



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE CIENCIAS

CARRERA DE INGENIERÍA QUÍMICA

**APROVECHAMIENTO DE LOS RESIDUOS PROVENIENTES DE
LA INDUSTRIA MADERERA “BUENAÑO” PARA LA
ELABORACIÓN DE HORMIGÓN.**

Trabajo de Titulación

Tipo: Proyecto de Investigación

Presentado para optar al grado académico de:

INGENIERO QUÍMICO

AUTOR: GABRIEL MARCELO FLORES VACA

DIRECTORA: Ing. LINDA MARIUXI FLORES FIALLOS MSc.

Riobamba – Ecuador

2021

© 2021, **Gabriel Marcelo Flores Vaca**

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho de Autor.

Yo, Gabriel Marcelo Flores Vaca, declaro que el presente trabajo de titulación es de mi autoría y los resultados del mismo son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

Como autor asumo la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este trabajo de titulación; el patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Riobamba, día de mes de año

Gabriel Marcelo Flores Vaca

CI: 060565037-3

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE CIENCIAS
CARRERA DE INGENIERÍA QUÍMICA

El Tribunal del Trabajo de Titulación certifica que: El Trabajo de Titulación; Tipo: Proyecto de Investigación, **APROVECHAMIENTO DE LOS RESIDUOS PROVENIENTES DE LA INDUSTRIA MADERERA “BUENAÑO” PARA LA ELABORACIÓN DE HORMIGÓN**, realizado por el señor: **GABRIEL MARCELO FLORES VACA**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Trabajo de Titulación, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal Autoriza su presentación.

	FIRMA	FECHA
Ing. Danielita Fernanda Borja Mayorga MSc. PRESIDENTE DEL TRIBUNAL	_____	2021-09-14
Ing. Linda Mariuxi Flores Fiallos MSc. DIRECTOR DE TRABAJO DE TITULACIÓN	_____	2021-09-14
Ing. Darío Fernando Guamán Lozada MSc. MIEMBRO DEL TRIBUNAL	_____	2021-09-14

DEDICATORIA

A mi Madre Raquel Vaca, puesto que gracias a ella hoy en día soy quien soy, por haberme formado como persona y por siempre estar ahí para mí, nunca haber soltado mi mano y preocuparse constantemente por mi bienestar, a mi tía María por haber sido una segunda madre para mí a lo largo de mi vida y enseñarme que por más dificultades que se presenten en el camino, siempre es posible salir adelante.

Gabriel

AGRADECIMIENTO

A mis padres por su apoyo constante, y enseñanzas a lo largo de mi vida, a mi tía María Flores y mi primo Sherson Mantilla por su ayuda y consejos para poder salir adelante, ya que sin ellos no podría haber conseguido todo lo que he conseguido hasta el día de hoy.

A la Ing. Linda Flores, directora de tesis y al Ing. Darío Guamán miembro de tesis, por la paciencia y dedicación al instruirme y guiarme en este trabajo de investigación, de Igual manera a la Ing. Mayra Zambrano docente del Trabajo de Integración Curricular.

A la Ing. Carolina Barrigas encargada del Laboratorio Integral de la Construcción por la ayuda y guía brindada durante la realización experimental del presente trabajo.

A todos los mis docentes que han sido una parte fundamental de mi formación, por todo el conocimiento compartido y los consejos proporcionados.

A mis amigos por todos los momentos compartidos, consejos brindados y apoyo en los momentos buenos y malos vividos durante todo este tiempo.

Gabriel

TABLA DE CONTENIDOS

ÍNDICE DE TABLAS.....	ix
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xi
ÍNDICE DE GRÁFICOS.....	xii
ÍNDICE DE ANEXOS	xiii
RESUMEN	xiv
SUMMARY	xv
INTRODUCCIÓN	1

CAPÍTULO I

1. MARCO TEÓRICO.....	4
1.1. Antecedentes de la Investigación.....	4
1.2. Marco Conceptual o Glosario.....	5
1.2.1. Residuos Madereros	5
1.2.2. Aserrín	5
1.2.2.1. Características del Aserrín.....	5
1.2.2.2. Densidad	5
1.2.2.3. Humedad	5
1.2.4. Hormigón.....	6
1.2.4.1. Cemento	6
1.2.4.2. Tipos de Cemento.....	6
1.2.4.3. Cal.....	7
1.2.4.4. Características del Hormigón	8
1.2.4.5. Clasificación del Hormigón.....	8
1.2.4.6. Curado	9
1.2.4.7. Resistencia a la Compresión	9

CAPÍTULO II

2.	METODOLOGÍA	10
2.1.	Hipótesis y variables	10
2.1.1.	<i>Hipótesis general</i>	10
2.1.2.	<i>Hipótesis específicas</i>	10
2.1.3.	<i>Identificación de variables</i>	10
2.1.3.1.	<i>Variables independientes</i>	10
2.1.3.2.	<i>Variables dependientes</i>	10
2.1.4.	<i>Operacionalización de variables</i>	11
2.1.5.	<i>Matriz de consistencia</i>	11
2.2.	Tipo y diseño de investigación	13
2.2.1.	<i>Tipo de investigación</i>	13
2.2.2.	<i>Diseño de la investigación</i>	13
2.3.	Unidad de análisis	16
2.4.	Población de estudio	16
2.5.	Tamaño de muestra	16
2.6.	Selección de la muestra	16
2.7.	Técnicas de recolección de datos	17
2.7.1.	<i>Caracterización del aserrín</i>	17
2.7.1.1.	<i>Determinación del tamaño de partícula (granulometría)</i>	17
2.7.1.2.	<i>Determinación del porcentaje de humedad</i>	18
2.7.1.3.	<i>Determinación de la densidad</i>	19
2.7.2.	<i>Diseño de mezclas</i>	20
2.7.2.1.	<i>Elaboración del diseño de mezclas</i>	20
2.7.2.2.	<i>Formulación de las mezclas</i>	21
2.7.3.	<i>Elaboración de las muestras</i>	24
2.7.4.	<i>Pruebas de resistencia a la compresión</i>	25
2.7.5.	<i>Análisis estadístico</i>	26

CAPÍTULO III

3.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	28
3.1.	Resultados	28
3.1.1.	<i>Resultados de la caracterización del aserrín</i>	28
3.1.1.1.	<i>Resultados del tamaño de partícula.....</i>	28
3.1.1.2.	<i>Resultados del porcentaje de humedad.....</i>	30
3.1.1.3.	<i>Resultados de la determinación de densidad.....</i>	31
3.1.2.	<i>Resultados de la Formulación de las mezclas</i>	31
3.1.3.	<i>Resultados de las pruebas de resistencia a la compresión</i>	34
3.1.4.	<i>Resultados del análisis estadístico.....</i>	40
3.2.	Pruebas de hipótesis	47
3.2.1.	<i>Hipótesis general</i>	47
3.2.2.	<i>Hipótesis específicas</i>	47
3.3.	Discusión	48
	CONCLUSIONES.....	50
	RECOMENDACIONES.....	51
	BIBLIOGRAFÍA	
	ANEXOS	

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-2: Operacionalización de variables.....	11
Tabla 2-2: Matriz de consistencia.....	12
Tabla 1-3: Granulometría del aserrín fino	28
Tabla 2-3: Granulometría del aserrín grueso	29
Tabla 3-3: Datos para determinar la densidad	31
Tabla 4-3: Resultados de la mezcla A (Cemento 500 kg/m ³ , relación de aserrín 60% fino, 40% grueso)	35
Tabla 5-3: Resultados de la mezcla B (Cemento 500 kg/m ³ , relación de aserrín 50% fino, 50% grueso)	35
Tabla 6-3: Resultados de la mezcla C (Cemento 500 kg/m ³ , relación de aserrín 40% fino, 60% grueso)	36
Tabla 7-3: Resultados de la mezcla D (Cemento 550 kg/m ³ , relación de aserrín 60% fino, 40% grueso)	36
Tabla 8-3: Resultados de la mezcla E (Cemento 550 kg/m ³ , relación de aserrín 50% fino, 50% grueso)	37
Tabla 9-3: Resultados de la mezcla F (Cemento 550 kg/m ³ , relación de aserrín 40% fino, 60% grueso)	37
Tabla 10-3: Resultados de la mezcla G (Cemento 600 kg/m ³ , relación de aserrín 60% fino, 40% grueso)	38
Tabla 11-3: Resultados de la mezcla H (Cemento 600 kg/m ³ , relación de aserrín 50% fino, 50% grueso)	38
Tabla 12-3: Resultados de la mezcla I (Cemento 600 kg/m ³ , relación de aserrín 40% fino, 60% grueso)	39
Tabla 13-3: Resultados de la mezcla J (Hormigón simple f'c 210 kg/cm ²)	39
Tabla 14-3: Resumen de los resultados de las diferentes mezclas	40
Tabla 15-3: Efectos Estimados del Modelo Completo para Resistencia a la Compresión (kg/cm ²)	40
Tabla 16-3: Resultados del Modelo Completo	41
Tabla 17-3: ANOVA para Resistencia a la Compresión	41
Tabla 18-3: Optimización de la respuesta de Resistencia a la Compresión	42
Tabla 19-3: Efectos Estimados del Modelo Completo para Peso (kg).....	43
Tabla 20-3: Resultados del Modelo Completo	43
Tabla 21-3: ANOVA para el Peso.....	44

