			2060,51

Fuente: Elaboración Propia

Cuadro 3.91 Peso Volumétrico – Bloque con Adición de FB 40% “REMIME”

Número de muestra	m (Kg)	V (m3)	PV (Kg/m3)
1	13,890	0,00699	1986,50
2	13,965	0,00699	1997,22
3	13,805	0,00699	1974,34
4	13,900	0,00699	1987,93
5	13,845	0,00699	1980,06
6	13,815	0,00699	1975,77
PROMEDIO			1983,64

Fuente: Elaboración Propia

Cuadro 3.92 Peso Volumétrico – Bloque con Adición de FB 50% “REMIME”

Número de muestra	m (Kg)	V (m3)	PV (Kg/m3)
1	11,640	0,00699	1664,71
2	11,850	0,00699	1694,74
3	11,970	0,00699	1711,91
4	11,545	0,00699	1651,12
5	11,605	0,00699	1659,71
6	11,835	0,00699	1692,60
PROMEDIO			1679,13

Fuente: Elaboración Propia

Cuadro 3.93 Peso Volumétrico – Bloque con Adición de CB 5% “REMIME”

Número de muestra	m (Kg)	V (m3)	PV (Kg/m3)
1	15,765	0,00696	2264,94
2	15,790	0,00696	2268,53
3	15,775	0,00696	2266,37
4	15,810	0,00696	2271,40
5	15,765	0,00696	2264,94
6	15,780	0,00696	2267,09
PROMEDIO			2267,21

Fuente: Elaboración Propia

Cuadro 3.94 Peso Volumétrico – Bloque con Adición de CB 10% “REMIME”

Número de muestra	m (Kg)	V (m3)	PV (Kg/m3)
1	15,660	0,00696	2249,85
2	15,855	0,00696	2277,87
3	15,950	0,00696	2291,52
4	15,685	0,00696	2253,44
5	15,770	0,00696	2265,65
6	15,790	0,00696	2268,53
PROMEDIO			2267,81

Fuente: Elaboración Propia

Cuadro 3.95 Peso Volumétrico – Bloque con Adición de CB 15% “REMIME”

Número de muestra	m (Kg)	V (m3)	PV (Kg/m3)
1	15,645	0,00696	2247,70
2	15,795	0,00696	2269,25
3	15,750	0,00696	2262,78
4	15,805	0,00696	2270,68
5	15,670	0,00696	2251,29
6	15,715	0,00696	2257,75
PROMEDIO			2259,91

Fuente: Elaboración Propia

Cuadro 3.96 Peso Volumétrico – Bloque con Adición de CB 20% “REMIME”

Número de muestra	m (Kg)	V (m3)	PV (Kg/m3)
1	15,815	0,00696	2272,12
2	15,725	0,00696	2259,19
3	15,860	0,00696	2278,59
4	15,710	0,00696	2257,03
5	15,855	0,00696	2277,87
6	15,820	0,00696	2272,84
PROMEDIO			2269,61

Fuente: Elaboración Propia

Cuadro 3.97 Peso Volumétrico – Bloque con Adición de CB 25% “REMIME”

Número de muestra	m (Kg)	V (m3)	PV (Kg/m3)
1	15,700	0,00696	2255,60
2	15,625	0,00696	2244,82
3	15,755	0,00696	2263,50
4	15,735	0,00696	2260,63
5	15,640	0,00696	2246,98
6	15,690	0,00696	2254,16
PROMEDIO			2254,28

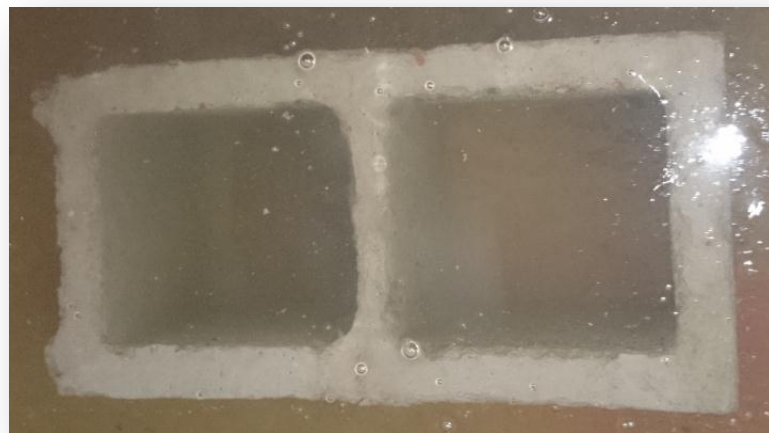
Fuente: Elaboración Propia

Los cuadros mostrados anteriormente exponen los pesos volumétricos pertenecientes a cada tipo de pieza; estos valores serán analizados y expuestos en el capítulo 4.

3.7.3 Porcentaje de Absorción de Agua

Es la propiedad del material de atrapar agua; se determina pesando la pieza seca (llevándolo al horno a 110°C), luego se introduce al agua durante 24 horas y se obtiene el peso saturado; tomar en cuenta que el espécimen debe de secarse superficialmente antes de ser pesado. Este análisis se lo realizará según la NB 1220036 y NB 1220035. (Ver Anexo A.6)

Figura 3.40 Porcentaje de Absorción – Bloque sumergido en agua



Fuente: Elaboración Propia

A continuación se presentan los valores obtenidos tras concluir con el ensayo:

Cuadro 3.98 Porcentaje de Absorción – Bloque “HORMIBLOCK”

Número de muestra	m1 (Kg)	m2 (Kg)	Abs (%)
1	13,370	14,205	6,245
2	13,545	14,320	5,722
3	13,610	14,465	6,282
PROMEDIO			6,083

Fuente: Elaboración Propia

Cuadro 3.99 Porcentaje de Absorción – Bloque “CONCRETEC”

Número de muestra	m1 (Kg)	m2 (Kg)	Abs (%)
1	14,620	15,985	9,337
2	14,755	16,105	9,149
3	14,565	15,970	9,646
PROMEDIO			9,377

Fuente: Elaboración Propia

Cuadro 3.100 Porcentaje de Absorción – Bloque Patrón “REMIME”

Número de muestra	m1 (Kg)	m2 (Kg)	Abs (%)
1	16,605	17,545	5,661
2	16,565	17,390	4,980
3	16,610	17,305	4,184
PROMEDIO			4,942

Fuente: Elaboración Propia

Cuadro 3.101 Porcentaje de Absorción – Bloque con Adición de FB 10% “REMIME”

Número de muestra	m1 (Kg)	m2 (Kg)	Abs (%)
1	15,415	16,235	5,319
2	15,325	16,050	4,731
3	15,485	16,310	5,328
PROMEDIO			5,126

Fuente: Elaboración Propia

Cuadro 3.102 Porcentaje de Absorción – Bloque con Adición de FB 20% “REMIME”

Número de muestra	m1 (Kg)	m2 (Kg)	Abs (%)
1	15,090	15,865	5,136
2	15,050	15,915	5,748
3	15,210	16,040	5,457
PROMEDIO			5,447

Fuente: Elaboración Propia

Cuadro 3.103 Porcentaje de Absorción – Bloque con Adición de FB 30%
“REMIME”

Número de muestra	m1 (Kg)	m2 (Kg)	Abs (%)
1	14,440	15,315	6,060
2	14,390	15,340	6,602
3	14,265	15,110	5,924
PROMEDIO			6,195

Fuente: Elaboración Propia

Cuadro 3.104 Porcentaje de Absorción – Bloque con Adición de FB 40%
“REMIME”

Número de muestra	m1 (Kg)	m2 (Kg)	Abs (%)
1	13,890	15,010	8,063
2	13,900	14,915	7,302
3	13,815	14,785	7,021
PROMEDIO			7,462

Fuente: Elaboración Propia

Cuadro 3.105 Porcentaje de Absorción – Bloque con Adición de FB 50%
“REMIME”

Número de muestra	m1 (Kg)	m2 (Kg)	Abs (%)
1	11,640	12,725	9,321
2	11,545	12,695	9,961
3	11,835	12,830	8,407
PROMEDIO			9,230

Fuente: Elaboración Propia

Cuadro 3.106 Porcentaje de Absorción – Bloque con Adición de CB 5% “REMIME”

Número de muestra	m1 (Kg)	m2 (Kg)	Abs (%)
1	15,765	16,520	4,789
2	15,810	16,565	4,775
3	15,780	16,585	5,101
PROMEDIO			4,889

Fuente: Elaboración Propia

Cuadro 3.107 Porcentaje de Absorción – Bloque con Adición de CB 10%
“REMIME”

Número de muestra	m1 (Kg)	m2 (Kg)	Abs (%)
1	15,660	16,460	5,109
2	15,770	16,505	4,661
3	15,790	16,520	4,623
PROMEDIO			4,797

✓ Fuente: Elaboración Propia

Cuadro 3.108 Porcentaje de Absorción – Bloque con Adición de CB 15%
“REMIME”

Número de muestra	m1 (Kg)	m2 (Kg)	Abs (%)
1	15,645	16,425	4,986
2	15,805	16,525	4,556
3	15,715	16,485	4,900
PROMEDIO			4,814

Fuente: Elaboración Propia

Cuadro 3.109 Porcentaje de Absorción – Bloque con Adición de CB 20%
“REMIME”

Número de muestra	m1 (Kg)	m2 (Kg)	Abs (%)
1	15,815	16,550	4,647
2	15,710	16,480	4,901
3	15,820	16,540	4,551
PROMEDIO			4,700

Fuente: Elaboración Propia

Cuadro 3.110 Porcentaje de Absorción – Bloque con Adición de FB 25%
“REMIME”

Número de muestra	m1 (Kg)	m2 (Kg)	Abs (%)
1	15,700	16,480	4,968
2	15,735	16,455	4,576
3	15,690	16,420	4,653
PROMEDIO			4,732

Fuente: Elaboración Propia

Los cuadros mostrados anteriormente exponen los Porcentajes de Absorción pertenecientes a cada tipo de pieza; estos valores serán analizados en el capítulo 4.

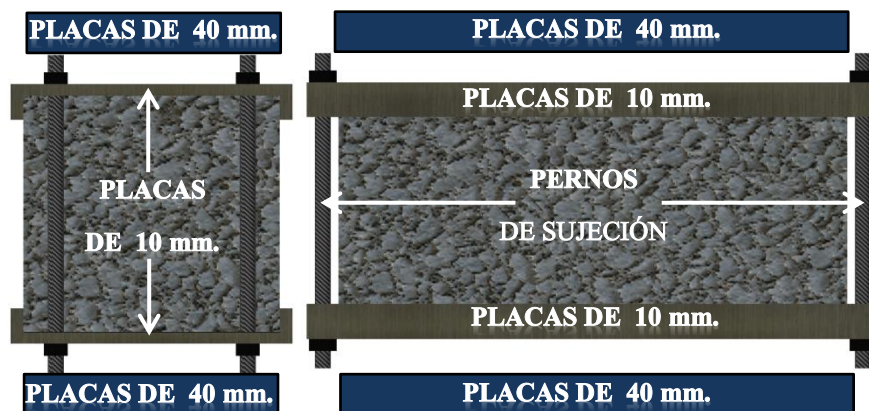
3.7.4 Resistencia a Compresión

La resistencia a la compresión de la unidad de albañilería, es su propiedad más importante; en general, no solo define el nivel de su calidad estructural, sino también el nivel de su resistencia al intemperismo o cualquier otra causa de deterioro. Este ensayo se lo realizó en una prensa hidráulica en el Laboratorio de Suelos y Hormigones de la UAJMS.

La prensa fue adecuada con placas auxiliares de acero ya que los platos de apoyo no son suficientes para cubrir toda la pieza y esto evita la distribución correcta de la fuerza a compresión.

Se utilizaron 4 placas de acero; dos de ellas con espesores de 40 mm y las restantes con espesores de 10 mm; también se utilizaron 4 pernos de sujeción en cada esquina de las Placas inferiores para mayor agarre y para hacer que la pieza sea más estable a la hora de la rotura. Este ensayo se realizará según la NB 1220036 y NB 1220035.

Figura 3.41 Resistencia a Compresión – Placas Metálicas



Fuente: Elaboración Propia

Para el ensayo a Compresión también se debe tener en cuenta que las superficies del bloque que se apoyan contra las placas deben ser completamente planas para garantizar la distribución uniforme de la carga; para lograr este acometido se hizo uso del refrentado, que consiste en aplicar pastas o morteros en la sección deforme con el fin de uniformizarla; estos deben ser capaces de resistir las tensiones de compresión del ensayo. (Ver Anexo A.1)

El refrentado utilizado fue el de Cemento – Arena – Yeso con las siguientes recomendaciones estipuladas por la NB 1220036:

- a) La mezcla de Cemento – Arena – Yeso tendrá proporciones iguales en volumen (1 : 1 : 1)
- b) Utilizar arena que pase el Tamiz N°50
- c) El refrentado debe estar completamente seco al momento del ensayo a compresión.

Figura 3.42 Resistencia a Compresión – Refrentado de Bloques

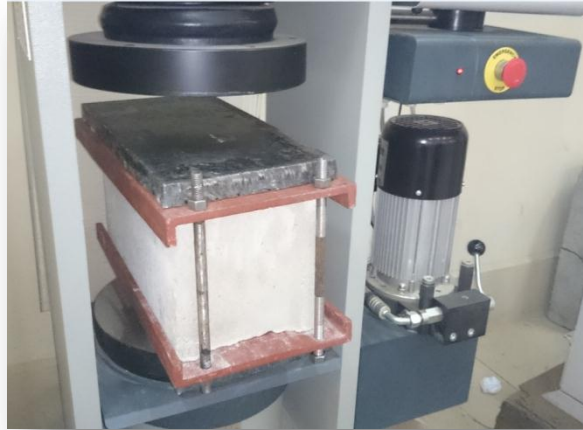


Fuente: Elaboración Propia

Posteriormente al refrentado se procede a ensayar los Bloques a compresión tomando en cuenta que la pieza debe ser colocada en la prensa de modo que el centro de

gravedad de las superficies de contacto coincidan con el eje de aplicación de carga de los platos de apoyo.