Tabla 22-3: Optimización de la respuesta del Peso	44
Tabla 22-3: Resumen de las respuestas a optimizar	45
Tabla 23-3: Resultados de deseabilidad de los experimentos	46
Tabla 24-3: Optimización de las respuestas Resistencia a la Compresión y Peso.....	47

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-2: Toma de la muestra	16
Figura 2-2: a) mallas ASTM colocadas en el agitador de tamices, b) aserrín grueso, c) aserrín fino	18
Figura 3-2: a) colocación de la muestra en la balanza de humedad, b) medición en la balanza de humedad.....	19
Figura 4-2: a) medición del volumen de la muestra, b) pesaje de la muestra	20
Figura 5-2: Método simplex del diseño de mezclas	21
Figura 6-2: a) pesaje de los materiales, b) mezcla del aserrín cal y cemento, c) fundido de las muestras, d) curado de las muestras sumergidas en agua.....	25
Figura 7-2: a) estufa, b) máquina de compresión, c) colocación de las tapas en el cilindro, d) colocación de la muestra en la máquina.....	26
Figura 8-2: a) selección del tipo de diseño, b) Ingreso de las variables de entrada, c) ingreso de las variables de respuesta.	27
Figura 1-3: a) contenido de humedad del aserrín fino, b) contenido de humedad del aserrín grueso.....	31

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1-2: Diagrama de relación de variables	14
Gráfico 2-2: Diagrama de flujo general del proceso de elaboración del hormigón.....	15
Gráfico 1-3: Histograma de granulometría del aserrín fino	29
Gráfico 2-3: Histograma de granulometría del aserrín grueso	30
Gráfico 3-3: Gráfico de Trazas de la Resistencia a la Compresión.....	42
Gráfico 4-3: Gráfico de Trazas del Peso.	45
Gráfico 5-3: Gráfico de Superficie de Respuesta	46

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO A: ESPECIFICACIONES DE LOS EQUIPOS UTILIZADOS

ANEXO B: MUESTRAS DE HORMIGÓN LUEGO DE LAS PRUEBAS DE RESISTENCIA
A LA COMPRESIÓN

ANEXO C: REPORTE DE LAS PRUEBAS DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE LAS
DIFERENTES MUESTRAS

RESUMEN

El presente trabajo de investigación tuvo como objetivo la utilización de residuos madereros de Eucalipto (*Eucalyptus*) de la Industria Maderera Buenaño ubicada en la ciudad de Riobamba, para la elaboración de hormigón mezclando éste con cemento y cal hidratada. La metodología constó de cuatro etapas, la primera fue la caracterización física del aserrín de Eucalipto mediante un análisis granulométrico obteniendo aserrín fino (partículas menores a 2mm) y aserrín grueso (partículas menores a 5mm y mayores a 2mm), pruebas de humedad presentando valores de 26,96 y 13,53 %, y, densidad con valores de 0,288 y 0,291 g/cm³ para aserrín fino y grueso respectivamente, la segunda etapa consistió en la elaboración de un diseño de mezclas con tres variables de entrada (composición de cemento, aserrín fino y aserrín grueso) y dos variables de respuesta (resistencia a la compresión y el peso), elaborando nueve mezclas con contenido de cemento de 500, 550 y 600 kg/m³, y un contenido de aserrín en relación fino-grueso de 60/40, 50/50, y 40/60 para cada una. La tercera etapa consistió en la elaboración de muestras de dichas mezclas y realización de pruebas de resistencia a la compresión de las mismas. Finalmente se realizó un análisis estadístico con los resultados obtenidos en las pruebas experimentales con la ayuda del software Statgraphics, determinando que la mezcla que simultáneamente muestra una maximización en la resistencia a la compresión y una minimización del peso del hormigón es la mezcla C compuesta por una cantidad de cemento de 500 kg/m³ y una relación de aserrín fino-grueso de 40/60, presentando una resistencia a la compresión de 45,58 kg/cm² y un peso de 2,31kg. Se recomienda realizar un estudio utilizando distintos tipos de cemento en el hormigón para determinar su influencia en los resultados finales.

Palabras clave: <HORMIGÓN>, <ASERRÍN>, <CEMENTO>, <RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN>, <PESO>, <MEZCLAS>, <RESIDUOS MADEREROS>.

**LEONARDO
FABIO
MEDINA
NUSTE**

Firmado digitalmente por
LEONARDO FABIO MEDINA NUSTE
Nombre de reconocimiento (DN):
c=EC, o=BANCO CENTRAL DEL
ECUADOR, ou=ENTIDAD DE
CERTIFICACION DE
INFORMACION-ECIBCE, l=QUITO,
serialNumber=0000621485,
cn=LEONARDO FABIO MEDINA
NUSTE
Fecha: 2021.09.06 14:24:02 -05'00'



1738-DBRA-UTP-2021

ABSTRACT

The aim of this research work was to use Eucalyptus (Eucalyptus) wood waste taken from Industria Maderera Buenaño located in Riobamba city for the production of concrete by mixing it with cement and hydrated lime. The methodology consisted of four steps, the first one was the physical characterization of the Eucalyptus sawdust by means of a granulometric analysis obtaining fine sawdust (particles smaller than 2mm) and coarse sawdust (particles smaller than 5mm and greater than 2mm), humidity tests showing values of 26.96 and 13.53%, and, density with values of 0.288 and 0.291 g/cm³ for fine and coarse sawdust respectively, the second step consisted of developing a design of mixtures with three input variables (cement composition, fine sawdust and coarse sawdust) and two response variables (compression strength and weight), making nine mixtures with a cement content of 500, 550 and 600 kg/m³ and sawdust content with a fine-to-coarse ratio of 60/40, 50/50, and 40/60 for each one. The third step consisted of preparing samples of previous mixtures and compression strength tests on them. Finally, a statistical analysis was carried out, results obtained in the experimental tests with the help of the Statgraphics software, determining that the mixture that simultaneously shows maximizing of compression strength and minimizing of concrete weight is the mixture C, composed of 500 kg/m³ cement with a ratio of fine-coarse sawdust of 40/60, presenting a compression strength of 45.58 kg/cm² and a weight of 2.31 kg. It is recommended to carry out a study using different types of cement in the concrete to determine their influence on the final results.

Keywords: <CONCRETE>, <SAW DUST>, <CEMENT>, <COMPRESSION STRENGTH>, <WEIGHT>, <MIXTURES>, <WOOD RESIDUES>.

INTRODUCCIÓN

Identificación del Problema

La generación de residuos en la industria maderera constituye una problemática recurrente, en 2014 se estimó que la producción de residuos provenientes de la madera representa un 6,3% del total de residuos generados a nivel mundial (Chávez y Rodríguez, 2016, p. 92). La alta producción de materiales a partir de la madera como: papel, cartón, muebles, entre otros genera alrededor de 2,92 toneladas de residuos por mes en el cantón Riobamba, provincia de Chimborazo (Calva et al., 2018, p. 229). La manipulación y eliminación eficiente de estos residuos son barreras que caracterizan altos costos para la industria y contaminan el medio ambiente, desencadenando grandes cantidades de dióxido de carbono. Entre los residuos madereros están: aserrín, viruta y retazos. Estos últimos un potencial para la obtención de energía, combustible, carbón y usos agropecuarios, sin embargo, el aserrín es considerado como un desecho. El desconocimiento de este tipo de aprovechamientos en las industrias madereras de Riobamba establece la importancia de este proyecto de investigación.

Por otra parte, la producción de hormigón ordinario implica una composición de aproximadamente 12% de cemento y 80% de agregado por masa, siendo dicho agregado arena, grava, y roca triturada que implica un consumo aproximado de 10 a 11 billones de toneladas cada año. Los métodos de extracción, procesamiento, y transporte de agregado, consumen cantidades considerables de energía, y afecta la ecología (Kumar y Monteiro, 2013).

Una solución a este problema es la utilización de este tipo de desechos como materias primas para la elaboración de nuevos materiales. Por lo tanto, la presente investigación elaborará hormigón utilizando aserrín como materia prima, proveniente de la industria maderera “Buenaño”.

El aserrín presenta una porosidad de retención de agua de $17,13 \text{ g/cm}^3$ (Gayosso et al., 2018, p. 645), al realizar hormigón con fibras de madera, las fibras controlan el comportamiento de la humedad en la pasta de cemento. La contracción de las fibras es controlada por el contenido de cemento de la mezcla, mientras las fibras naturales controlan el contenido de humedad del hormigón, en Indonesia se han construido pequeñas viviendas a partir de este material en donde se han producido paneles para paredes y losas prefabricados con hormigón alivianado con fibras de madera (Coronel y Rodríguez, 2016, p. 18). Con este enfoque, la reutilización de este desecho promoverá un impacto positivo para el medio ambiente y beneficios económicos para la industria maderera Buenaño a través de la comercialización de esta materia prima.

Justificación de la Investigación

En 2004 en la localidad de Valdivia en Chile se realizó un estudio para la obtención de hormigón a base de aserrín el mismo que presento resultados prometedores debido a que los bloques de hormigón obtuvieron un buen desempeño ante las pruebas de compresión y flexibilidad. (Garcés, 2004, p. 1)

En un estudio realizado para el análisis de hormigón alivianado con fibras de madera se obtuvieron resultados de valores a compresión de 60 kg/cm² a 80 kg/cm² y a flexión de 20 kg/cm² a 30 kg/cm², beneficiando así la resistencia ante la humedad, hielo, fuego y ataque de termitas además de permitir un buen aislamiento de sonido. (Coronel, 2016, p. 18).

Por lo expuesto anteriormente resulta conveniente el estudio de la utilización de los desechos provenientes de la industria maderera (aserrín) como materia prima para nuevos materiales debido a que en la actualidad se busca reducir el consumo de recursos naturales que se generan en la industria, así como la necesidad de un adecuado manejo de desechos por las variables logísticas, económicas y ambientales del mismo.

La industria maderera “Buenaño” se beneficiará con el estudio de este trabajo de investigación que verá reflejado como un ingreso la comercialización de este tipo de desechos como materias primas, así como las empresas dedicadas a la fabricación de hormigón debido a que para la producción del mismo de manera tradicional se requieren materiales como arena, grava y piedra triturada los cuales al ser sustituidos por el aserrín constituyen un beneficio económico.

OBJETIVOS

Objetivo General

Aprovechar los residuos provenientes de la industria maderera “Buenaño” para elaborar hormigón.

Objetivos Específicos

- Realizar la caracterización del aserrín que será utilizado en la elaboración de hormigón.
- Elaborar un diseño de mezclas considerando la composición del aserrín grueso, aserrín fino y cemento para llevar a cabo pruebas de compresión.
- Determinar la combinación óptima de materiales que presenten una mejor resistencia a la compresión y un menor peso mediante un análisis estadístico.
- Comparar los resultados obtenidos del hormigón elaborado con aserrín con los resultados del hormigón tradicional

CAPÍTULO I

1. MARCO TEÓRICO

1.1. Antecedentes de la Investigación

Actualmente, la generación de desechos de origen forestal que provienen de la Industria Maderera, principalmente el aserrín, representa un problema ambiental. El aserrín no es reutilizado, simplemente es acumulado o desechado. La acumulación de este genera el crecimiento de hongos que se convierten en fuentes directas para la propagación de plagas y enfermedades, además, al ser desechado es sometido a procesos de incineración, lo que genera una cantidad considerable de gases de invernadero.

La Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) advierte sobre el impacto del aserrín como agente contaminante del suelo y del agua. (Mejía 2013, p. 1).

En 2017 en Trujillo-Perú, se realizó un estudio sobre el comportamiento del aserrín sobre la resistencia a la compresión del concreto para bloques de construcción, en el cual se elaboraron bloques de hormigón mediante la sustitución de la arena por aserrín en diferentes porcentajes, en donde el diseño óptimo para bloques portantes se dio al sustituir el 30% de contenido de arena por aserrín dando una resistencia a la compresión de 72 kg/cm², mientras que para bloques no portantes el diseño más óptimo se dio al sustituir un 40% dando como resultado una resistencia de 49 kg/cm² (Sánchez, 2017, p. 64).

Otro estudio realizado en el 2006 en Chile acerca de ensayos en albañilería de bloques de hormigón de aserrín, formula el hormigón sustituyendo completamente la arena por aserrín previamente analizado granulométricamente con una relación de 50/50, entre aserrín fino y aserrín grueso y un tiempo de curado de 28 días, en donde se realizaron distintos ensayos de compresión y adherencia de éstos bloques obteniendo como resultado un promedio de resistencia a la compresión de 46 kg/cm² y una adherencia promedio de 3,43 kg/cm² (Hermosilla, 2006, pp. 40-41).

Los resultados presentados en anteriores estudios indican que la sustitución de la arena por aserrín brinda a los bloques un menor peso, además de disminuir su resistencia a la compresión lo cual indica que este tipo de bloques pueden ser utilizados para la construcción de muros o paredes no portantes, es decir, para estructuras que sirvan de recubrimiento o división y no soporten grandes cargas.

1.2. Marco Conceptual o Glosario

1.2.1. Residuos Madereros

Son subproductos que se generan en la industria del aserrado, siendo estos el aserrín, la corteza, costeros y recortes (Herguedas et al., 2012, p. 6).

1.2.2. Aserrín

El aserrín es el conjunto de pequeñas partículas o polvo que se desprende de la madera al ser aserrada; también contiene diminutas partículas de madera o también llamadas virutas, que se producen durante el proceso y el manejo de ésta. (Serret, Giralt y Quintero, 2016, p. 470).

1.2.2.1. Características del Aserrín

- Es un residuo, que se produce durante el aserrado de la madera.
- El tamaño de sus partículas por lo general fluctúa entre 1-5 mm
- Presenta densidades de entre 0.1 a 0,45 g/cm³
- Posee una humedad inferior al 50% (Coronel y Rodríguez, 2016, p. 22).

1.2.2.2. Densidad

La densidad (ρ) de un cuerpo se define como la relación entre la masa del mismo y su volumen, es decir: (Muñoz, Reyes y Salazar, 2003, p. 25).

$$\rho = \frac{m}{V}$$

1.2.2.3. Humedad

El contenido de humedad se define como la cantidad de agua existente en un material sólido y se puede representar en términos de una base de masa seca o de una base de masa húmeda. Esta magnitud se utiliza en diversos campos de aplicación, entre los cuales están: la industria de alimentos; granos y cereales, la industria de la construcción, la industria del papel, la fabricación de instrumentos de medición, entre otras.

Principalmente se utiliza el contenido de humedad para procesos como la medición, el control, el transporte (transferencia) y el estudio de los efectos que tiene ésta en los materiales. Si partimos del hecho de que la mayoría de los materiales sólidos están compuestos de materia seca y agua, se puede establecer que la masa total (m) del material es igual a la suma de su masa seca (m_s) y de su masa de agua (m_{H_2O}) (Martines y Lira, 2010, p. 2).

$$m_{(h)} = m_{(s)} + m_{(H_2O)}$$

1.2.4. Hormigón

El hormigón, es un material de construcción constituido principalmente de material calcificado, producto de la calcinación de piedra de cal y arcilla, que cumple condiciones respecto a sus características mecánicas, químicas y granulométricas, unidas entre sí por una pasta formada por cemento y agua (Coronel y Rodríguez, 2016, p. 7).

1.2.4.1. Cemento

Según la definición, se denominan cementos a todos aquellos conglomerantes que, al formar unapasta con ayuda de agua, fraguan y endurecen, al estar expuestos al aire o estar sumergidos en agua, debido a que su hidratación los hace estables en tales condiciones (Rezola, 1976, p. 6).

1.2.4.2. Tipos de Cemento

Se pueden definir principalmente 3 tipos de cemento que son:

- ***Cemento Portland***

Este tipo de cemento es producto de una mezcla de arcillas y calizas, este tipo de cementos se encuentra en desuso debido a que su producción genera grandes cantidades de CO₂ debido a los procesos físico-químicos con los que se elabora, dentro de este tipo de cementos se encuentra la siguiente nomenclatura:

- I: Uso general
- II: Calor de hidratación moderado y resistencia moderada a los sulfatos
- III: Alta resistencia inicial
- IV: Bajo calor de hidratación
- V: Alta resistencia a los sulfatos (HOLCIM, 2016, p. 9).

- *Cementos Hidráulicos compuestos*

En este tipo de cemento parte del Clinker del cemento portland se sustituye por minerales, consiguiendo que el cemento obtenga un desempeño igual a los cementos puros, generan una menor cantidad de CO₂ en su elaboración y presentan la siguiente nomenclatura:

- IP: Cemento Portland puzolánico
- IS: Cemento Portland de escoria de altos hornos
- IT: Cemento compuesto ternario (HOLCIM, 2016, p. 10).

- *Cementos Hidráulicos por desempeño*

Este tipo de cemento es utilizado actualmente, se eliminan las restricciones en la composición química del mismo, se deben cumplir con los niveles de desempeño sin importar como se obtengan estos, aquí se encuentra la siguiente nomenclatura:

- GU: Uso general
- HE: Alta resistencia inicial
- HS: Alta resistencia a los sulfatos
- MS: Moderada resistencia a los sulfatos
- MH: Moderado calor de hidratación
- LH: Bajo calor de hidratación (HOLCIM, 2016, p. 11).

1.2.4.3. *Cal*

Resulta de la calcinación de piedra caliza (CaCO₃, carbonato de calcio). Cal es un término genérico, se nombra cal a materiales parecidos, pero que son distintos. Debido a los distintos tipos de producción, las cales presentan diferentes tipos y características físicas y químicas (Velázquez y Cuan, 2019, p. 3).