Figura 3.43 Resistencia a Compresión – Ensayo en Prensa Hidráulica



Fuente: Elaboración Propia

Una vez ensayados los Bloques es indispensable determinar la Resistencia Característica, de la siguiente manera:

$$f_{ck} = f_{cm} - t * s$$

Donde:

f_{ck} = Resistencia Característica (MPa)

f_{cm} = Resistencia Promedio (MPa)

t = Coeficiente de Student (Para 6 Bloques $t = 1.9432$)

s = Desviación estándar

Nota.- El Ensayo de Resistencia a Compresión estará predispuesto a los términos del Control de Calidad en Fábrica mencionados por la NB 1220035 tanto para la rotura de los Bloques como para determinar la Resistencia Característica. (Ver Anexo A.1)

Para cada ensayo a compresión se utilizarán 6 especímenes con edades de 14 días y otros 6 especímenes con edades de 28 días. A continuación se presentan los valores obtenidos tras concluir con el ensayo. (Ver Anexo A.6)

Cuadro 3.111 Resistencia a Compresión – Bloque “HORMIBLOCK”

Probeta N°	Identificación	Edad (días)	Sección (cm ²)	Carga (kg)	Resistencia (Kg/cm ²)	Resistencia (MPa)
1	HB-1	28	338,85	41415,16	122,22	11,99
2	HB-2	28	338,85	38916,85	114,85	11,26
3	HB-3	28	338,85	40028,34	118,13	11,58
4	HB-4	28	338,85	38682,31	114,16	11,19
5	HB-5	28	338,85	38366,20	113,22	11,10
6	HB-6	28	338,85	38437,58	113,44	11,12

Descripción	Valor	Unidad
Resistencia Promedio	11,38	Mpa
Desviación Estándar	0,35	Mpa
Coeficiente de Student	1,9432	Adim
Resistencia Característica	10,70	Mpa

Fuente: Elaboración Propia

Cuadro 3.112 Resistencia a Compresión – Bloque “CONCRETEC”

Probeta N°	Identificación	Edad (días)	Sección (cm ²)	Carga (kg)	Resistencia (Kg/cm ²)	Resistencia (MPa)
1	CT-1	28	421,25	39385,92	93,50	9,17
2	CT-2	28	421,25	43525,98	103,33	10,13
3	CT-3	28	421,25	39008,62	92,60	9,08
4	CT-4	28	421,25	39426,71	93,59	9,18
5	CT-5	28	421,25	38366,20	91,08	8,93
6	CT-6	28	421,25	40436,23	95,99	9,41

Descripción	Valor	Unidad
Resistencia Promedio	9,32	Mpa
Desviación Estándar	0,43	Mpa
Coeficiente de Student	1,9432	Adim
Resistencia Característica	8,48	Mpa

Fuente: Elaboración Propia

Cuadro 3.113 Resistencia a Compresión – Bloque Patrón “REMIME” 14 días

Probeta N°	Identificación	Edad (días)	Sección (cm²)	Carga (kg)	Resistencia (Kg/cm²)	Resistencia (MPa)
1	BP-1	14	365,26	32992,28	90,33	8,86
2	BP-2	14	365,26	32716,95	89,57	8,78
3	BP-3	14	365,26	32482,42	88,93	8,72
4	BP-4	14	365,26	31636,05	86,61	8,49
5	BP-5	14	365,26	31768,61	86,98	8,53
6	BP-6	14	365,26	33237,01	91,00	8,92

Descripción	Valor	Unidad
Resistencia Promedio	8,72	Mpa
Desviación Estándar	0,17	Mpa
Coeficiente de Student	1,9432	Adim
Resistencia Característica	8,38	Mpa

Fuente: Elaboración Propia

Cuadro 3.114 Resistencia a Compresión – Bloque Patrón “REMIME” 28 días

Probeta N°	Identificación	Edad (días)	Sección (cm²)	Carga (kg)	Resistencia (Kg/cm²)	Resistencia (MPa)
1	BP-1	28	365,26	40629,98	111,24	10,91
2	BP-2	28	365,26	39436,91	107,97	10,59
3	BP-3	28	365,26	38814,88	106,27	10,42
4	BP-4	28	365,26	40262,88	110,23	10,81
5	BP-5	28	365,26	39967,16	109,42	10,73
6	BP-6	28	365,26	39212,57	107,36	10,53

Descripción	Valor	Unidad
Resistencia Promedio	10,66	Mpa
Desviación Estándar	0,18	Mpa
Coeficiente de Student	1,9432	Adim
Resistencia Característica	10,31	Mpa

Fuente: Elaboración Propia

Cuadro 3.115 Resistencia a Compresión – Bloque con Adición de FB 10%

“REMIME” 14 días

Probeta N°	Identificación	Edad (días)	Sección (cm²)	Carga (kg)	Resistencia (Kg/cm²)	Resistencia (MPa)
1	FB10-1	14	366,66	31044,61	84,67	8,30
2	FB10-2	14	366,66	30442,98	83,03	8,14
3	FB10-3	14	366,66	30014,69	81,86	8,03
4	FB10-4	14	366,66	30820,27	84,06	8,24
5	FB10-5	14	366,66	29678,19	80,94	7,94
6	FB10-6	14	366,66	30687,71	83,70	8,21

Descripción	Valor	Unidad
Resistencia Promedio	8,14	Mpa
Desviación Estándar	0,14	Mpa
Coeficiente de Student	1,9432	Adim
Resistencia Característica	7,88	Mpa

Fuente: Elaboración Propia

Cuadro 3.116 Resistencia a Compresión – Bloque con Adición de FB 10%

“REMIME” 28 días

Probeta N°	Identificación	Edad (días)	Sección (cm²)	Carga (kg)	Resistencia (Kg/cm²)	Resistencia (MPa)
1	FB10-1	28	366,66	36296,17	98,99	9,71
2	FB10-2	28	366,66	36989,58	100,88	9,89
3	FB10-3	28	366,66	36663,27	99,99	9,81
4	FB10-4	28	366,66	37682,99	102,77	10,08
5	FB10-5	28	366,66	35612,96	97,13	9,52
6	FB10-6	28	366,66	36867,21	100,55	9,86

Descripción	Valor	Unidad
Resistencia Promedio	9,81	Mpa
Desviación Estándar	0,19	Mpa
Coeficiente de Student	1,9432	Adim
Resistencia Característica	9,45	Mpa

Fuente: Elaboración Propia

Cuadro 3.117 Resistencia a Compresión – Bloque con Adición de FB 20%

“REMIME” 14 días

Probeta N°	Identificación	Edad (días)	Sección (cm²)	Carga (kg)	Resistencia (Kg/cm²)	Resistencia (MPa)
1	FB20-1	14	366,66	28964,38	79,00	7,75
2	FB20-2	14	366,66	27118,69	73,96	7,25
3	FB20-3	14	366,66	28413,73	77,49	7,60
4	FB20-4	14	366,66	27475,59	74,93	7,35
5	FB20-5	14	366,66	28067,03	76,55	7,51
6	FB20-6	14	366,66	27567,37	75,19	7,37

Descripción	Valor	Unidad
Resistencia Promedio	7,47	Mpa
Desviación Estándar	0,18	Mpa
Coeficiente de Student	1,9432	Adim
Resistencia Característica	7,12	Mpa

Fuente: Elaboración Propia

Cuadro 3.118 Resistencia a Compresión – Bloque con Adición de FB 20%

“REMIME” 28 días

Probeta N°	Identificación	Edad (días)	Sección (cm²)	Carga (kg)	Resistencia (Kg/cm²)	Resistencia (MPa)
1	FB20-1	28	366,66	33206,42	90,56	8,88
2	FB20-2	28	366,66	34001,80	92,73	9,09
3	FB20-3	28	366,66	34664,62	94,54	9,27
4	FB20-4	28	366,66	32625,18	88,98	8,73
5	FB20-5	28	366,66	33522,53	91,43	8,97
6	FB20-6	28	366,66	32451,82	88,51	8,68

Descripción	Valor	Unidad
Resistencia Promedio	8,94	Mpa
Desviación Estándar	0,22	Mpa
Coeficiente de Student	1,9432	Adim
Resistencia Característica	8,50	Mpa

Fuente: Elaboración Propia

Cuadro 3.119 Resistencia a Compresión – Bloque con Adición de FB 30%

“REMIME” 14 días

Probeta N°	Identificación	Edad (días)	Sección (cm²)	Carga (kg)	Resistencia (Kg/cm²)	Resistencia (MPa)
1	FB30-1	14	366,66	22183,24	60,50	5,93
2	FB30-2	14	366,66	22682,91	61,86	6,07
3	FB30-3	14	366,66	22560,54	61,53	6,03
4	FB30-4	14	366,66	21652,99	59,05	5,79
5	FB30-5	14	366,66	21877,33	59,67	5,85
6	FB30-6	14	366,66	21856,93	59,61	5,85

Descripción	Valor	Unidad
Resistencia Promedio	5,92	Mpa
Desviación Estándar	0,11	Mpa
Coeficiente de Student	1,9432	Adim
Resistencia Característica	5,70	Mpa

Fuente: Elaboración Propia

Cuadro 3.120 Resistencia a Compresión – Bloque con Adición de FB 30%

“REMIME” 28 días

Probeta N°	Identificación	Edad (días)	Sección (cm²)	Carga (kg)	Resistencia (Kg/cm²)	Resistencia (MPa)
1	FB30-1	28	366,66	27720,32	75,60	7,41
2	FB30-2	28	366,66	28372,94	77,38	7,59
3	FB30-3	28	366,66	29535,42	80,55	7,90
4	FB30-4	28	366,66	27730,52	75,63	7,42
5	FB30-5	28	366,66	28689,06	78,24	7,67
6	FB30-6	28	366,66	28026,24	76,44	7,50

Descripción	Valor	Unidad
Resistencia Promedio	7,58	Mpa
Desviación Estándar	0,19	Mpa
Coeficiente de Student	1,9432	Adim
Resistencia Característica	7,22	Mpa

Fuente: Elaboración Propia

Cuadro 3.121 Resistencia a Compresión – Bloque con Adición de FB 40%

“REMIME” 14 días

Probeta N°	Identificación	Edad (días)	Sección (cm²)	Carga (kg)	Resistencia (Kg/cm²)	Resistencia (MPa)
1	FB40-1	14	366,66	10038,38	27,38	2,68
2	FB40-2	14	366,66	10262,72	27,99	2,74
3	FB40-3	14	366,66	10191,34	27,80	2,73
4	FB40-4	14	366,66	9426,55	25,71	2,52
5	FB40-5	14	366,66	10323,90	28,16	2,76
6	FB40-6	14	366,66	10089,36	27,52	2,70

Descripción	Valor	Unidad
Resistencia Promedio	2,69	Mpa
Desviación Estándar	0,09	Mpa
Coeficiente de Student	1,9432	Adim
Resistencia Característica	2,52	Mpa

Fuente: Elaboración Propia

Cuadro 3.122 Resistencia a Compresión – Bloque con Adición de FB 40%

“REMIME” 28 días

Probeta N°	Identificación	Edad (días)	Sección (cm²)	Carga (kg)	Resistencia (Kg/cm²)	Resistencia (MPa)
1	FB40-1	28	366,66	13485,03	36,78	3,61
2	FB40-2	28	366,66	16228,08	44,26	4,34
3	FB40-3	28	366,66	16595,18	45,26	4,44
4	FB40-4	28	366,66	13923,51	37,97	3,72
5	FB40-5	28	366,66	14290,61	38,98	3,82
6	FB40-6	28	366,66	16442,22	44,84	4,40

Descripción	Valor	Unidad
Resistencia Promedio	4,05	Mpa
Desviación Estándar	0,38	Mpa
Coeficiente de Student	1,9432	Adim
Resistencia Característica	3,32	Mpa

Fuente: Elaboración Propia

Cuadro 3.123 Resistencia a Compresión – Bloque con Adición de FB 50%

“REMIME” 14 días

Probeta N°	Identificación	Edad (días)	Sección (cm²)	Carga (kg)	Resistencia (Kg/cm²)	Resistencia (MPa)
1	FB50-1	14	366,66	3920,06	10,69	1,05
2	FB50-2	14	366,66	3787,49	10,33	1,01
3	FB50-3	14	366,66	3359,21	9,16	0,90
4	FB50-4	14	366,66	4103,61	11,19	1,10
5	FB50-5	14	366,66	3807,89	10,39	1,02
6	FB50-6	14	366,66	3818,09	10,41	1,02

Descripción	Valor	Unidad
Resistencia Promedio	1,02	Mpa
Desviación Estándar	0,07	Mpa
Coeficiente de Student	1,9432	Adim
Resistencia Característica	0,89	Mpa

Fuente: Elaboración Propia

Cuadro 3.124 Resistencia a Compresión – Bloque con Adición de FB 50%

“REMIME” 28 días

Probeta N°	Identificación	Edad (días)	Sección (cm²)	Carga (kg)	Resistencia (Kg/cm²)	Resistencia (MPa)
1	FB50-1	28	366,66	5908,51	16,11	1,58
2	FB50-2	28	366,66	6316,40	17,23	1,69
3	FB50-3	28	366,66	7193,36	19,62	1,92
4	FB50-4	28	366,66	6102,26	16,64	1,63
5	FB50-5	28	366,66	5990,09	16,34	1,60
6	FB50-6	28	366,66	6683,50	18,23	1,79

Descripción	Valor	Unidad
Resistencia Promedio	1,70	Mpa
Desviación Estándar	0,13	Mpa
Coeficiente de Student	1,9432	Adim
Resistencia Característica	1,45	Mpa

Fuente: Elaboración Propia

Cuadro 3.125 Resistencia a Compresión – Bloque con Adición de CB 5%

“REMIME” 14 días

Probeta N°	Identificación	Edad (días)	Sección (cm²)	Carga (kg)	Resistencia (Kg/cm²)	Resistencia (MPa)
1	CB5-1	14	366,34	33787,66	92,23	9,04
2	CB5-2	14	366,34	33216,61	90,67	8,89
3	CB5-3	14	366,34	33655,09	91,87	9,01
4	CB5-4	14	366,34	33328,78	90,98	8,92
5	CB5-5	14	366,34	34287,32	93,59	9,18
6	CB5-6	14	366,34	32533,40	88,81	8,71

Descripción	Valor	Unidad
Resistencia Promedio	8,96	Mpa
Desviación Estándar	0,16	Mpa
Coeficiente de Student	1,9432	Adim
Resistencia Característica	8,65	Mpa

Fuente: Elaboración Propia

Cuadro 3.126 Resistencia a Compresión – Bloque con Adición de CB 5%

“REMIME” 28 días

Probeta N°	Identificación	Edad (días)	Sección (cm²)	Carga (kg)	Resistencia (Kg/cm²)	Resistencia (MPa)
1	CB5-1	28	366,34	40334,26	110,10	10,80
2	CB5-2	28	366,34	40844,12	111,49	10,93
3	CB5-3	28	366,34	41058,26	112,08	10,99
4	CB5-4	28	366,34	40069,13	109,38	10,73
5	CB5-5	28	366,34	41843,45	114,22	11,20
6	CB5-6	28	366,34	40568,80	110,74	10,86

Descripción	Valor	Unidad
Resistencia Promedio	10,92	Mpa
Desviación Estándar	0,17	Mpa
Coeficiente de Student	1,9432	Adim
Resistencia Característica	10,59	Mpa

Fuente: Elaboración Propia

Cuadro 3.127 Resistencia a Compresión – Bloque con Adición de CB 10%

“REMIME” 14 días

Probeta N°	Identificación	Edad (días)	Sección (cm²)	Carga (kg)	Resistencia (Kg/cm²)	Resistencia (MPa)
1	CB10-1	14	366,34	31707,43	86,55	8,49
2	CB10-2	14	366,34	30035,09	81,99	8,04
3	CB10-3	14	366,34	30300,21	82,71	8,11
4	CB10-4	14	366,34	31411,71	85,74	8,41
5	CB10-5	14	366,34	29545,62	80,65	7,91
6	CB10-6	14	366,34	30748,89	83,94	8,23