- *Cal Hidratada*

A este tipo de cal se la conoce como: cales comunes, hidróxido de calcio, cales de bulto, cales de albañilería, cales hidratadas, “calhidras”, cales comerciales, cales industriales o cales químicas. Es un polvo muy fino de color blanco, el mismo que no libera calor al contacto con el agua. Éste absorbe CO₂ del aire, provocando que se forme carbonato de calcio, razón por la que se debe considerar el tiempo y las condiciones de almacenamiento para evitar que esto suceda. La cal se obtiene por hidratación del óxido de calcio en equipos llamados hidratadores (Velázquez y Cuan, 2019, p. 4).

1.2.4.4. Características del Hormigón

- Presenta resistencia a la compresión, pero no a la tracción.
- Posee una escasa corrosión.
- Tiene un buen comportamiento al desgaste.
- Presenta un bajo costo económico
- Buen comportamiento dinámico.
- No necesita mantenimiento (Coronel y Rodríguez, 2016, p. 10).

1.2.4.5. Clasificación del Hormigón

El hormigón se puede clasificar en:

- *Hormigón de Relleno*

Presenta una densidad comprendida entre los 300kg/m³ y los 1000kg/m³. Estos hormigones son buenos aislantes térmicos, sin embargo, posee baja resistencia por lo cual no son utilizados para estructuras. El hormigón de relleno es una mezcla fluida que tiene la finalidad de llenar los huecos donde se encuentra. Se debe utilizar agregados de máximo 25 mm a fin de evitar que queden vacíos en la estructura, y el hormigón de relleno debe ser lo suficientemente fluido para lograr un llenado completo (Valdez y Suarez, 2010, p. 19).

- *Hormigón Aislante*

Este tipo de hormigón posee una densidad que no rebasa los 800 kg/m³, presenta una resistencia a la compresión que va entre 0.7 MPa y 7 MPa, y el mismo posee una conductividad térmica menor a 0.3 J/ms°C; su densidad es más baja que la de los hormigones livianos estructurales. Además, sus características se encuentran en función de la incorporación como componente primordial del poliestireno expandido, el mismo que le da al hormigón características desde el punto de vista de aislamiento acústico (Valdez y Suarez, 2010, p. 19).

- *Hormigón Estructural o de alto desempeño*

Este hormigón es resultado de incluir en su masa barras o alambres de acero para compensar la baja resistencia del hormigón a la tracción. Si el hormigón se refuerza por armaduras pasivas se denomina hormigón armado y si se refuerza con armaduras activas se denomina hormigón pretensado. Las armaduras son pasivas si éstas sufren tensión al momento de cargar el hormigón, mientras que son armaduras activas si la tensión la sufren antes de que sea cargado el hormigón (Tipos de hormigón y sus propiedades, 2007, p. 87-88).

1.2.4.6. Curado

Es un proceso por el cual debe pasar el hormigón con la finalidad de maximizar sus características de dureza y resistencia, generalmente se lo realiza con el sumergimiento en agua del mismo (Hermosilla, 2006, p. 22).

1.2.4.7. Resistencia a la Compresión

Esta propiedad mecánica se puede definir como la capacidad que presenta un material para soportar cargas en una misma dirección y sentido. Existen varios tipos de resistencia a la compresión, que dependen de la acción de las cargas que pueden ser: uniaxial, biaxial y triaxial, usando una probeta la misma que generalmente posee una forma cúbica o cilíndrica (Coronel y Rodríguez, 2016, p. 31).

CAPÍTULO II

2. METODOLOGÍA

2.1. Hipótesis y variables

2.1.1. *Hipótesis general*

Los residuos madereros pueden aprovecharse para elaborar hormigón.

2.1.2. *Hipótesis específicas*

- El tamaño de partícula del aserrín influye en la densidad del hormigón.
- Una correcta mezcla entre aserrín grueso, aserrín fino y cemento disminuye el peso de la muestra.
- Se consigue una mejor resistencia a la compresión al dejar curar por más días a las muestras.
- El hormigón obtenido puede reemplazar al hormigón tradicional.

2.1.3. *Identificación de variables*

2.1.3.1. *Variables independientes*

- Cantidad de Aserrín Utilizado en la Mezcla
- Cemento
- Tamaño de partícula del Aserrín
- Tiempo de Curado

2.1.3.2. *Variables dependientes*

- Densidad
- Resistencia a la Compresión

2.1.4. Operacionalización de variables

Tabla 1-2. Operacionalización de variables

Variable	Tipo de Variable	Definición	Categorización	Indicadores	Instrumento de Medición	Valor
Aserrín	Independiente Cuantitativa Continua	Residuo proveniente de la Industria Maderera	-	Densidad	Balanza digital	0,1 a 0,45 g/cm ³
				Humedad	Balanza de humedad	< 50%
Cemento	Independiente Cualitativa Nominal	Material que fragua y endurece al ser mezclado con agua	-	-	-	-
Tamaño de Partícula	Independiente Cuantitativa Continua	Dimensión física de la partícula	Aserrín Grueso	Diámetro de Partícula	Malla	5<2 mm
			Aserrín Fino	Diámetro de Partícula	Malla	<2 mm
Tiempo de Curado	Independiente Cuantitativa Discreta	Medida del tiempo que el bloque necesita para poder ser utilizado luego de su elaboración.	-	Tiempo	Reloj	7-28 días
Densidad	Dependiente Cuantitativa Continua	Cantidad de masa contenida en un determinado volumen	-	Peso	Balanza Digital	630–975 kg/m ³
				Volumen	Flexómetro	
Resistencia a la Compresión	Dependiente Cuantitativa Continua	Capacidad del material para soportar cargas	-	Carga	Máquina de compresión	1,5-30 kg/cm ²

Realizado por: Flores Vaca, Gabriel, 2021.

2.1.5. Matriz de consistencia

Tabla 2-2. Matriz de consistencia

ASPECTOS GENERALES				
Problema General		Objetivo General		Hipótesis General
La generación de residuos madereros en especial el aserrín es un problema grande debido a que éste no es reutilizado generando contaminación hacia el medio ambiente.		Aprovechar los residuos provenientes de la industria maderera “Buenaño” para elaborar hormigón.		Los residuos madereros pueden ser aprovechados para la elaboración de hormigón.
ASPECTOS ESPECÍFICOS				
Problemas Específicos	Objetivos Específicos	Hipótesis Específicas	Variables de las hipótesis específicas	Técnicas de recolección de datos
Se desconocen las propiedades del aserrín a reutilizar.	Realizar la caracterización del aserrín que será utilizado en la elaboración de hormigón.	El tamaño de partícula del aserrín influye en la densidad del hormigón.	<ul style="list-style-type: none"> • Aserrín • Tamaño de Partícula • Densidad 	Pruebas de densidad, humedad y granulometría del aserrín.
Se desconoce cuál es la composición de cemento, aserrín grueso y aserrín fino en el hormigón.	Elaborar un diseño de mezclas considerando la composición del aserrín grueso, aserrín fino y cemento para llevar a cabo pruebas de compresión.	Una correcta mezcla entre aserrín grueso, aserrín fino y cemento disminuye el peso de la muestra.	<ul style="list-style-type: none"> • Aserrín • Cemento • Densidad 	Determinar el peso de las muestras con la ayuda de una balanza digital para determinar la composición óptima y posteriormente elaborar un diseño de mezclas utilizando un diseño simplex con $q=3$ componentes.
Se desconoce cuál es la mezcla para obtener una mayor resistencia a la compresión y un menor peso.	Determinar la combinación óptima de materiales que presenten una mejor resistencia a la compresión y un menor peso mediante un análisis estadístico.	Se consigue una mejor resistencia a la compresión al dejar curar por más días a las muestras.	<ul style="list-style-type: none"> • Aserrín • Cemento • Tiempo de Curado • Resistencia a la Compresión 	Pruebas de resistencia a la compresión utilizando una máquina de compresión y posteriormente realizar un análisis estadístico del diseño de mezclas con la ayuda del software <i>Statgraphics</i> el cual nos permita

				obtener la composición óptima del hormigón.
No se sabe si el hormigón a base de aserrín puede reemplazar al hormigón tradicional	Comparar los resultados obtenidos del hormigón elaborado con aserrín con los resultados del hormigón tradicional.	El hormigón obtenido puede reemplazar al hormigón tradicional.	<ul style="list-style-type: none"> • Resistencia a la Compresión • Densidad 	Comparación de los resultados de resistencia a la compresión del hormigón con aserrín con el hormigón tradicional, medida de las dimensiones de las muestras utilizando un calibrador para obtener el volumen y peso de los mismos.

Realizado por: Flores Vaca, Gabriel, 2021.

2.2. Tipo y diseño de investigación

2.2.1. Tipo de investigación

En este trabajo, el tipo de investigación es correlacional puesto que su enfoque es el análisis y la reutilización de los residuos madereros de eucalipto para elaborar hormigón y determinar su influencia en la resistencia y peso de las muestras elaboradas mediante técnicas que permiten recolectar datos.

2.2.2. Diseño de la investigación

Esta es una investigación experimental, debido que se busca elaborar hormigón tomando como materia prima el aserrín, mezclándolo con cemento y cal en diferentes proporciones.

El desarrollo experimental se desarrollará en cuatro etapas, en la primera se realizará la caracterización del aserrín de eucalipto y se seleccionará el que tenga un diámetro de partícula menor a 5 mm, en la segunda etapa se elaborará un diseño de mezclas utilizando un método simplex con $q=3$ variables las mismas que son: composición de aserrín fino, de aserrín grueso y de cemento y $2 y=2$ variables de respuesta resistencia a la compresión y peso del bloque. En la tercera etapa se elaborarán muestras cilíndricas de hormigón utilizando diferentes composiciones de aserrín grueso y fino, y cemento, se elaborarán varias muestras de cada composición y se realizarán pruebas de resistencia a la compresión y peso de las mismas a

diferentes días de curado y en la cuarta etapa se realizará un análisis estadístico mediante el software *Statgraphics* el cual determinará cual es la mezcla óptima de componentes en el hormigón y su comparación con los resultados mostrados por una muestra elaborada con hormigón tradicional.

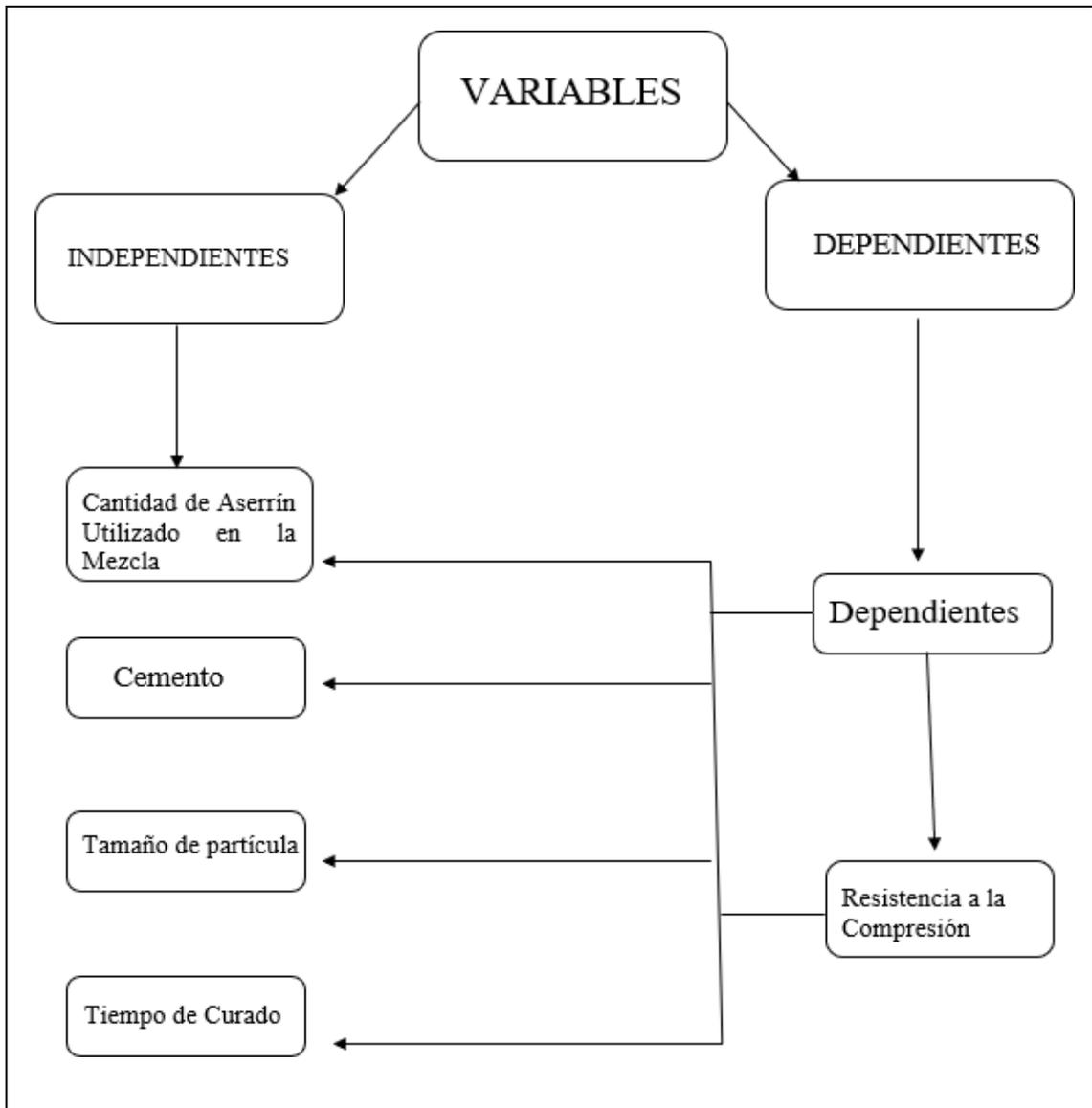


Gráfico 1-2. Diagrama de relación de variables.

Realizado por: Flores Vaca, Gabriel, 2021.

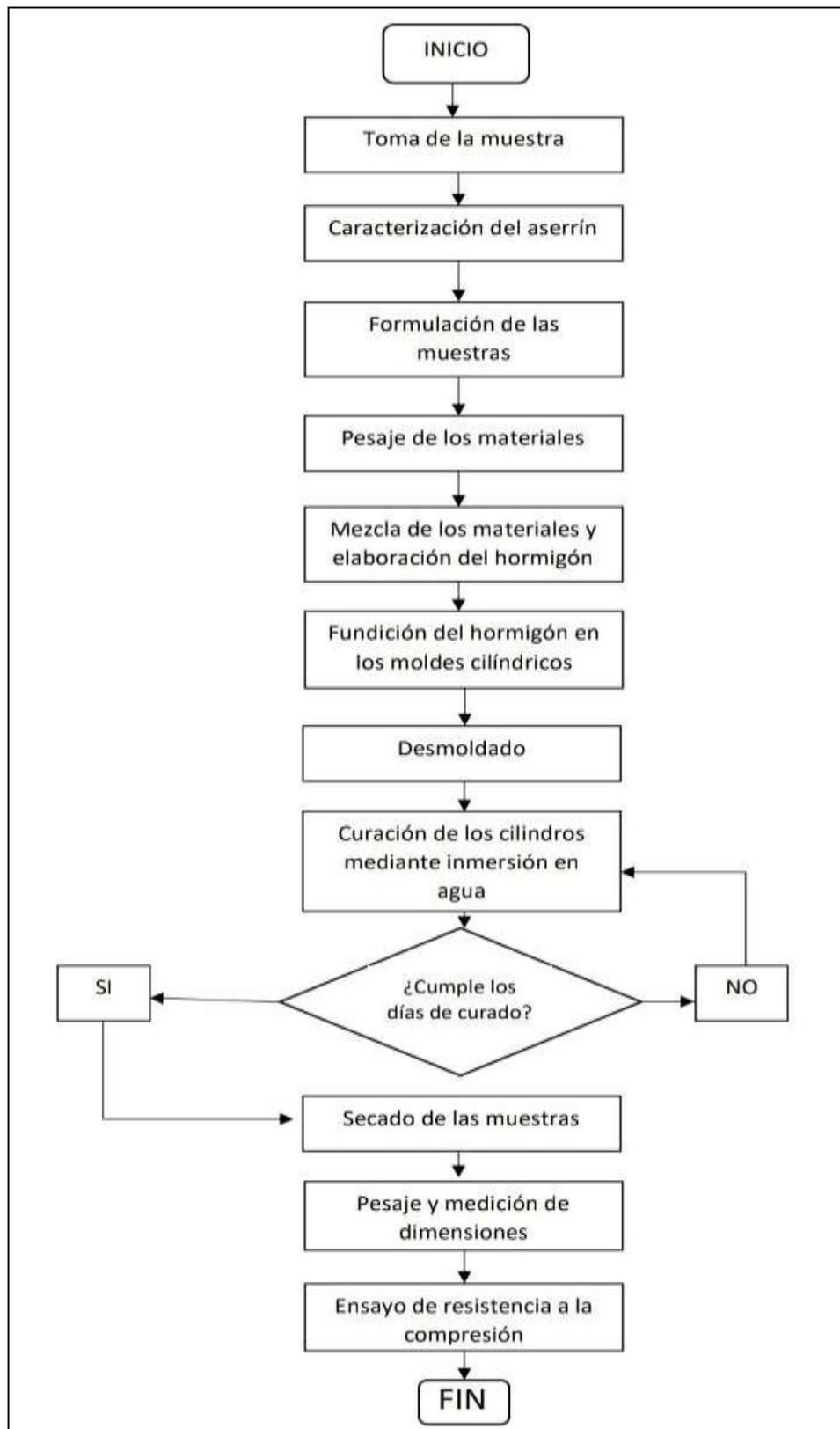


Gráfico 2-2. Diagrama de flujo general del proceso de elaboración del hormigón

Realizado por: Flores Vaca, Gabriel, 2021.