Descripción	Valor	Unidad
Resistencia Promedio	8,20	Mpa
Desviación Estándar	0,22	Mpa
Coeficiente de Student	1,9432	Adim
Resistencia Característica	7,77	Mpa

Fuente: Elaboración Propia

Cuadro 3.128 Resistencia a Compresión – Bloque con Adición de CB 10%

“REMIME” 28 días

Probeta N°	Identificación	Edad (días)	Sección (cm²)	Carga (kg)	Resistencia (Kg/cm²)	Resistencia (MPa)
1	CB10-1	28	366,34	36357,35	99,24	9,73
2	CB10-2	28	366,34	37315,89	101,86	9,99
3	CB10-3	28	366,34	35704,73	97,46	9,56
4	CB10-4	28	366,34	36765,24	100,36	9,84
5	CB10-5	28	366,34	35041,91	95,65	9,38
6	CB10-6	28	366,34	35827,10	97,80	9,59

Descripción	Valor	Unidad
Resistencia Promedio	9,68	Mpa
Desviación Estándar	0,22	Mpa
Coeficiente de Student	1,9432	Adim
Resistencia Característica	9,26	Mpa

Fuente: Elaboración Propia

Cuadro 3.129 Resistencia a Compresión – Bloque con Adición de CB 15%

“REMIME” 14 días

Probeta N°	Identificación	Edad (días)	Sección (cm²)	Carga (kg)	Resistencia (Kg/cm²)	Resistencia (MPa)
1	CB15-1	14	366,34	26568,04	72,52	7,11
2	CB15-2	14	366,34	25721,67	70,21	6,89
3	CB15-3	14	366,34	28005,84	76,45	7,50
4	CB15-4	14	366,34	26353,90	71,94	7,05
5	CB15-5	14	366,34	27710,13	75,64	7,42
6	CB15-6	14	366,34	27200,27	74,25	7,28

Descripción	Valor	Unidad
Resistencia Promedio	7,21	Mpa
Desviación Estándar	0,23	Mpa
Coeficiente de Student	1,9432	Adim
Resistencia Característica	6,76	Mpa

Fuente: Elaboración Propia

Cuadro 3.130 Resistencia a Compresión – Bloque con Adición de CB 15%

“REMIME” 28 días

Probeta N°	Identificación	Edad (días)	Sección (cm²)	Carga (kg)	Resistencia (Kg/cm²)	Resistencia (MPa)
1	CB15-1	28	366,34	31156,78	85,05	8,34
2	CB15-2	28	366,34	33318,59	90,95	8,92
3	CB15-3	28	366,34	32523,20	88,78	8,71
4	CB15-4	28	366,34	31615,65	86,30	8,46
5	CB15-5	28	366,34	33889,63	92,51	9,07
6	CB15-6	28	366,34	33522,53	91,51	8,97

Descripción	Valor	Unidad
Resistencia Promedio	8,75	Mpa
Desviación Estándar	0,29	Mpa
Coeficiente de Student	1,9432	Adim
Resistencia Característica	8,17	Mpa

Fuente: Elaboración Propia

Cuadro 3.131 Resistencia a Compresión – Bloque con Adición de CB 20%

“REMIME” 14 días

Probeta N°	Identificación	Edad (días)	Sección (cm²)	Carga (kg)	Resistencia (Kg/cm²)	Resistencia (MPa)
1	CB20-1	14	366,34	21479,64	58,63	5,75
2	CB20-2	14	366,34	21999,69	60,05	5,89
3	CB20-3	14	366,34	23325,33	63,67	6,24
4	CB20-4	14	366,34	22376,99	61,08	5,99
5	CB20-5	14	366,34	21785,55	59,47	5,83
6	CB20-6	14	366,34	23498,68	64,14	6,29

Descripción	Valor	Unidad
Resistencia Promedio	6,00	Mpa
Desviación Estándar	0,22	Mpa
Coeficiente de Student	1,9432	Adim
Resistencia Característica	5,57	Mpa

Fuente: Elaboración Propia

Cuadro 3.132 Resistencia a Compresión – Bloque con Adición de CB 20%

“REMIME” 28 días

Probeta N°	Identificación	Edad (días)	Sección (cm²)	Carga (kg)	Resistencia (Kg/cm²)	Resistencia (MPa)
1	CB20-1	28	366,34	26557,84	72,50	7,11
2	CB20-2	28	366,34	27383,82	74,75	7,33
3	CB20-3	28	366,34	27149,28	74,11	7,27
4	CB20-4	28	366,34	25997,00	70,96	6,96
5	CB20-5	28	366,34	26384,49	72,02	7,06
6	CB20-6	28	366,34	26476,26	72,27	7,09

Descripción	Valor	Unidad
Resistencia Promedio	7,14	Mpa
Desviación Estándar	0,14	Mpa
Coeficiente de Student	1,9432	Adim
Resistencia Característica	6,87	Mpa

Fuente: Elaboración Propia

*Cuadro 3.133 Resistencia a Compresión – Bloque con Adición de CB 25%
“REMIME” 14 días*

Probeta N°	Identificación	Edad (días)	Sección (cm²)	Carga (kg)	Resistencia (Kg/cm²)	Resistencia (MPa)
1	CB25-1	14	366,34	18216,53	49,73	4,88
2	CB25-2	14	366,34	16595,18	45,30	4,44
3	CB25-3	14	366,34	17492,53	47,75	4,68
4	CB25-4	14	366,34	19083,29	52,09	5,11
5	CB25-5	14	366,34	16544,19	45,16	4,43
6	CB25-6	14	366,34	18818,17	51,37	5,04

Descripción	Valor	Unidad
Resistencia Promedio	4,76	Mpa
Desviación Estándar	0,29	Mpa
Coeficiente de Student	1,9432	Adim
Resistencia Característica	4,19	Mpa

Fuente: Elaboración Propia

*Cuadro 3.134 Resistencia a Compresión – Bloque con Adición de CB 25%
“REMIME” 28 días*

Probeta N°	Identificación	Edad (días)	Sección (cm²)	Carga (kg)	Resistencia (Kg/cm²)	Resistencia (MPa)
1	CB25-1	28	366,34	19950,06	54,46	5,34
2	CB25-2	28	366,34	21081,95	57,55	5,64
3	CB25-3	28	366,34	21836,54	59,61	5,85
4	CB25-4	28	366,34	20255,97	55,29	5,42
5	CB25-5	28	366,34	21357,27	58,30	5,72
6	CB25-6	28	366,34	19664,54	53,68	5,26

Descripción	Valor	Unidad
Resistencia Promedio	5,54	Mpa
Desviación Estándar	0,23	Mpa
Coeficiente de Student	1,9432	Adim
Resistencia Característica	5,09	Mpa

Fuente: Elaboración Propia

Los cuadros mostrados anteriormente exponen la Resistencia a Compresión pertenecientes a cada tipo de pieza; estos valores serán analizados en el capítulo 4.

CAPÍTULO IV

ANÁLISIS Y RESULTADOS

4 ANÁLISIS Y RESULTADOS

En este capítulo se procederá a realizar un análisis minucioso de las propiedades pertenecientes a nuestros especímenes, que fueron obtenidas en el desarrollo de la investigación. Así también se podrá comparar resultados, clasificar nuestros Bloques según la NB 1220035 y edificar una ficha técnica que muestre las características más relevantes de nuestro bloque con adición óptima de Fibra (FB) y Ceniza (CB) de bagazo de caña de azúcar.

4.1 Análisis de las propiedades de los Bloques de Hormigón

4.1.1 Resultados del Análisis Dimensional

A continuación, se presentan los resultados obtenidos del ensayo de Análisis Dimensional en los Bloques:

Cuadro 4.1 Análisis Dimensional – Comparación de Resultados de las Dimensiones Principales y los Espesores

Procedencia	Dimensiones Principales			Espesores		
	L (cm)	A (cm)	H (cm)	l (cm)	t (cm)	r (cm)
NB1220036	39 ± 3 mm	19 ± 2 mm	19 ± 3 mm	≥ 2,5	≥ 2,5	≥ 2,5
HORMIBLOCK	39,05	19,05	18,93	2,87	2,88	2,87
CONCRETEC	39,82	19,67	19,45	3,62	3,55	3,62
Patrón REMIME	39,02	19,98	19,08	2,98	2,95	3,55
C/FB REMIME	38,90	20,12	19,07	3,03	2,90	3,50
C/CB REMIME	38,93	20,02	19,00	3,00	2,93	3,53

	! NO CUMPLE !
	! CUMPLE !

Fuente: Elaboración Propia

Cuadro 4.2 Análisis Dimensional – Comparación de Resultados de las Dimensiones de los Huecos, Áreas y Volúmenes

Procedencia	Dimensiones de Huecos			Áreas y Volumen		
	Lh (cm)	Ah (cm)	c (cm)	Ab (cm ²)	An (cm ²)	V (cm ³)
NB1220036	≥ 11	≥ 11	≥ 3	-	-	-
HORMIBLOCK	14,78	13,32	3,52	743,90	338,85	6414,43
CONCRETEC	14,55	12,43	4,65	783,26	421,25	8193,31
Patrón REMIME	13,53	14,02	0,00	779,62	365,26	6969,16
C/FB REMIME	13,55	14,05	0,00	782,67	366,66	6992,21
C/CB REMIME	13,53	13,98	0,00	779,38	366,34	6960,46

	! NO CUMPLE !
	! CUMPLE !

Fuente: Elaboración Propia

De los cuadros expuestos anteriormente, se observa lo siguiente:

El Bloque de HORMIBLOCK cumple con todas las especificaciones dimensionales expuestas en la Normativa usada; además, se puede observar que tanto su área como su volumen son reducidos a comparación de los demás Bloques.

El Bloque de CONCRETEC es el que no cumple en lo mínimo la normativa dimensional ya que sus dimensiones principales exceden en demasía; además, esta pieza posee paredes gruesas y por consiguiente su área y volumen será mayor con respecto a los demás especímenes.

El Bloque de REMIME cumple con la mayoría de las especificaciones dimensionales dispuestas por la Normativa usada; únicamente no presenta cartelas y su ancho es mucho mayor a comparación con los demás Bloques.

La comparación nos muestra que el bloque de mejor calidad dimensional es el de HORMIBLOCK ya que cumple a pleno con las especificaciones de la NB 1220035.

4.1.2 Resultados del Peso Volumétrico

A continuación, se presentan los resultados obtenidos del ensayo de Peso Volumétrico en los Bloques:

Cuadro 4.3 Peso Volumétrico – Comparación de Resultados de los Pesos Volumétricos

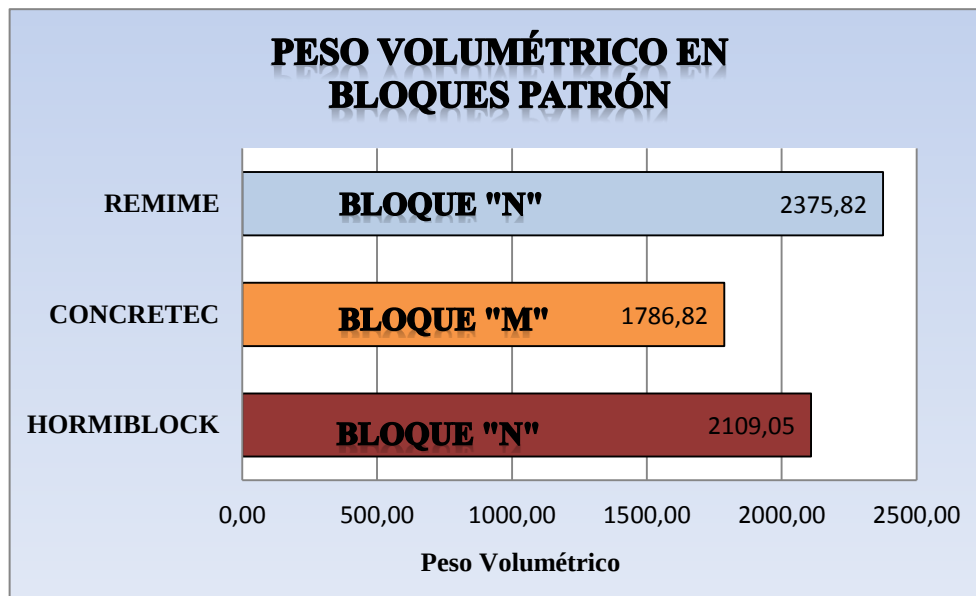
	PROCEDENCIA	PV (Kg/m3)
PATRÓN	HORMIBLOCK	2109,05
	CONCRETEC	1786,82
	Patrón REMIME	2375,82
FB	FB 10%	2199,59
	FB 20%	2155,61
	FB 30%	2060,51
	FB 40%	1983,64
	FB 50%	1679,13
CB	CB 5%	2267,21
	CB 10%	2267,81
	CB 15%	2259,91
	CB 20%	2269,61
	CB 25%	2254,28

Fuente: Elaboración Propia

La identificación del Peso Volumétrico en Bloques nos sirve para determinar si es que nuestra pieza pertenece a la clasificación de:

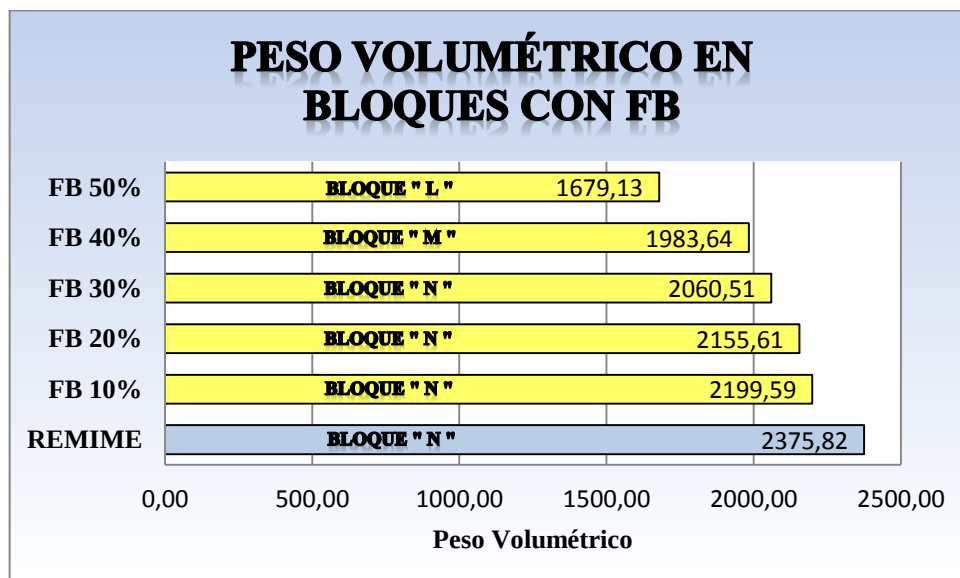
- ✓ Bloques Livianos “L” – con $PV < 1680 \text{ Kg/m}^3$
- ✓ Bloques Medios “M” – $1680 \text{ Kg/m}^3 \leq PV \leq 2000 \text{ Kg/m}^3$
- ✓ Bloque Normal “N” – $PV > 2000 \text{ Kg/m}^3$