2.3. Unidad de análisis

La unidad de análisis de estudio es el aserrín de Eucalipto

2.4. Población de estudio

La Población de estudio es el aserrín proveniente de la Industria Maderera “Buenaño” ubicada en el cantón Riobamba, Provincia de Chimborazo.

2.5. Tamaño de muestra

Por razones prácticas el tamaño de muestra se obtendrá tomando muestras representativas del aserrín producido por la industria maderera “Buenaño” utilizando una cantidad aproximada de 3 kg de aserrín por cada formulación realizada.

2.6. Selección de la muestra

Las muestras se tomarán en campo, en la Industria Maderera Buenaño seleccionando el aserrín proveniente de la madera recién aserrada. Posteriormente ser almacenadas en un lugar seco y fresco hasta elaborar las formulaciones del hormigón.



Figura 1-2. Toma de la muestra
Realizado por: Flores Vaca, Gabriel, 2021.

2.7. Técnicas de recolección de datos

La primera parte experimental de la investigación se llevará a cabo en los laboratorios de Química Analítica que pertenece a la Facultad de Ciencias de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, ubicada en la Panamericana Sur km 1½, de la ciudad de Riobamba, provincia de Chimborazo, las demás Partes del Proceso Experimental se llevarán a cabo en el laboratorio Integral de la Construcción, ubicado en las calles Venezuela y La paz, de la ciudad de Riobamba.

2.7.1. Caracterización del aserrín

2.7.1.1. Determinación del tamaño de partícula (granulometría)

Para la determinación del tamaño se consideró como aserrín fino a aquellas partículas con un diámetro menor a 2mm, mientras que, para el aserrín grueso, a aquellas partículas con diámetro entre 5 y 2 mm.

Materiales

- Aserrín Fino (100g)
- Aserrín Grueso (100g)
- Mallas ASTM distintos diámetros
- Bandeja de metal
- Tapa de metal

Equipos

- Agitador de tamices manual
- Balanza digital

Procedimiento

- Armar la torre de tamices según el diámetro de los orificios de mayor a menor y colocar la bandeja al final para que se deposite el residuo.
- Pesar 100g de aserrín fino.
- Colocar el aserrín en la parte superior de la torre de mallas y colocar la tapa.

- Colocar la torre de tamices en el agitador y dar vueltas a la manivela para que se produzca la agitación.
- Dejar reposar unos minutos para que el polvo generado por las partículas más finas se asiente.
- Retirar de arriba hacia abajo las mallas una por una y pesar el contenido de aserrín existente en cada una de ellas.
- Armar nuevamente la torre con las mallas vacías.
- Repetir el procedimiento utilizando aserrín grueso.
- Registrar los resultados.

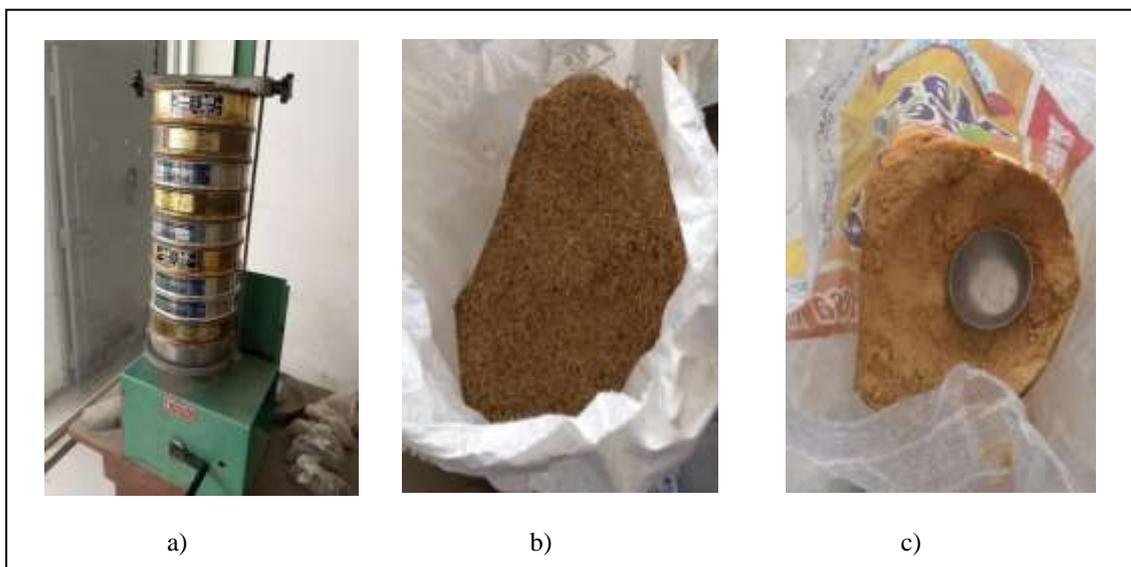


Figura 2-2. a) mallas ASTM colocadas en el agitador de tamices, b) aserrín grueso, c) aserrín fino

Realizado por: Flores Vaca, Gabriel, 2021.

2.7.1.2. Determinación del porcentaje de humedad

Materiales

- Aserrín fino
- Aserrín grueso
- Espátula

Equipos

- Balanza de Humedad

Procedimiento

- Encender la balanza de humedad y seleccionar el modo secado.
- Tarar y presionar el botón Start.
- Abrir la tapa de la balanza, colocar la bandeja, cerrar la tapa y tarar.
- Con la espátula colocar una muestra de 5g de aserrín fino y cerrar la tapa.
- Esperar que la balanza termine la medición.
- Limpiar la bandeja y repetir el procedimiento con el aserrín grueso.



Figura 3-2. a) colocación de la muestra en la balanza de humedad, b) medición en la balanza de humedad

Realizado por: Flores Vaca, Gabriel, 2021.

2.7.1.3. Determinación de la densidad

Materiales

- Aserrín fino
- Aserrín grueso
- Probeta 100ml
- Varilla de agitación
- Espátula

Equipos

- Balanza digital

Procedimiento

- Con la espátula colocar aserrín fino en la probeta hasta que alcance la marca de 20ml.
- Comprimir el aserrín dentro de la probeta con ayuda de la varilla de agitación para evitar que existan espacios vacíos y el volumen sea más preciso.
- Una vez se tenga medido el volumen pesar la muestra de aserrín en una balanza digital.
- Calcular la densidad del aserrín con los datos de peso y volumen obtenidos.
- Repetir el procedimiento utilizando el aserrín grueso.



Figura 4-2. a) medición del volumen de la muestra, b) pesaje de la muestra

Realizado por: Flores Vaca, Gabriel, 2021.

2.7.2. Diseño de mezclas

2.7.2.1. Elaboración del diseño de mezclas

Para la realización de esta investigación se realizó un diseño de mezclas con 3 variables de entrada (cantidad de cemento, aserrín fino y aserrín grueso) y dos variables de respuesta (resistencia a la compresión y peso), utilizando un método simplex que consiste en representar mediante una figura las variables para determinar de manera geométrica las regiones de los experimentos con la mezcla. (Gutierrez y De la Vara, 2015, pp 482-486).

Al tener $q=3$ variables la representación se dará en un triángulo equilátero donde x_1 representa la cantidad de cemento, x_2 la cantidad de aserrín fino y x_3 la cantidad de aserrín grueso, dándose limitaciones de $0,17 \leq x_1 \leq 0,22$; $0,31 \leq x_2 \leq 0,50$; y, $0,31 \leq x_3 \leq 0,50$.

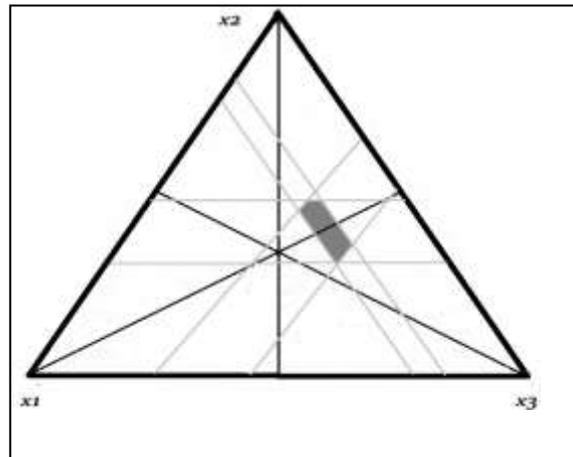


Figura 5-2. Método simplex del diseño de mezclas

Realizado por: Flores Vaca, Gabriel, 2021.

Al tratarse de una mezcla con restricciones el área presenta una forma irregular por lo cual para realizar el análisis estadístico se va a implementar un diseño de vértices extremos en donde el software utiliza los vértices de las restricciones como base del diseño. (Gutierrez y De la Vara, 2015, pp. 494-495).

2.7.2.2. Formulación de las mezclas

Se van a elaborar un total de 9 mezclas con un contenido de cemento de 500,550 y 600 kg/m^3 , y una relación de aserrín fino y grueso de 60/40, 50/50 y 40/60 en cada una, con una cantidad de 4 muestras por cada mezcla para realizar ensayos a distintos días de curado, adicionalmente se elaboraron 4 muestras de hormigón simple para realizar la comparación respectiva.

- *Cálculo del volumen de la muestra*

Las muestras de hormigón elaboradas poseen una forma cilíndrica de 5cm de radio y 20 cm de altura, teniendo así:

$$V = \pi * r^2 * h$$

$$V = \pi * (5\text{cm})^2 * 20\text{cm}$$

$$V = 1570,79 \text{ cm}^3$$

Donde:

V= volumen de la muestra

r= Radio del cilindro

h= altura del cilindro

- *Cálculo de la cantidad de cemento*

Para la primera mezcla tenemos:

$$m_{\text{cemento}} = 500 \text{ kg/m}^3 * V$$
$$m_{\text{cemento}} = 500 \text{ kg/m}^3 * 1000 \text{ g/kg} * 1 \text{ m}^3 / (100 \text{ cm})^3 * 1570,79 \text{ cm}^3$$
$$m_{\text{cemento}} = 785,39 \text{ g}$$
$$V_{\text{cemento}} = m_{\text{cemento}} * \rho_{\text{cemento}}$$
$$V_{\text{cemento}} = 785,39 \text{ g} * 1 \text{ cm}^3 / 2,8 \text{ g}$$
$$V_{\text{cemento}} = 280,499 \text{ cm}^3$$

Donde:

m_{cemento}= masa de cemento

V_{cemento}= volumen de cemento

ρ_{cemento}= densidad del cemento

V= volumen de la muestra

- *Cálculo de la cantidad de Aserrín fino*

$$V_{af} = (V - V_{\text{cemento}}) * 0,6$$
$$V_{af} = (1570,79 \text{ cm}^3 - 280,499 \text{ cm}^3) * 0,6$$
$$V_{af} = 774,17 \text{ cm}^3$$
$$m_{af} = V_{af} * \rho_{af}$$
$$m_{af} = 774,17 \text{ cm}^3 * 0,288 \text{ g/cm}^3$$
$$m_{af} = 222,96 \text{ g}$$

Donde:

m_{af} = masa de aserrín fino

V_{af} = volumen de cemento

$V_{cemento}$ = volumen de aserrín fino

ρ_{af} = densidad de aserrín fino

V = volumen de la muestra

- *Cálculo de la cantidad de Aserrín grueso*

$$\begin{aligned}V_{ag} &= (V - V_{cemento}) * 0,4 \\V_{ag} &= (1570,79 \text{ cm}^3 - 280,499 \text{ cm}^3) * 0,4 \\V_{ag} &= 516,11 \text{ cm}^3 \\m_{ag} &= V_{ag} * \rho_{ag} \\m_{ag} &= 516,11 \text{ cm}^3 * 0,291 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3} \\m_{ag} &= 150,45 \text{ g}\end{aligned}$$

Donde:

m_{ag} = masa de aserrín grueso

V_{ag} = volumen de cemento

$V_{cemento}$ = volumen de aserrín grueso

ρ_{ag} = densidad de aserrín grueso

V = volumen de la muestra

- *Cálculo de la cantidad de Cal*

$$\begin{aligned}m_{cal} &= (m_{af} + m_{ag}) * 0,1 \\m_{cal} &= (222,96 \text{ g} + 150,45 \text{ g}) * 0,1 \\m_{cal} &= 37,34 \text{ g}\end{aligned}$$

Donde:

m_{af} = masa de aserrín fino

m_{ag} = masa de aserrín grueso

m_{cal} = masa de cal

2.7.3. Elaboración de las muestras

Materiales

- Aserrín fino
- Aserrín grueso
- Cemento hidráulico tipo GU
- Cal hidratada
- Bandeja
- Probeta de 1000ml
- Probeta de 100ml
- Molde cilíndrico
- Espátula
- Mazo de goma
- Etiquetas

Sustancias

- Agua

Equipos

- Balanza digital

Procedimiento

- Con la ayuda de la balanza pesar el aserrín fino, grueso y cal y colocarlo en la bandeja.
- Mezclar con cuidado hasta que se observe una composición homogénea.
- Pesar y agregar el cemento.
- Mezclar todo y agregar de a poco el agua hasta obtener una pasta húmeda y compacta
- Llenar los moldes con la pasta, golpear el mismo con el mazo para evitar la formación de agujeros vacíos en la muestra, alisar la superficie con la espátula para que no existan irregularidades en la misma y colocar las etiquetas.

- Desmoldar las muestras luego de 24 horas y sumergirlas en un tanque con agua para el proceso de curación de éstas.

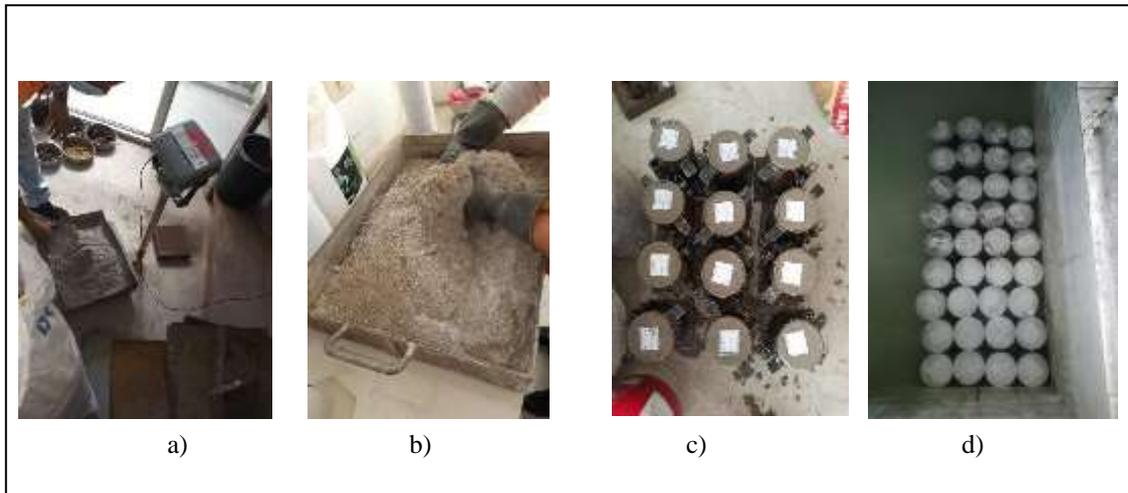


Figura 6-2. a) pesaje de los materiales, b) mezcla del aserrín cal y cemento, c) fundido de las muestras, d) curado de las muestras sumergidas en agua

Realizado por: Flores Vaca, Gabriel, 2021.

2.7.4. Pruebas de resistencia a la compresión

Materiales

- Cilindros de hormigón
- Flexómetro

Equipos

- Estufa
- Balanza Digital
- Máquina de compresión

Procedimiento

- Una vez cumplidos los días respectivos de curado retirar el cilindro de hormigón del tanque con agua 4 horas antes de realizar la prueba de resistencia a la compresión y meterlo en la estufa a 110°C para que se seque.
- Luego de 4 horas retirar los cilindros de la estufa y esperar a que se enfríe.
- Pesar los cilindros en la balanza y registrar.

- Con el flexómetro medir el diámetro y la altura del cilindro.
- Colocar las tapas en los extremos del cilindro, abrir la tapa de la máquina colocar el cilindro fijándose que éste se encuentre en el centro y cerrar la tapa.
- Encender la máquina, iniciar la prueba, ajustar la presión y esperar a que en la pantalla se indique el resultado de resistencia a la compresión, ésta detiene la medición al producirse la primera fractura en el cilindro.
- Abrir la tapa, retirar el cilindro, limpiar el área donde se coloca el cilindro y cerrar la tapa.
- Retirar las tapas de los extremos del cilindro y desechar el mismo.

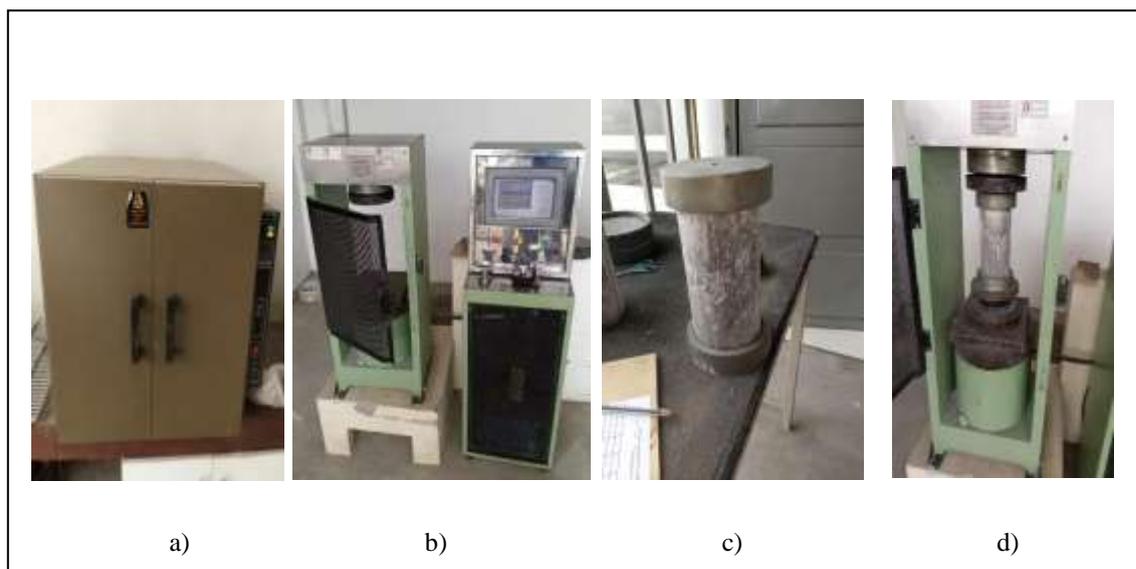


Figura 7-2. a) estufa, b) máquina de compresión, c) colocación de las tapas en el cilindro, d) colocación de la muestra en la máquina.