Cuadro 4.4 Peso Volumétrico – Comparación de Resultados de los Pesos Volumétricos en Bloques Patrón



Fuente: Elaboración Propia

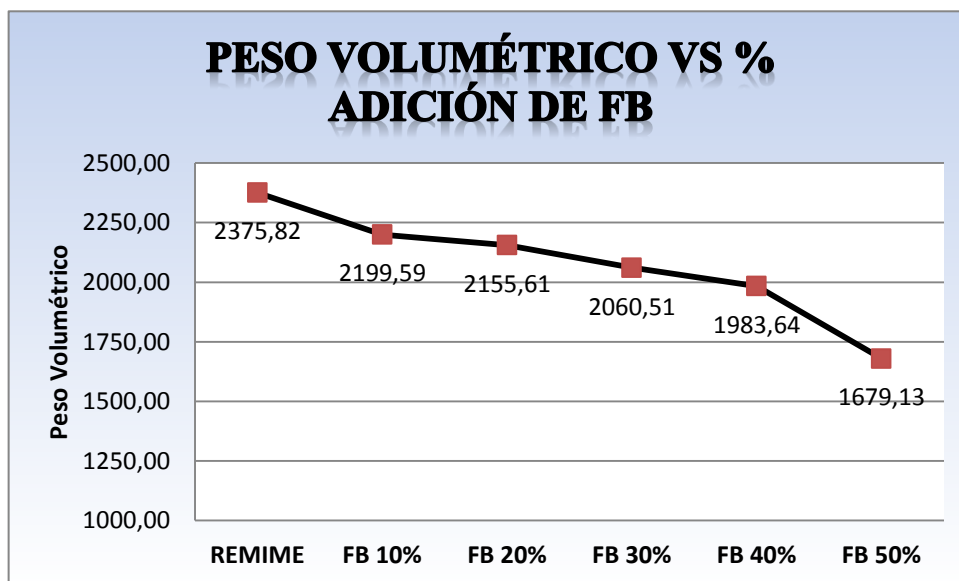
Cuadro 4.5 Peso Volumétrico – Comparación de Resultados de los Pesos Volumétricos en Bloques con Adición de FB



Fuente: Elaboración Propia

Cuadro 4.6 Peso Volumétrico – Influencia del % de Adición de FB en el Peso

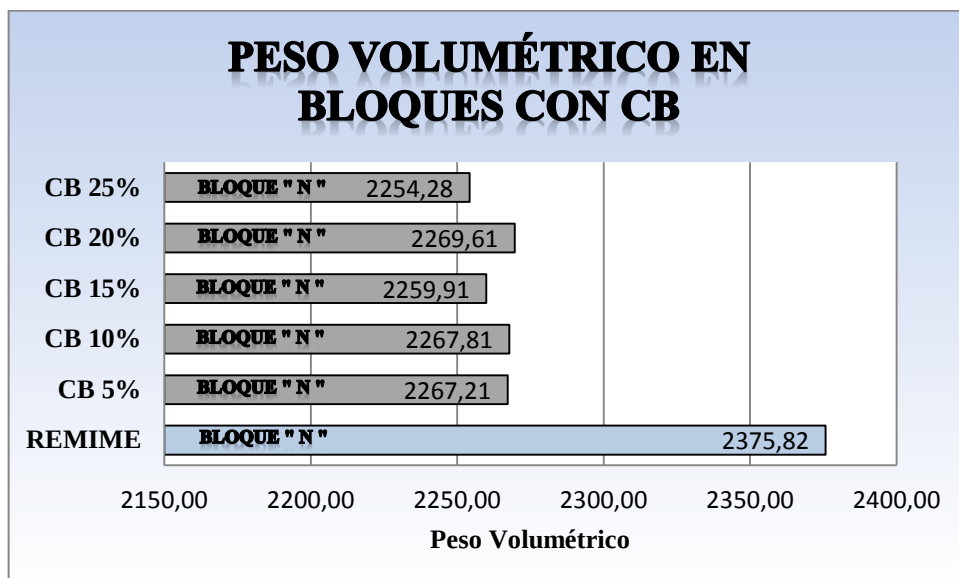
Volumétrico de los Bloques



Fuente: Elaboración Propia

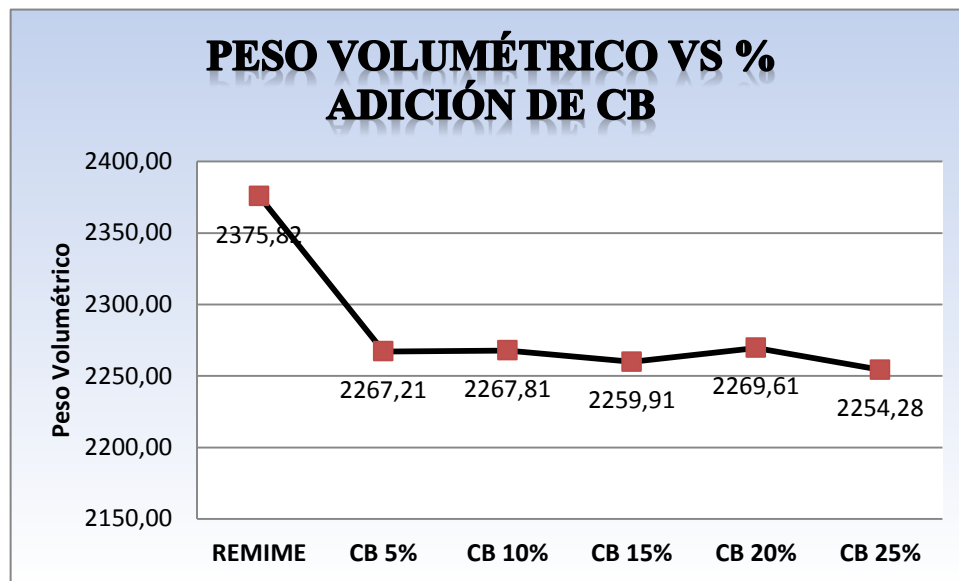
Cuadro 4.7 Peso Volumétrico – Comparación de Resultados de los Pesos

Volumétricos en Bloques con Adición de CB



Fuente: Elaboración Propia

Cuadro 4.8 Peso Volumétrico – Influencia del % de Adición de CB en el Peso Volumétrico de los Bloques



Fuente: Elaboración Propia

En los anteriores cuadros podemos apreciar gráficas que expresan el peso volumétrico de cada tipo de Bloque con su respectiva clasificación.

En el cuadro 4.4 podemos observar que nuestro Bloque Patrón REMIME es mucho más denso que el Bloque de HORMIBLOCK y CONCRETEC. Eso significa que nuestro Bloque es mucho más compacto y pesado.

Los cuadros 4.5 y 4.6 nos muestran que mientras mayor sea el porcentaje de adición de FB nuestro Bloque tiende a reducir su Peso Volumétrico de Normal “N” a Liviano “L”. Eso significa que la FB garantiza el aligeramiento en los Bloques de Hormigón.

En los cuadro 4.7 y 4.8 podemos observar que, sin importar el porcentaje de adición de CB nuestro Bloque, tiende a reducir levemente su Peso Volumétrico ya que se mantiene en Normal “N”. Eso significa que la CB no influye significativamente en la reducción del Peso.

Este ensayo también nos puede dar a conocer lo que sucede con respecto a la masa de cada espécimen. Para ser más explícitos con los resultados es necesario comparar cada tipo de bloque y describir la incidencia de la FB y CB en cada espécimen:

Cuadro 4.9 Peso Volumétrico – Comparación de Resultados de los Pesos

	PROCEDENCIA	P (Kg)
PATRÓN	HORMIBLOCK	13,53
	CONCRETEC	14,64
	Patrón REMIME	16,56
FB	FB 10%	15,38
	FB 20%	15,07
	FB 30%	14,41
	FB 40%	13,87
	FB 50%	11,74
CB	CB 5%	15,78
	CB 10%	15,79
	CB 15%	15,73
	CB 20%	15,80
	CB 25%	15,69

Fuente: Elaboración Propia

Cuadro 4.10 Peso Volumétrico – Comparación del Peso entre Bloques Patrón

COMPARACIÓN BLOQUES PATRÓN		
CONCRETEC	HORMIBLOCK	CONCRETEC > P
14,64 Kg	13,53 Kg	7,59 %
Patrón REMIME	HORMIBLOCK	REMIME > P
16,56 Kg	13,53 Kg	18,29 %
Patrón REMIME	CONCRETEC	REMIME > P
16,56 Kg	14,64 Kg	11,58 %

Fuente: Elaboración Propia

Se puede apreciar que los Bloques Concrettec son 7.59% más pesados que los Bloques Hormiblock.

También podemos decir que nuestro Bloque REMIME tiene 18.29% y 11.58% de peso excedente con respecto a los Bloques Hormiblock y Concrettec respectivamente.

*Cuadro 4.11 Peso Volumétrico – Comparación del Peso entre Bloque Patrón
REMIME y Bloques con Adición de FB*

COMPARACIÓN BLOQUE PATRÓN VS BLOQUE C/FB		
Patrón REMIME	FB 10%	REMIME > P
16,56 Kg	15,38 Kg	7,11 %
Patrón REMIME	FB 20%	REMIME > P
16,56 Kg	15,07 Kg	8,97 %
Patrón REMIME	FB 30%	REMIME > P
16,56 Kg	14,41 Kg	12,99 %
Patrón REMIME	FB 40%	REMIME > P
16,56 Kg	13,87 Kg	16,23 %
Patrón REMIME	FB 50%	REMIME > P
16,56 Kg	11,74 Kg	29,09 %

Fuente: Elaboración Propia

Observando los resultados del cuadro anterior, podemos deducir que existe una disminución de peso moderada en los Bloques con FB 30%, FB 40% y FB 50% comparados con el Bloque Patrón REMIME ya que estos presentan una reducción del 12.99%, 16.23% y 29.09% respectivamente.

*Cuadro 4.12 Peso Volumétrico – Comparación de PV entre Bloque Patrón REMIME
y Bloques con Adición de CB*

COMPARACIÓN BLOQUE PATRÓN VS BLOQUE C/CB		
Patrón REMIME	CB 5%	REMIME > P
16,56 Kg	15,78 Kg	4,69 %
Patrón REMIME	CB 10%	REMIME > P
16,56 Kg	15,79 Kg	4,67 %
Patrón REMIME	CB 15%	REMIME > P
16,56 Kg	15,73 Kg	5,00 %
Patrón REMIME	CB 20%	REMIME > P
16,56 Kg	15,80 Kg	4,59 %
Patrón REMIME	CB 25%	REMIME > P
16,56 Kg	15,69 Kg	5,23 %

Fuente: Elaboración Propia

Observando los resultados del cuadro anterior, podemos deducir que existe una disminución insignificativa de peso en todos los Bloques con CB, comparados con el Bloque Patrón REMIME ya que estos presentan una reducción entre el 4.59% y el 5.23%, lo que nos indica un peso poco variable en Bloques con adición de CB.

4.1.3 Resultados del Porcentaje de Absorción de Agua

A continuación, se presentan los resultados obtenidos del ensayo de Porcentaje de Absorción de Agua en los Bloques:

Cuadro 4.13 Porcentaje de Absorción de Agua – Comparación de Resultados de los Porcentajes de Absorción de Agua

	PROCEDENCIA	%ABS
PATRÓN	HORMIBLOCK	6,08
	CONCRETEC	9,38
	Patrón REMIME	4,94
FB	FB 10%	5,13
	FB 20%	5,45
	FB 30%	6,19
	FB 40%	7,46
	FB 50%	9,23
CB	CB 5%	4,89
	CB 10%	4,80
	CB 15%	4,81
	CB 20%	4,70
	CB 25%	4,73

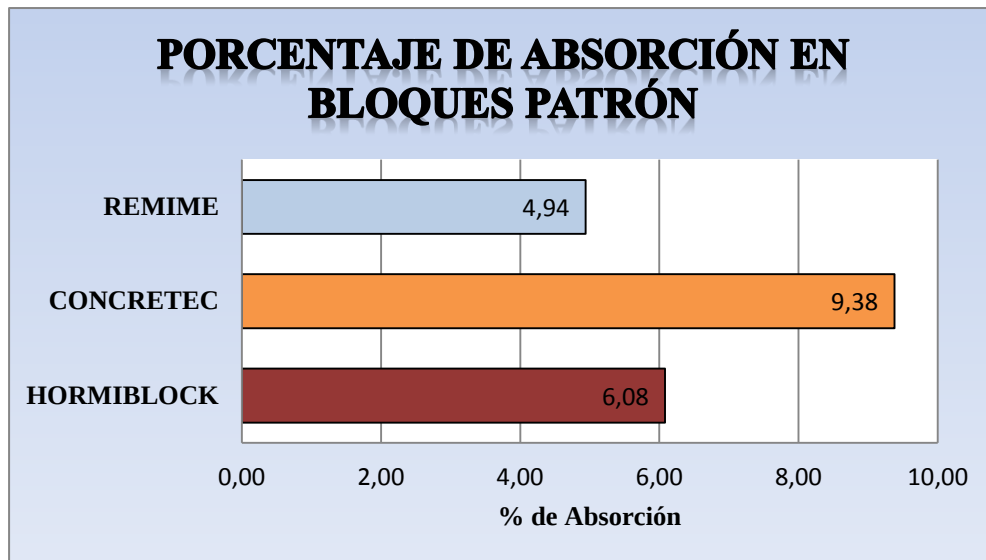
Fuente: Elaboración Propia

Según la NB 1220035, nos dice que el Porcentaje de Absorción de Agua en Bloques debe de ser $\leq 10\%$; esto nos indica que:

Si el Porcentaje de Absorción es $\leq 10\%$ nuestra pieza tiene mayor resistencia y una buena adherencia con el mortero en la mampostería.

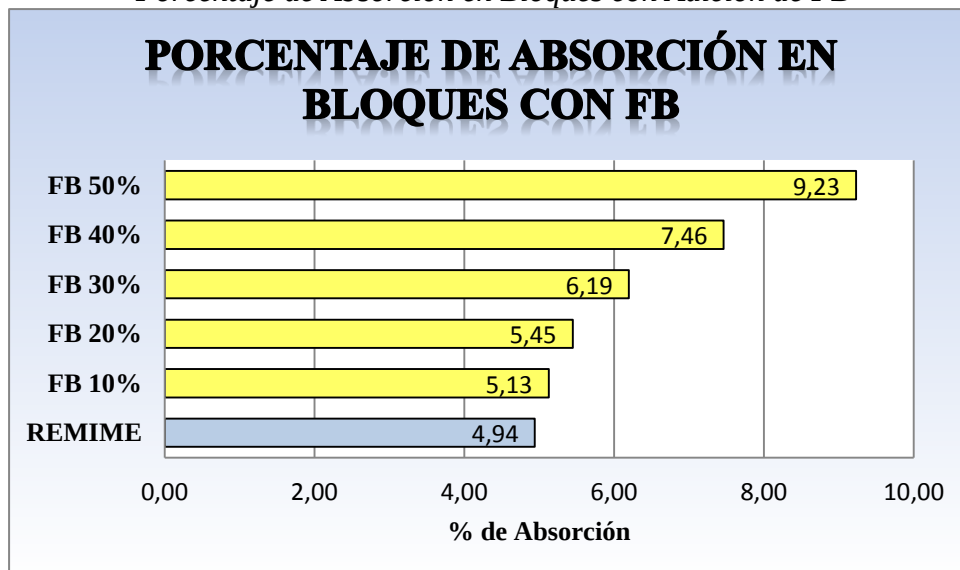
Si el Porcentaje de Absorción es $> 10\%$ nuestra pieza tiende a ser frágil y permeable ya que es capaz de retener grandes cantidades de agua que afectan directamente a la resistencia.

Cuadro 4.14 Porcentaje de Absorción – Comparación de Resultados del Porcentaje de Absorción en Bloques Patrón



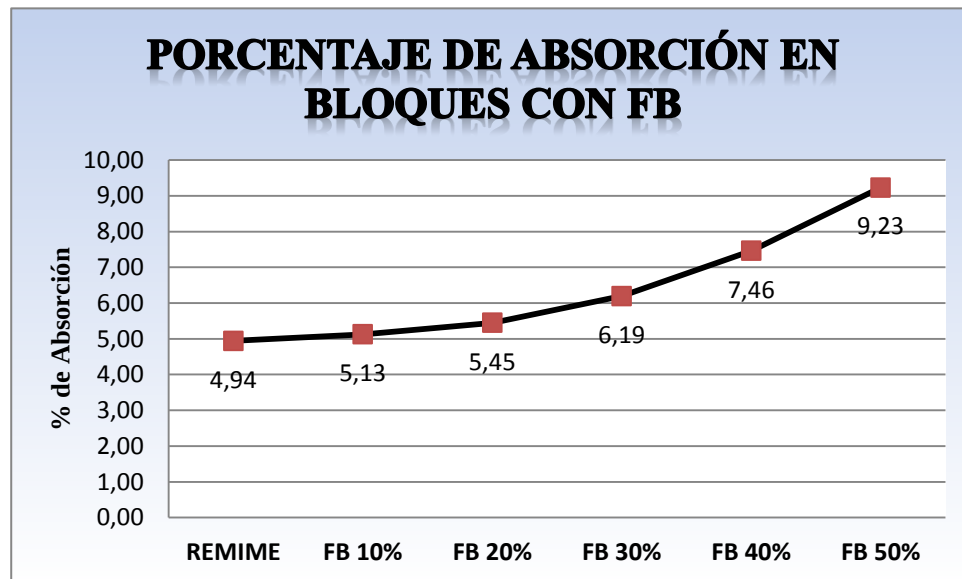
Fuente: Elaboración Propia

Cuadro 4.15 Porcentaje de Absorción – Comparación de Resultados de los Porcentaje de Absorción en Bloques con Adición de FB



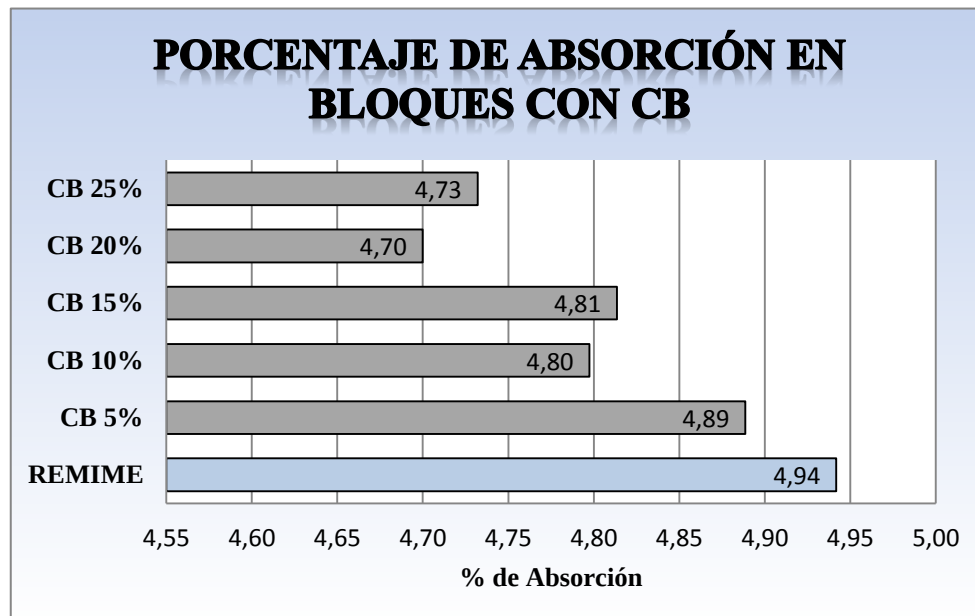
Fuente: Elaboración Propia

*Cuadro 4.16 Porcentaje de Absorción – Influencia del % de Adición de FB en el
Porcentaje de Adición de los Bloques*



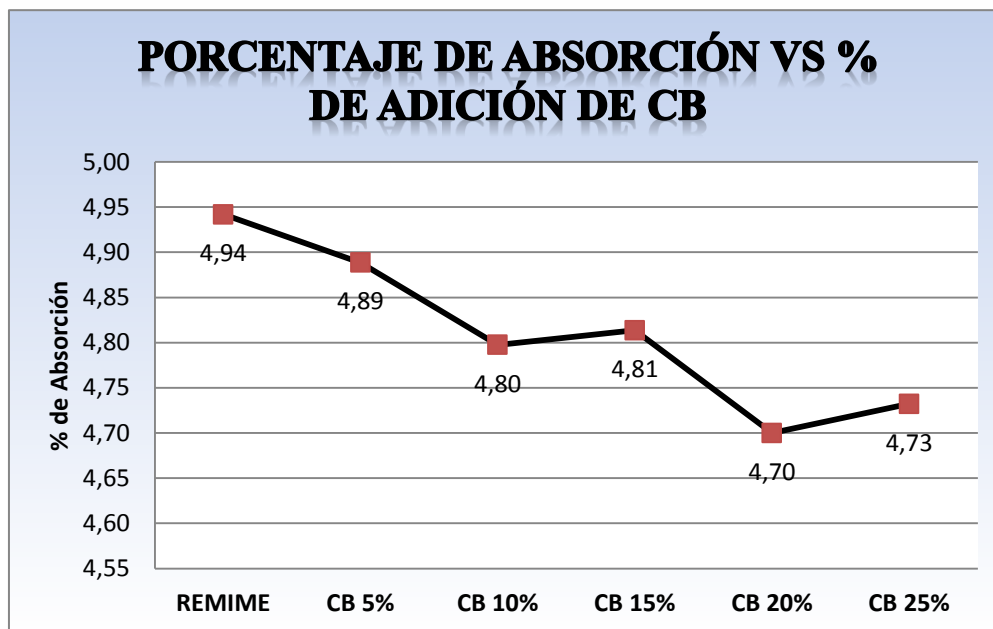
Fuente: Elaboración Propia

*Cuadro 4.17 Porcentaje de Absorción – Comparación de Resultados del Porcentaje
de Absorción en Bloques con Adición de CB*



Fuente: Elaboración Propia

Cuadro 4.18 Porcentaje de Absorción – Influencia del % de Adición de CB en el Porcentaje de Adición de los Bloques



Fuente: Elaboración Propia

En los anteriores cuadros podemos apreciar gráficas que expresan el porcentaje de Absorción de cada tipo de Bloque.

En el cuadro 4.14 podemos observar que nuestro Bloque Patrón REMIME es menos absorbente que el Bloque de HORMIBLOCK y CONCRETEC.

Los cuadros 4.15 y 4.16 nos muestran que mientras mayor sea el porcentaje de adición de FB nuestro Bloque tiende a aumentar su Porcentaje de Absorción. Eso significa que la FB actúa como esponja en el interior del Bloque y es capaz de retener cantidades significativas de agua siendo esto desfavorable para la resistencia.

En los cuadro 4.17 y 4.18 podemos observar que la CB es muy favorable para reducir la absorción en los Bloques ya que en la curva se aprecia una tendencia descendente con ciertas variaciones sujetas al porcentaje de adición. Eso significa que la CB hace que nuestro Bloque sea menos permeable.

Para ser más explícitos con los resultados de este ensayo, es necesario comparar cada tipo de bloque y describir la incidencia de la FB y CB en cada espécimen:

Cuadro 4.19 Porcentaje de Absorción – Comparación del % Abs. entre Bloques Patrón

COMPARACIÓN BLOQUES PATRÓN		
CONCRETEC	HORMIBLOCK	CONCRETEC > %ABS
9,38 %	6,08 %	35,13 %
Patrón REMIME	HORMIBLOCK	REMIME < %ABS
4,94 %	6,08 %	18,76 %
Patrón REMIME	CONCRETEC	REMIME < %ABS
4,94 %	9,38 %	47,30 %

Fuente: Elaboración Propia

Se puede apreciar que los Bloques Concrettec son 35.13% más Absorbentes que los Bloques Hormiblock.

También podemos decir que nuestro Bloque REMIME es 18.76% y 47.30% menos permeable que los Bloques Hormiblock y Concrettec respectivamente.

Cuadro 4.20 Porcentaje de Absorción – Comparación del % Abs. entre Bloque Patrón REMIME y Bloques con Adición de FB

COMPARACIÓN BLOQUE PATRÓN VS BLOQUE C/FB		
Patrón REMIME	FB 10%	REMIME < %ABS
4,94 %	5,13 %	3,59 %
Patrón REMIME	FB 20%	REMIME < %ABS
4,94 %	5,45 %	9,27 %
Patrón REMIME	FB 30%	REMIME < %ABS
4,94 %	6,19 %	20,23 %
Patrón REMIME	FB 40%	REMIME < %ABS
4,94 %	7,46 %	33,78 %
Patrón REMIME	FB 50%	REMIME < %ABS
4,94 %	9,23 %	46,46 %

Fuente: Elaboración Propia

Observando los resultados del cuadro anterior, podemos deducir que existe un aumento considerable de absorción en los Bloques con FB 30%, FB 40% y FB 50% comparados con el Bloque Patrón REMIME ya que estos presentan un acrecentamiento del 20.23%, 33.78% y 46.46% respectivamente; además, es muy importante recalcar que aunque existe este tipo de incremento ningún valor sobrepasa el porcentaje de absorción especificado de la NB 1220035 que nos dice que debe de ser $\leq 10\%$.

Cuadro 4.21 Peso Volumétrico – Comparación de PV entre Bloque Patrón REMIME y Bloques con Adición de CB

COMPARACIÓN BLOQUE PATRÓN VS BLOQUE C/CB		
Patrón REMIME	CB 5%	REMIME > %ABS
4,94 %	4,89 %	1,08 %
Patrón REMIME	CB 10%	REMIME > %ABS
4,94 %	4,80 %	2,92 %
Patrón REMIME	CB 15%	REMIME > %ABS
4,94 %	4,81 %	2,59 %
Patrón REMIME	CB 20%	REMIME > %ABS
4,94 %	4,70 %	4,89 %
Patrón REMIME	CB 25%	REMIME > %ABS
4,94 %	4,73 %	4,24 %

Fuente: Elaboración Propia

Observando los resultados del cuadro anterior, podemos deducir que existe una disminución insignificativa en el porcentaje de absorción de los bloques con adición de CB, comparados con el Bloque Patrón REMIME ya que estos presentan una reducción entre el 1.08% y el 4.89%, lo que significa un porcentaje de absorción decrecido como máximo en un 0.24% producto de la influencia de la CB.

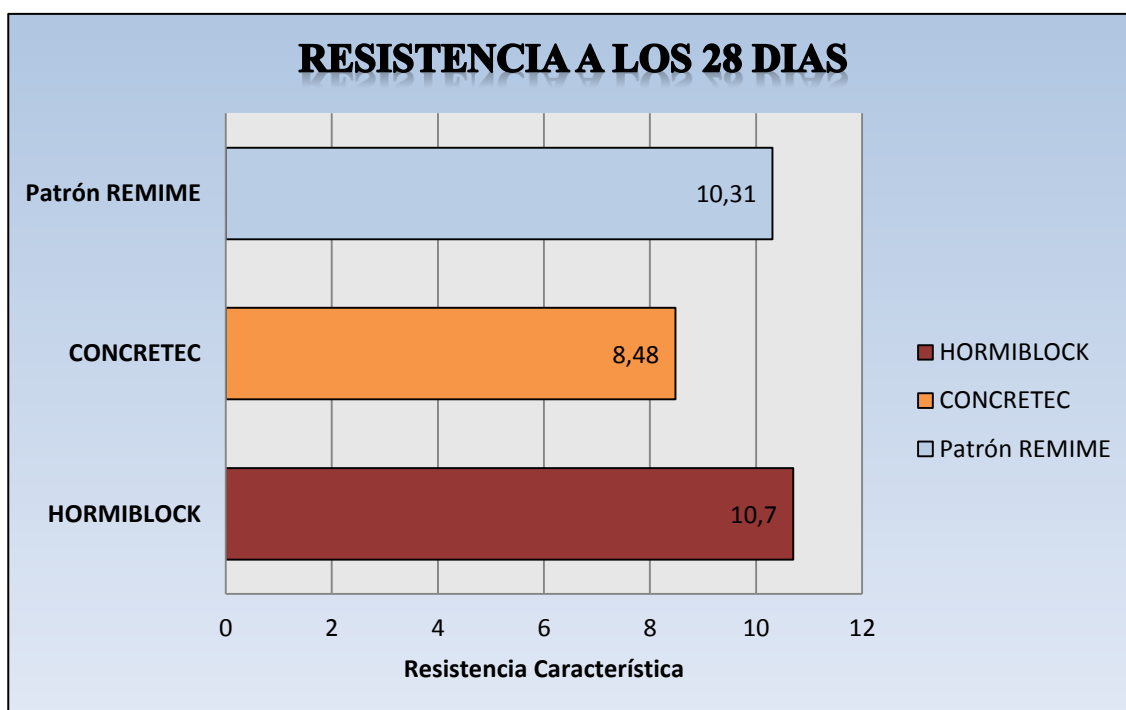
Otra deducción que se puede realizar es que los Bloques con CB son menos permeables que los bloques comunes.

4.1.4 Resultados de la Resistencia a Compresión

A continuación, se presentan los resultados obtenidos del ensayo de Resistencia a Compresión en los Bloques:

Cuadro 4.22 Resistencia a Compresión – Bloques Patrón

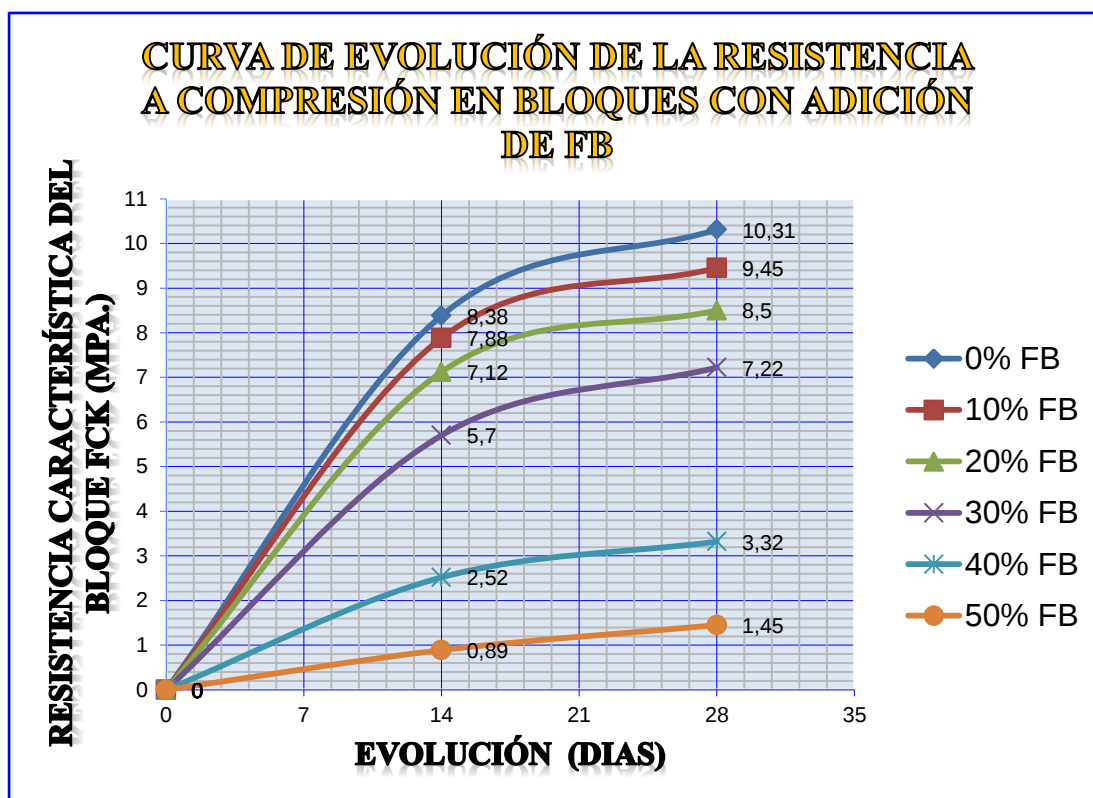
RESIST. CARACTERISTICA fck(Mpa.)	
PROCEDENCIA	DIAS 28
HORMIBLOCK	10,7
CONCRETEC	8,48
Patrón REMIME	10,31



Fuente: Elaboración Propia

Cuadro 4.23 Resistencia a Compresión – Bloques con Adición de FB

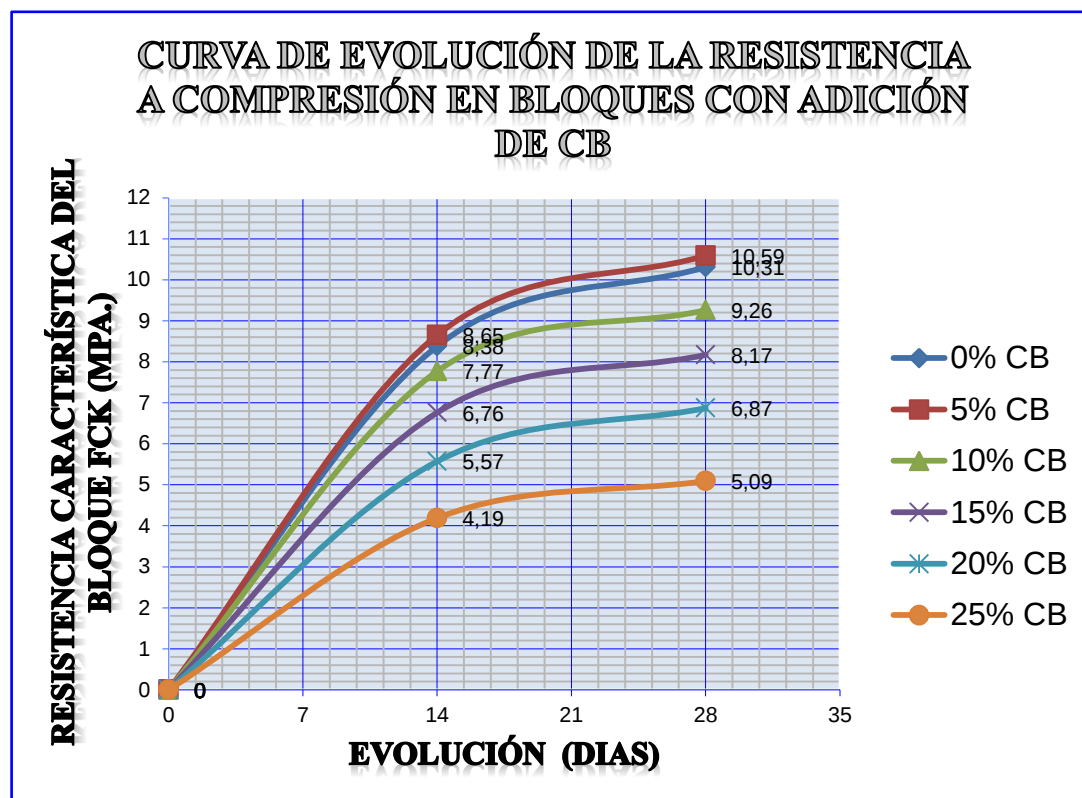
% de Adición de FB	RESIST. CARACTERISTICA fck(Mpa.)		
	EVOLUCIÓN DE LOS BLOQUES (DIAS)		
	0	14	28
0	0	8,38	10,31
10	0	7,88	9,45
20	0	7,12	8,5
30	0	5,7	7,22
40	0	2,52	3,32
50	0	0,89	1,45



Fuente: Elaboración Propia

Cuadro 4.24 Resistencia a Compresión – Bloques con Adición de CB

% de Adición de CB	RESIST. CARACTERISTICA fck(Mpa.)		
	EVOLUCIÓN DE LOS BLOQUES (DIAS)		
	0	14	28
0	0	8,38	10,31
5	0	8,65	10,59
10	0	7,77	9,26
15	0	6,76	8,17
20	0	5,57	6,87
25	0	4,19	5,09



Fuente: Elaboración Propia

En los anteriores cuadros podemos apreciar gráficas que expresan la Resistencia Característica de los Bloques tomado en cuenta sus edades de 0, 14 y 28 días..

En el cuadro 4.22 podemos observar que nuestro Bloque Patrón REMIME tiene una resistencia similar a la de los bloques de HORMIBLOCK y CONCRETEC; esto nos indica que nuestra dosificación fue la adecuada.

El cuadro 4.23 nos muestra la evolución de la resistencia de los Bloques con adición de FB, donde se aprecia que:

- Los Bloques con FB hasta 30% de adición cumplen con la resistencia característica ≥ 6 Mpa de un Bloque para mampostería estructural
- El Bloque de FB con 40% de adición cumple con la resistencia característica ≥ 3 Mpa de un Bloque para muros exteriores no portantes.
- El Bloque de FB con 50% de adición no cumple con la resistencia característica de ningún tipo, es decir, que no es apto para su uso.
- Nuestra adición óptima de FB se encuentra entre los porcentajes del 30% y 40% ya que entre estos valores se encuentra un Bloque con una resistencia característica de 6 Mpa.
- A mayor cantidad de FB, menor es la resistencia característica

El cuadro 4.24 nos muestra la evolución de la resistencia de los Bloques con adición de CB, donde se aprecia que:

- El Bloque de CB con 5% de adición supera la resistencia del Bloque patrón, es decir, que la CB reacciona de una manera óptima con el cemento, mejorando las características de resistencia.

- Los Bloques con CB hasta 20% de adición cumplen con la resistencia característica ≥ 6 Mpa de un Bloque para mampostería estructural
- El Bloque de CB con 25% de adición cumple con la resistencia característica ≥ 4 Mpa de un Bloque para muros exteriores e interiores portantes.
- Nuestra adición óptima de CB se encuentra entre los porcentajes del 20% y 25% ya que entre estos valores se encuentra un Bloque con una resistencia característica de 6 Mpa.
- A mayor cantidad de CB, menor es la resistencia característica.

Para ser más explícitos con los resultados de este ensayo, es necesario comparar cada tipo de bloque y describir la incidencia de la FB y CB en cada espécimen:

Cuadro 4.25 Resistencia a Compresión – Comparación de la fck. entre Bloques Patrón

COMPARACIÓN BLOQUES PATRÓN		
HORMIBLOCK	CONCRETEC	HORMIBLOCK > fck
10,70 Mpa	8,48 Mpa	20,75 %
Patrón REMIME	HORMIBLOCK	REMIME < fck
10,31 Mpa	10,70 Mpa	3,64 %
Patrón REMIME	CONCRETEC	REMIME > fck
10,31 Mpa	8,48 Mpa	17,75 %

Fuente: Elaboración Propia

Se puede apreciar que los Bloques Hormiblock son 2.75% más resistentes a la compresión que los Bloques Concrettec.

También podemos decir que nuestro Bloque REMIME es 3.64% más débil que los bloques hormiblock y 17.75% más fuerte que los Bloques Concrettec, refiriéndonos a la Resistencia a Compresión.

Cuadro 4.26 Resistencia a Compresión – Comparación de la fck. entre Bloque Patrón REMIME y Bloques con Adición de FB

COMPARACIÓN BLOQUE PATRÓN VS BLOQUE C/FB		
Patrón REMIME	FB 10%	REMIME > fck
10,31 Mpa	9,45 Mpa	8,34 %
Patrón REMIME	FB 20%	REMIME > fck
10,31 Mpa	8,50 Mpa	17,56 %
Patrón REMIME	FB 30%	REMIME > fck
10,31 Mpa	7,22 Mpa	29,97 %
Patrón REMIME	FB 40%	REMIME > fck
10,31 Mpa	3,32 Mpa	67,80 %
Patrón REMIME	FB 50%	REMIME > fck
10,31 Mpa	1,45 Mpa	85,94 %

Fuente: Elaboración Propia

Observando los resultados del cuadro anterior, podemos deducir que existe una disminución notable de la resistencia en los Bloques con FB 30%, FB 40% y FB 50%; comparados con el Bloque Patrón REMIME ya que estos presentan un reducción del 29.97%, 67.80% y 85.94% respectivamente.

Es muy importante recalcar que aunque existe este decaimiento en la resistencia, el Bloque de FB 30% sigue siendo estructural, el Bloque de FB 40% es de cerramiento y, por último, el Bloque de FB 50% es totalmente desechable ya que no llega a la resistencia mínima en Bloques de 2 MPa.

Haciendo hincapié en la resistencia de los Bloques con FB 30% y FB 40% es necesario determinar el porcentaje de adición óptima para fabricar bloques portantes; interpolando entre estos dos valores, se obtuvo 33.13% como porcentaje máximo de adición de FB.

Cuadro 4.27 Resistencia a Compresión – Comparación de la f_{ck} entre Bloque Patrón REMIME y Bloques con Adición de CB

COMPARACIÓN BLOQUE PATRÓN VS BLOQUE C/CB		
Patrón REMIME	CB 5%	REMIME < f_{ck}
10,31 Mpa	10,59 Mpa	2,64 %
Patrón REMIME	CB 10%	REMIME > f_{ck}
10,31 Mpa	9,26 Mpa	10,18 %
Patrón REMIME	CB 15%	REMIME > f_{ck}
10,31 Mpa	8,17 Mpa	20,76 %
Patrón REMIME	CB 20%	REMIME > f_{ck}
10,31 Mpa	6,87 Mpa	33,37 %
Patrón REMIME	CB 25%	REMIME > f_{ck}
10,31 Mpa	5,09 Mpa	50,63 %

Fuente: Elaboración Propia

Observando los resultados del cuadro anterior, podemos deducir que existe un aumento del 2.64% en la resistencia a compresión del Bloque con CB 5% comparado con el Bloque Patrón REMIME.

Es muy importante recalcar que aunque existe este decaimiento en la resistencia a partir de los bloques con adiciones del 10%, siguen siendo estructurales los bloques con CB 10%, CB15%, CB 20%; esto no ocurre con el Bloque de CB 25% ya que su resistencia reduce un 50.63% a la del bloque patrón por lo que deja de ser estructural y se vuelve portante para muros interiores

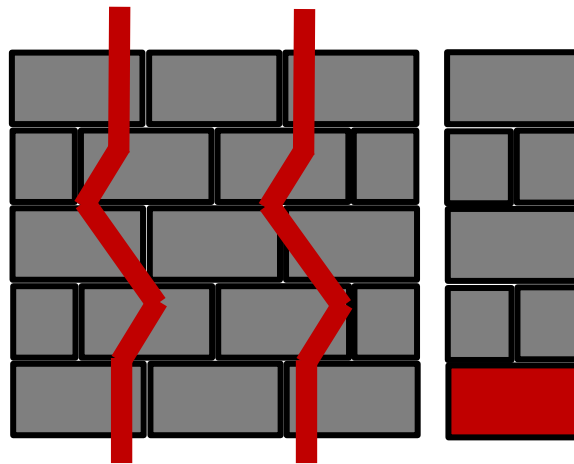
Haciendo hincapié en la resistencia de los Bloques con CB 20% y CB 25%, es necesario determinar el porcentaje de adición óptima para fabricar bloques estructurales; interpolando entre estos dos valores, se obtuvo 22.44% como porcentaje máximo de adición de CB.

Sabiendo que la Resistencia a Compresión es la propiedad más importante de los Bloques de Hormigón, es necesario realizar una breve comparación entre la mampostería con Bloques y la tradicional con Ladrillos de 6 Huecos, para determinar

teóricamente hasta qué altura se puede construir un muro sin que la primera fila de mampuesto falle tomando en cuenta el peso de las piezas y un mortero convencional de arena y cemento.

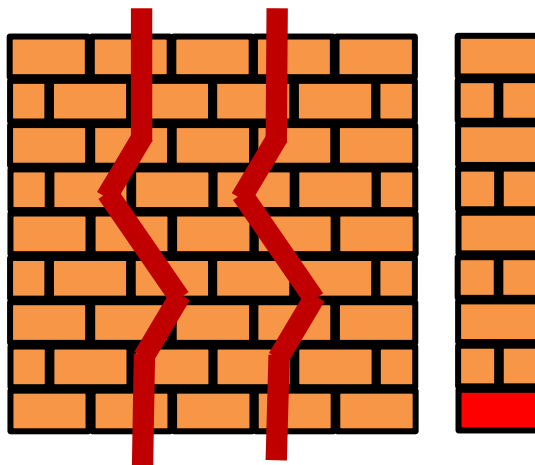
Como punto de partida para esta simple comparación tenemos los datos obtenidos en nuestra investigación; haciéndonos referencia a las dimensiones de cada espécimen, la resistencia a compresión y el peso propio de la pieza. A continuación, se muestra un esquema de cada tipo de mampostería:

Figura 3.44 Mampostería con Bloques de Hormigón



Fuente: Elaboración Propia

Figura 3.45 Mampostería con Ladrillos 6 Huecos



Fuente: Elaboración Propia

Sabiendo que la máxima solicitud de carga por el peso propio de las piezas siempre se encuentra en la parte inferior del muro, es necesario tomar este criterio para calcular la cantidad de piezas que se pueden apilar y además la altura que se llegaría a obtener.

Para este cálculo se tomarán los siguientes datos:

Cuadro 4.28 Comparación entre Mampostería con Ladrillo y con Bloque de Hormigón – Datos de las Piezas

PARA LAS PIEZAS							
PIEZA	DIMENSIONES				Peso P/Pieza (Kgf)	Resistencia	
	Largo (cm)	Ancho (cm)	Alto (cm)	Área (cm ²)		(Mpa)	(Kgf/cm ²)
HORMIBLOCK	39,05	19,05	18,93	338,85	13,53	10,7	109,11
CONCRETEC	39,82	19,67	19,45	421,25	14,64	8,48	86,47
REMIME	39,02	19,98	19,08	365,26	16,56	10,31	105,13
FB 30%	38,90	20,12	19,07	366,66	14,41	7,22	73,62
CB 20%	38,93	20,02	19,00	366,34	15,80	6,87	70,05
LADRILLO (6H)	24,00	18,00	12,00	432,00	3,85	3,15	32,12

Fuente: Elaboración Propia

Cuadro 4.29 Comparación entre Mampostería con Ladrillo y con Bloque de Hormigón – Datos del Mortero

MORTERO			
Tipo	Junta	Altura (cm)	Peso Específico (kgf/m ³)
Cemento + Arena	Horizontal	1,5	2100

Fuente: Elaboración Propia

Posteriormente, se procedió al cálculo respectivo del peso soportado por cada pieza tomando en cuenta:

- El Mortero (Peso, Altura y Junta) y Tipo de Pieza (Bloques de Hormigón “Patrón, FB y CB” Ladrillo Cerámico de 6 Huecos.)
- Factor de Seguridad preferentemente 3 para la resistencia admisible de cada tipo de pieza.

Cuadro 4.30 Comparación entre Mampostería con Ladrillo y con Bloque de Hormigón – Cálculos para el Mortero

CÁLCULOS P/MORTERO		
PIEZA	Vol. del Mortero (cm ³)	Peso Mortero (kgf)
HORMIBLOCK	508,28	1,07
CONCRETEC	631,88	1,33
REMIME	547,89	1,15
FB 30%	549,99	1,15
CB 20%	549,51	1,15
LADRILLO (6H)	648,00	1,36

Fuente: Elaboración Propia

Cuadro 4.31 Comparación entre Mampostería con Ladrillo y con Bloque de Hormigón – Cálculos Para Las Piezas

CÁLCULOS P/PIEZA		
PIEZA	Peso Total Pieza + Mortero (Kgf)	Alto Total Pieza + Mortero (cm)
HORMIBLOCK	14,60	20,43
CONCRETEC	15,97	20,95
REMIME	17,71	20,58
FB 30%	15,56	20,57
CB 20%	16,95	20,50
LADRILLO (6H)	5,21	13,50

Fuente: Elaboración Propia

Finalmente se calculó la altura máxima que puede elevarse un muro con estas piezas:

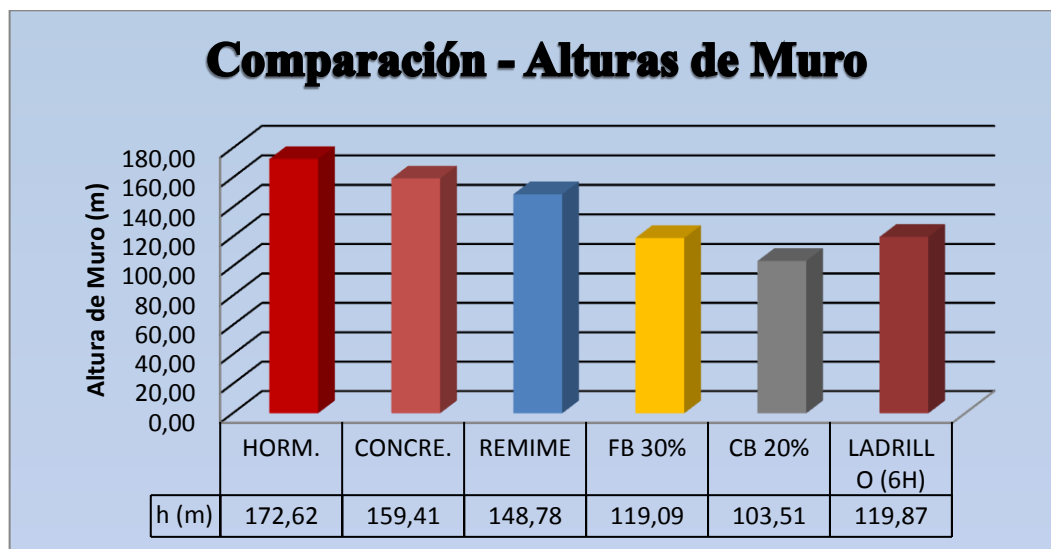
Cuadro 4.32 Comparación entre Mampostería con Ladrillo y con Bloque de Hormigón – Cálculos Para el Muro

CÁLCULOS P/MURO					
PIEZA	Resist. Adm. (Kgf/cm ²)	Resist. P/Cálculo (Kgf/cm ²)	Fuerza Admisible (Kgf)	Cant Piezas	Altura Muro (m)
HORM.	109,11	36,37	12323,98	844	172,62
CONCRE.	86,47	28,82	12142,15	760	159,41
REMIME	105,13	35,04	12800,31	722	148,78
FB 30%	73,62	24,54	8998,30	578	119,09
CB 20%	70,05	23,35	8554,62	504	103,51
LADRILLO (6H)	32,12	10,71	4625,45	887	119,87

Fuente: Elaboración Propia

Los cálculos realizados arrojaron los siguientes resultados:

Cuadro 4.33 Comparación entre Mampostería con Ladrillo y con Bloque de Hormigón – Alturas de Muro



Fuente: Elaboración Propia

Cuadro 4.34 Comparación entre Mampostería con Ladrillo y con Bloque de Hormigón – Comparación

COMPARACIÓN CON RESPECTO AL MURO DE LADRILLOS DE 6H			
PIEZA	Diferencia de Muro (m)	Diferencia de Muro (%)	Comparación c/M. Ladrillo
HORMIBLOCK	52,75	30,56	Más Alto
CONCRETEC	39,55	24,81	Más Alto
REMIME	28,91	19,43	Más Alto
FB 30%	0,78	0,65	Más Bajo
CB 20%	16,36	15,80	Más Bajo

Fuente: Elaboración Propia

Según el cuadro anterior, podemos decir que se puede elevar un Muro con Bloques Convencionales de Hormigón más alto que un Muro con Ladrillo cerámico de 6H.

También se puede apreciar que los muros con Bloques de FB y CB son más Bajos que un Muro con Ladrillo cerámico de 6H.

4.1.5 Clasificación de los Bloques Ensayados

Cuadro 4.35 Clasificación de Bloques – Datos Preliminares

DATOS PRELIMINARES PARA CLASIFICAR BLOQUES				
Procedencia	Resistencia (Mpa)	Acabado Superficial	Peso Volumétrico (Kg/m ³)	Peso Volumétrico Agr. Grueso (Kg/m ³)
HORMIBLOCK	10,7	LISO	2109,05	Sin referencia
CONCRETEC	8,48	LISO	1786,82	Sin referencia
Patrón REMIME	10,31	LISO	2375,82	1491
FB 10%	9,45	LISO	2199,59	1491
FB 20%	8,5	LISO	2155,61	1491
FB 30%	7,22	RUGOSO	2060,51	1491
FB 40%	3,32	RUGOSO	1983,64	1491
FB 50%	1,45	RUGOSO	1679,13	1491
CB 5%	10,59	LISO	2267,21	1491
CB 10%	9,26	LISO	2267,81	1491
CB 15%	8,17	LISO	2259,91	1491
CB 20%	6,87	LISO	2269,61	1491
CB 25%	5,09	LISO	2254,28	1491

Fuente: Elaboración Propia

Cuadro 4.36 Clasificación de Bloques – Según Categorías de la NB 1220035

CLASIFICACIÓN DE LOS BLOQUES					
Procedencia	(RE)	(AP)	(AC)	(PV)	(AG)
HORMIBLOCK	Tipo I	Portantes Exteriores	"S"	"N"	-
CONCRETEC	Tipo I	Portantes Exteriores	"S"	"M"	-
Patrón REMIME	Tipo I	Portantes Exteriores	"S"	"N"	Normales
FB 10%	Tipo I	Portantes Exteriores	"S"	"N"	Normales
FB 20%	Tipo I	Portantes Exteriores	"S"	"N"	Normales
FB 30%	Tipo I	Portantes Exteriores	"G"	"N"	Normales
FB 40%	Tipo III	No Portantes-Cerramiento	"G"	"M"	Normales
FB 50%	-	-	"G"	"L"	Normales
CB 5%	Tipo I	Portantes Exteriores	"S"	"N"	Normales
CB 10%	Tipo I	Portantes Exteriores	"S"	"N"	Normales
CB 15%	Tipo I	Portantes Exteriores	"S"	"N"	Normales
CB 20%	Tipo I	Portantes Exteriores	"S"	"N"	Normales
CB 25%	Tipo II	Portantes Interiores	"S"	"N"	Normales

Fuente: Elaboración Propia

La clasificación de los Bloques es muy importante debido a que muestra un resumen de las características más sobresalientes de los mismos.

4.1.6 Análisis Económico

Sabiendo que nuestros bloques, al ser fabricados con residuos industriales, tendrán una incidencia en la parte económica, es imprescindible realizar el análisis correspondiente.

Contemplando los precios a los que se rigen los materiales utilizados, tenemos:

Cuadro 4.37 Análisis Económico – Precios actualizados de los Materiales utilizados en Bloques

Material	Precio	Unidad
Cemento	1,2	Bs/Kg
Grava	110	Bs/m3
Arena	125	Bs/m3
Fibra B.	10	Bs/m3
Ceniza B.	10	Bs/m3

Fuente: Elaboración Propia

Analizaremos lo que sucede en cuanto se refiere a lo económico en Bloques con adición de FB que clasifiquen como Tipo I. Tomaremos en cuenta una producción diaria de 1000 bloques obteniendo así la siguiente cantidad de material:

Cuadro 4.38 Análisis Económico – Cantidad de material en 1000 Bloques con adición de FB

CANTIDAD DE MATERIAL					
MATERIAL	UNIDAD	PATRÓN	FB 10%	FB 20%	FB 30%
Cemento	Kg	1917,58	1917,58	1917,58	1917,58
Grava	m3	2,17	2,17	2,17	2,17
Arena	m3	3,31	2,98	2,65	2,32
Fibra B.	m3	0,00	0,31	0,63	0,94

Fuente: Elaboración Propia

Cuadro 4.39 Análisis Económico – Precio Total, Diferencia y Ganancias en Bloques con adición de FB

PRECIO TOTAL					
MATERIAL	UNIDAD	PATRÓN	FB 10%	FB 20%	FB 30%
Cemento	Bs	2301,09	2301,09	2301,09	2301,09
Grava	Bs	238,22	238,22	238,22	238,22
Arena	Bs	413,65	372,28	330,92	289,55
Fibra B.	Bs	0,00	3,13	6,27	9,40
TOTAL (Bs)		2952,95	2914,72	2876,49	2838,26
DIFERENCIA (Bs)		0,00	38,23	76,46	114,69
GANANCIA (%)		0,00	0,54	1,08	1,63

Fuente: Elaboración Propia

El cuadro anterior nos muestra que en la fabricación diaria de Bloques con adición de FB existe una ganancia del 1.63% para bloques estructurales, lo que significa 114.69 Bs/día. También podemos observar que no se hizo el análisis económico de los bloques no portantes ya que no se cuenta con un Bloque Patrón de ese Tipo. (Ver Anexo A.7)

Ahora analizaremos lo que sucede en lo económico referente a Bloques con adición de CB que clasifiquen como Tipo I. Tomaremos en cuenta una producción diaria de 1000 bloques obteniendo así la siguiente cantidad de material:

Cuadro 4.40 Análisis Económico – Cantidad de material en 1000 Bloques con adición de CB

CANTIDAD DE MATERIAL						
MATERIAL	UNIDAD	PATRÓN	CB 5%	CB 10%	CB 15%	CB 20%
Cemento	Kg	1917,58	1821,70	1725,82	1629,94	1534,06
Grava	m3	2,17	2,17	2,17	2,17	2,17
Arena	m3	3,31	3,31	3,31	3,31	3,31
Ceniza B.	m3	0,00	0,03	0,06	0,08	0,11

Fuente: Elaboración Propia

Cuadro 4.41 Análisis Económico – Precio Total, Diferencia y Ganancias en Bloques con adición de CB

PRECIO TOTAL						
MATERIAL	UNIDAD	PATRÓN	CB 5%	CB 10%	CB 15%	CB 20%
Cemento	Bs	2301,09	2186,04	2070,98	1955,93	1840,87
Grava	Bs	238,22	238,22	238,22	238,22	238,22
Arena	Bs	413,65	413,65	413,65	413,65	413,65
Ceniza B.	Bs	0,00	0,28	0,56	0,83	1,11
TOTAL (Bs)		2952,95	2838,18	2723,40	2608,62	2493,84
DIFERENCIA (Bs)		0,00	114,78	229,55	344,33	459,11
GANANCIA (%)		0,00	1,63	3,26	4,89	6,51

Fuente: Elaboración Propia

El cuadro anterior nos muestra que en la fabricación diaria de Bloques con adición de CB existe una ganancia del 6.51% para bloques estructurales; lo que significa 459.11 Bs/día. También podemos observar que no se hizo el análisis económico de los bloques no portantes ya que no se cuenta con un Bloque Patrón de ese Tipo. (Ver Anexo A.7)

4.1.7 Análisis Ambiental

Sabemos que nuestros bloques, al ser fabricados con residuos industriales, contribuyen al medio ambiente debido al reciclaje que se realiza reutilizando material desechado. Contemplando la importancia que conlleva el medio ambiente para el mundo en general, es necesario realizar un estudio puntual sobre la incidencia del uso de la FB en reemplazo del agregado fino para reducir la extracción y explotación de áridos, y la CB en reemplazo del cemento para reducir la producción de CO₂ en el proceso de fabricación del cemento.

Analizaremos la incidencia ambiental de los Bloques con adición de FB. Tomaremos en cuenta una producción diaria de 1000 bloques obteniendo así la siguiente cantidad de material:

Cuadro 4.42 Análisis Ambiental – Cantidad de material en 1000 Bloques con adición de FB

CANTIDAD DE MATERIAL					
MATERIAL	UNIDAD	PATRÓN	FB 10%	FB 20%	FB 30%
Cemento	Kg	1917,58	1917,58	1917,58	1917,58
Grava	m3	2,17	2,17	2,17	2,17
Arena	m3	3,31	2,98	2,65	2,32
Fibra B.	m3	0,00	0,31	0,63	0,94
TOTAL DE ARENA (m3)		3,31	2,98	2,65	2,32
DIF. DE ARENA (m3)		0,00	0,33	0,66	0,99
DIF. DE ARENA (%)		0,00	10,00	20,00	30,00

Fuente: Elaboración Propia

El cuadro anterior nos muestra que en la fabricación diaria de Bloques con adición de FB existe una reducción en la utilización del agregado fino del 30% para bloques estructurales, lo que significa 1m³ de arena ahorrada/día. También podemos observar que no se hizo el análisis ambiental de los bloques no portantes ya que no se cuenta con un Bloque Patrón de ese Tipo. (Ver Anexo A.7)

Ahora analizaremos la incidencia ambiental de los Bloques con adición de CB. Tomaremos en cuenta una producción diaria de 1000 bloques obteniendo así la siguiente cantidad de material:

Cuadro 4.43 Análisis Ambiental – Cantidad de material en 1000 Bloques con adición de CB

CANTIDAD DE MATERIAL						
MATERIAL	UNIDAD	PATRÓN	CB 5%	CB 10%	CB 15%	CB 20%
Cemento	Kg	1917,58	1821,70	1725,82	1629,94	1534,06
Grava	m3	2,17	2,17	2,17	2,17	2,17
Arena	m3	3,31	3,31	3,31	3,31	3,31
Ceniza B.	m3	0,00	0,03	0,06	0,08	0,11
TOTAL DE CEMENTO (Kg)		1917,58	1821,70	1725,82	1629,94	1534,06
DIF. DE CEMENTO (Kg)		0,00	95,88	191,76	287,64	383,52
DIF. DE CEMENTO (%)		0,00	5,00	10,00	15,00	20,00

Fuente: Elaboración Propia

El cuadro anterior nos muestra que en la fabricación diaria de Bloques con adición de CB existe una reducción en la utilización del cemento del 20% para bloques estructurales, lo que significa 383.52Kg equivalente a 7.67 bolsas de cemento ahorrado/día. También podemos observar que no se hizo el análisis ambiental de los bloques no portantes ya que no se cuenta con un Bloque Patrón de ese Tipo. (Ver Anexo A.7)

Habiendo examinado la incidencia del uso de material reciclado, es importante recalcar los efectos ambientales que ocasionan la extracción y explotación de áridos, como así también la fabricación de cemento.

La explotación de áridos para la construcción en los ríos está fuera de control con efectos ambientales severos como ser: tala de árboles, desmonte de los ríos, riesgo de inundaciones, desaparición de la flora y fauna. La sobreexplotación de los áridos está dada en un porcentaje mayor por las chancadoras dispuestas para la trituración de los mismos.

La industria cementera siempre ha estado en medio del cambio climático. El cemento es un componente fundamental en las economías de muchos países en desarrollo en pleno crecimiento, elemento necesario para la construcción de edificios y carreteras. En el proceso de fabricación de cemento se emite una gran cantidad de CO₂ a la atmósfera; las cementeras producen el 5 % de las emisiones globales de dióxido de carbono, causa principal del calentamiento global. Además, tiene otros inconvenientes y es que el cemento no puede reciclarse.

Las empresas cementeras saben perfectamente que deben mejorar sus procesos para reducir la contaminación, ser más eficientes y, por lo tanto, más competitivas. Por eso muchas ya han obtenido certificados ambientales que demuestran la voluntad de reducir su impacto sobre el medio.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

De acuerdo a los resultados obtenidos, las características y propiedades de los Bloques con adiciones de FB y CB, se puede indicar que estos residuos en determinadas proporciones son ideales para contribuir de manera positiva en el comportamiento mecánico de un elemento prefabricado.

A continuación se expondrán exclusivamente las conclusiones de la influencia de la FB en Bloques de Hormigón.

Habiendo observado a lo largo del estudio el comportamiento mecánico más importante en Bloques de Hormigón, haciendo referencia a la resistencia a compresión en Bloques con adición de FB, es necesario enfocarnos en los siguientes especímenes:

- Bloque con mayor adición de FB que cumpla con los requisitos de un Bloque estructural “Bloque con FB 30%”. Comprobando así la veracidad de la hipótesis que nos plantea que: *“A través de la utilización de residuos industriales (FB) como adición en la mezcla de Bloques de Hormigón se fabricarán Elementos Premoldeados aptos para Mampostería Estructural”*
- Bloque con mayor adición de FB que cumpla con los requisitos de un Bloque no estructural “Bloque con FB 40%”.

Se descartaron los bloques restantes debido a que:

- Los Bloques con adición del 10% y del 20% de FB aunque son estructurales no contienen el porcentaje máximo de adición.
- El Bloque con adición del 50% de FB no es apto para ningún uso en particular debido a tener una resistencia menor a la mínima estipulada por la NB 1220035.

Cuadro 5.1 Conclusiones – Características de los Mejores Bloques con adición de FB

Propiedades y Características	Bloque con Adición de FB 30%	Bloque con Adición de FB 40%
Análisis Dimensional	Adecuado	Adecuado
Peso de los Especímenes	12,99% < BP "REMIME"	16,23% < BP "REMIME"
Porcentaje de Absorción	20,23% > BP "REMIME"	33,78% > BP "REMIME"
Resistencia a Compresión	29,97% < BP "REMIME"	67,80% < BP "REMIME"
Análisis Económico	1,63% ganancias	Sin Referencia
Análisis Ambiental	30% < Agregado Fino	Sin Referencia

Fuente: Elaboración Propia

Tomando como referencia nuestro Bloque Estructural de mayor adición “FB 30%”, se puede decir que:

- El peso se logró reducir considerablemente 12.99% con respecto al Bloque Testigo, equivalente a 2.15 Kg. cumpliendo de manera satisfactoria la hipótesis que hace mención que: *“Con la adición de Fibra de Bagazo de Caña de Azúcar (FB) en reemplazo parcial del agregado fino disminuiríamos el peso de los Bloques de Hormigón”*
- La retención de agua aumentó significativamente 20.23% con respecto al Bloque Patrón, equivalente a 1.25% de Absorción; aun así, cumple con lo especificado por la Norma.
- La resistencia a compresión se redujo un 29.97% equivalente a 3.09 Mpa tomado como parámetro el Bloque sin adición; aun así, clasifica como un Bloque de Tipo I.

- En el análisis económico, se logró verificar que existe una ganancia del 1.63% lo que equivale a 114.69 Bs/día en una producción promedio de 1000 bloques diarios.
- En el análisis Ambiental se logró verificar que existe una reducción en el uso del agregado fino de un 30% en la fabricación de bloques, lo que nos equivale a 1m^3 de ahorro en arena/día en una producción promedio de 1000 bloques diarios.

Tomando como referencia nuestro Bloque de Cerramiento con adición de “FB 40%”, se puede decir que:

- El peso se logró reducir considerablemente 16.23% con respecto al Bloque Testigo, equivalente a 2.69 Kg.
- La retención de agua aumentó significativamente 33.78% con respecto al Bloque Patrón, equivalente a 3.02% de Absorción; aun así, cumple con lo especificado por la Norma.
- La resistencia a compresión se redujo un 67.80% equivalente a 6.99 Mpa tomado como parámetro el Bloque sin adición; aun así, clasifica como un Bloque de Tipo III.

Considerando los Bloques con FB 30% y FB 40% como dos extremos que separan un Bloque Estructural de un Bloque de Cerramiento, se dispuso a obtener el porcentaje de adición óptimo de FB como se plantea en una de las hipótesis que dice que: *“Con la adición de Fibra de Bagazo de Caña de Azúcar en reemplazo parcial del agregado fino se obtendrá el porcentaje máximo de adición que se puede incluir en la mezcla para Bloques de Mampostería Estructural”*. Este valor se obtuvo interpolando entre las resistencias características de los especímenes mencionados

anteriormente; el resultado arrojado fue del 33.13% aproximadamente para una resistencia a compresión de 6MPa.

Finalmente, se puede decir que la FB aligera de manera significativa la pieza prefabricada, incrementa levemente la permeabilidad, reduce considerablemente la resistencia a compresión, genera ganancias y ayuda a controlar la explotación y extracción de los áridos contribuyendo a la reutilización de este residuo.

A continuación, se expondrán exclusivamente las conclusiones de la influencia de la CB en Bloques de Hormigón.

Habiendo observado a lo largo del estudio el comportamiento mecánico más importante en Bloques de Hormigón, haciendo referencia a la resistencia a compresión en Bloques con adición de CB, es necesario enfocarnos en los siguientes especímenes:

- Bloque con mayor adición de CB que cumpla con los requisitos de un Bloque estructural “Bloque con CB 20%”. Comprobando así la veracidad de la hipótesis que nos plantea que: *“A través de la utilización de residuos industriales (CB) como adición en la mezcla de Bloques de Hormigón se fabricarán Elementos Premoldeados aptos para Mampostería Estructural”*
- Bloque con mayor adición de FB que cumpla con los requisitos de un Bloque no estructural “Bloque con FB 25%”.

Se descartaron los bloques restantes debido a que:

- Los Bloques con adición del 5%, 10% y del 15% de CB aunque son estructurales no contienen el porcentaje máximo de adición.

Cuadro 5.2 Conclusiones – Características de los Mejores Bloques con adición de CB

Propiedades y Características	Bloque con Adición de CB 20%	Bloque con Adición de CB 25%
Análisis Dimensional	Adecuado	Adecuado
Peso de los Especímenes	4,59% < BP "REMIME"	5,23% < BP "REMIME"
Porcentaje de Absorción	4,89% < BP "REMIME"	4,24% < BP "REMIME"
Resistencia a Compresión	33,37% < BP "REMIME"	50,63% < BP "REMIME"
Análisis Económico	6,51% ganancias	Sin Referencia
Análisis Ambiental	20% < Cemento	Sin Referencia

Fuente: Elaboración Propia

Tomando como referencia nuestro Bloque Estructural de mayor adición “CB 20%”, se puede decir que:

- El peso se logró reducir mínimamente 4.59% con respecto al Bloque Testigo, equivalente a 0.76 Kg.
- La retención de agua disminuyó 4.89% con respecto al Bloque Patrón, equivalente a 0.24% de Absorción.
- La resistencia a compresión se redujo un 33.37% equivalente a 3.44 Mpa tomado como parámetro el Bloque sin adición; aun así, clasifica como un Bloque de Tipo I.
- En el análisis económico se logró verificar que existe una ganancia del 6.51% lo que equivale a 459.11 Bs/día en una producción promedio de 1000 bloques diarios. Cumpliendo de manera satisfactoria la hipótesis que hace mención

que: *“Con la adición de Ceniza de Bagazo de Caña de Azúcar (CB) en reemplazo parcial del cemento reduciremos el costo de los Bloques Prefabricados de Hormigón”*

- En el análisis Ambiental se logró verificar que existe una reducción en el uso del Cemento de un 20% en la fabricación de bloques, lo que equivale a 7.67 bolsas de ahorro en cemento/día en una producción promedio de 1000 bloques diarios.

Tomando como referencia nuestro Bloque Portante de Muros Interiores con adición de “CB 25%”, se puede decir que:

- El peso se logró reducir mínimamente 5.23% con respecto al Bloque Testigo; equivalente a 0.87 Kg.
- La retención de agua disminuyó 4.24% con respecto al Bloque Patrón; equivalente a 0.21% de Absorción.
- La resistencia a compresión se redujo un 50.63% equivalente a 5.22 Mpa tomado como parámetro el Bloque sin adición; aun así clasifica como un Bloque de Tipo II.

Considerando los Bloques con CB 20% y CB 25% como dos extremos que separan un Bloque Estructural de un Bloque Portante para Muros Interiores, se dispuso a obtener el porcentaje de adición óptimo de CB como se plantea en una de las hipótesis que dice que: *“Con la adición de Ceniza de Bagazo de Caña de Azúcar en reemplazo parcial del cemento se conseguirá el porcentaje máximo de adición que se puede incluir en la mezcla para Bloques de Mampostería Estructural”*. Este valor se lo determinó interpolando entre las resistencias características de los especímenes mencionados anteriormente; el resultado arrojado fue del 22.44% aproximadamente para una resistencia a compresión de 6MPa.

Finalmente se puede decir que la CB no afecta de manera significativa en el peso y permeabilidad la pieza prefabricada, reduce considerablemente la resistencia a compresión, genera un gran porcentaje de ganancias y además ayuda a reducir el calentamiento global al hacer uso reducido de cemento en la fabricación de Bloques de Hormigón.

A continuación, se presentan las siguientes recomendaciones del presente estudio:

- Al momento de la fabricación de los Bloques de hormigón es necesario sistematizar todo el proceso teniendo en cuenta un solo tiempo de mezclado y vibrado para reducir variables que afectan directamente al proceso.
- En el curado de los bloques, ser cuidadoso al momento de rociarlos a las pocas horas de su fabricación ya que se encuentran frágiles; utilizar pulverizador o baja presión de agua en la manguera para arrojar el agua en forma de niebla.
- Al ensayar los Bloques a Compresión utilizar placas con espesores de 50 mm como mínimo para garantizar la distribución de la carga a lo largo de la superficie del bloque; además, refrentar los especímenes si es que presentan una superficie irregular.

La investigación realizada, al ser de carácter primario, permite el nacimiento de nuevas inquietudes y con diversas líneas de investigación ya que a partir de este trabajo como base se puede realizar otros estudios con respecto a la influencia de la FB y CB en Bloques de Hormigón, como por ejemplo:

- Pilas y Muretes con Bloques de FB y CB para tener una idea sobre la resistencia a compresión y diagonal en Muros.

- Bloques con otros porcentajes de adición de CB para determinar hasta qué porcentaje se puede obtener un Bloque de Cerramiento Tipo IV.
- Bloques con FB sometidos a flexión para determinar si es que la fibra ayuda en ese sentido.
- Durabilidad de la FB en Bloques de Hormigón

También pueden existir nuevas ideas para la utilización de los residuos de FB y CB, como ser:

- Uso de la FB y CB en morteros
- Utilización de la CB como adición para Concretos Hidráulicos.
- Fabricación de Bloques prensados de Suelo-Cemento con adición de FB y CB
- Paneles prefabricados con FB y cemento para muros divisorios