Realizado por: Flores Vaca, Gabriel, 2021.

2.7.5. Análisis estadístico

Una vez se han obtenido los resultados de las pruebas se procede a realizar un análisis estadístico de los mismos con la ayuda del software Statgraphics, de la siguiente manera:

- Crear el diseño en la pestaña DDE (Diseño de experimentos).
- Seleccionar mezcla y colocar el número de variables de respuesta (2) y componentes (3 y seleccionar aceptar).
- En la siguiente página seleccionar los componentes y colocar el nombre del componente, los límites superior e inferior, el total de la mezcla y las unidades de estos valores.
- Seleccionar las variables de respuesta, colocar el nombre y las unidades en las que vendrá expresado.
- Seleccionar el tipo de diseño y el modelo que se quiere aplicar.

- Una vez seleccionado el modelo, se especifican el número de corridas (combinaciones) que se realizan dentro del diseño.
- Posteriormente se desplegará una ventana llamada atributos del diseño en donde se muestran los valores ingresados.
- En la parte izquierda seleccionar libro de datos, en caso de adicionar mezclas a las establecidas ingresar los datos, de igual manera los valores de las variables de respuesta especificadas.
- En la Pestaña DDE, seleccionar analizar diseño, en caso de existir varias variables de respuesta se deben analizar primero de manera individual.
- Seleccionar las tablas y/o gráficos que se desean mostrar y seleccionar aceptar.
- Si se desea analizar varias variables a la vez, en la pestaña DDE seleccionar Optimización de Múltiples Respuestas, seleccionar las respuestas que se quieren analizar simultáneamente, seleccionar las tablas y gráficos que se desea mostrar y seleccionar aceptar.

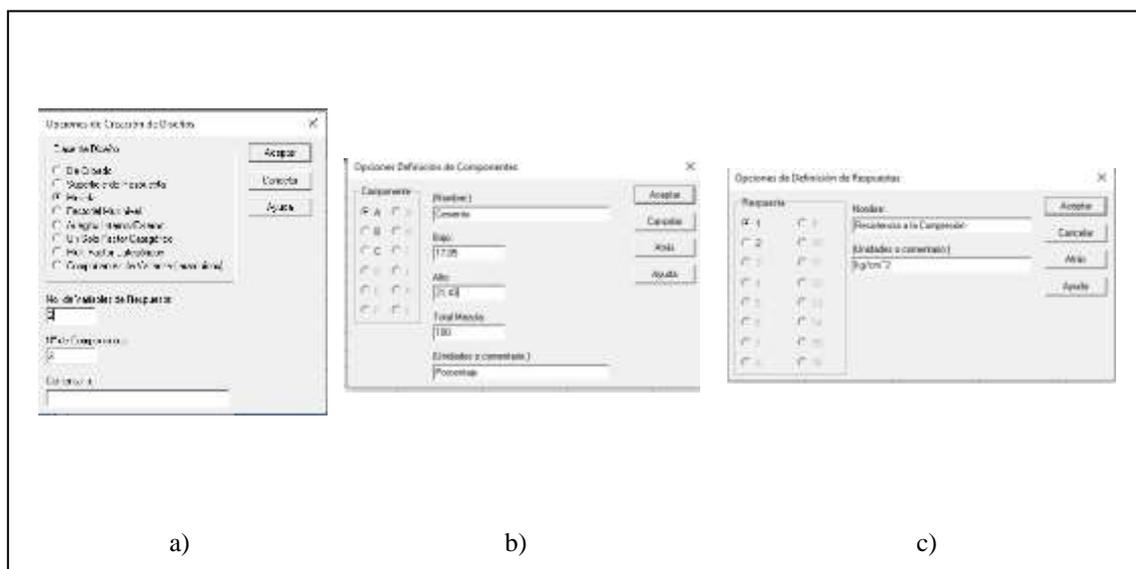


Figura 8-2. a) selección del tipo de diseño, b) Ingreso de las variables de entrada, c) ingreso de las variables de respuesta.

Realizado por: Flores Vaca, Gabriel, 2021.

CAPÍTULO III

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Resultados

3.1.1. Resultados de la caracterización del aserrín

3.1.1.1. Resultados del tamaño de partícula

Tabla 1-3. Granulometría del aserrín fino

MALLA ASTM N°	DIÁMETRO PARTÍCULA (mm)	PESO RETENIDO (g)	PORCENTAJE RETENIDO (%)	PORCENTAJE RETENIDO ACUMULADO (%)	PORCENTAJE QUE PASA (%)
3/8"	9,50	0,00	0,00	0,00	100,00
3/4"	9,00	0,00	0,00	0,00	100,00
4	4,75	0,00	0,00	0,00	100,00
5	4,00	0,00	0,00	0,00	100,00
8	2,36	0,00	0,00	0,00	100,00
10	2,00	0,00	0,00	0,00	100,00
16	1,18	40,67	40,67	40,67	59,33
30	0,60	31,40	31,40	72,07	27,93
50	0,30	17,78	17,78	89,85	10,15
100	0,15	0,65	0,65	90,50	9,50
200	0,08	7,86	7,86	98,36	1,64
RESIDUO		1,64	1,64	100,00	0,00
SUMA		100,00			

Realizado por: Flores Vaca, Gabriel, 2021.

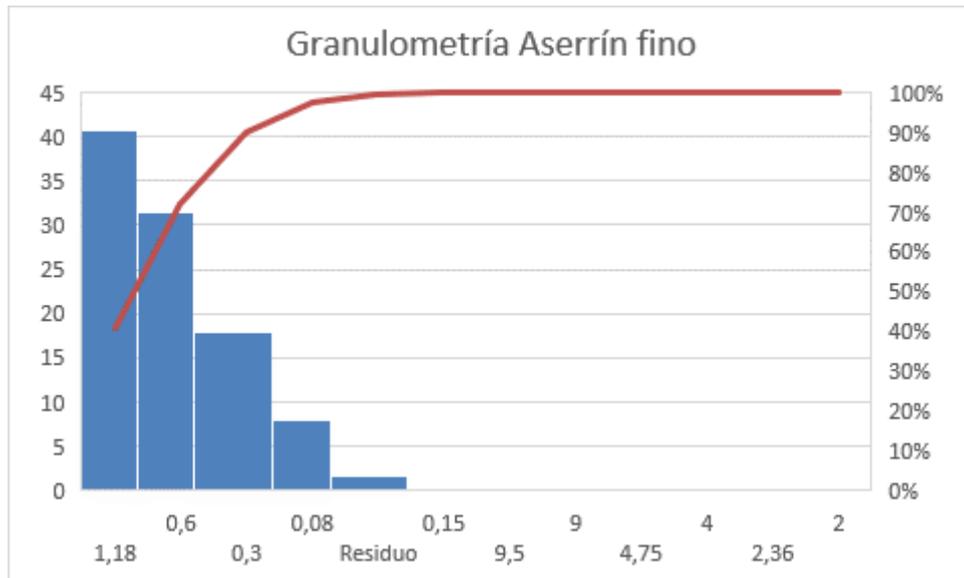


Gráfico 1-3. Histograma de granulometría del aserrín fino

Realizado por: Flores Vaca, Gabriel, 2021.

Tabla 2-3. Granulometría del aserrín grueso

MALLA ASTM N°	DIÁMETRO PARTÍCULA (mm)	PESO RETENIDO (g)	PORCENTAJE RETENIDO (%)	PORCENTAJE RETENIDO ACUMULADO (%)	PORCENTAJE QUE PASA (%)
3/8"	9,50	0,00	0,00	0,00	100,00
3/4"	9,00	0,00	0,00	0,00	100,00
4	4,75	9,95	9,95	9,95	90,05
5	4,00	31,45	31,45	41,40	58,6
8	2,36	49,78	49,78	91,18	8,82
10	2,00	8,82	8,82	100,00	0,00
16	1,18	0,00	0,00	100,00	0,00
30	0,60	0,00	0,00	100,00	0,00
50	0,30	0,00	0,00	100,00	0,00
100	0,15	0,00	0,00	100,00	0,00
200	0,08	0,00	0,00	100,00	0,00
RESIDUO		0,00	0,00	100,00	0,00
SUMA		100,00			

Realizado por: Flores Vaca, Gabriel, 2021.

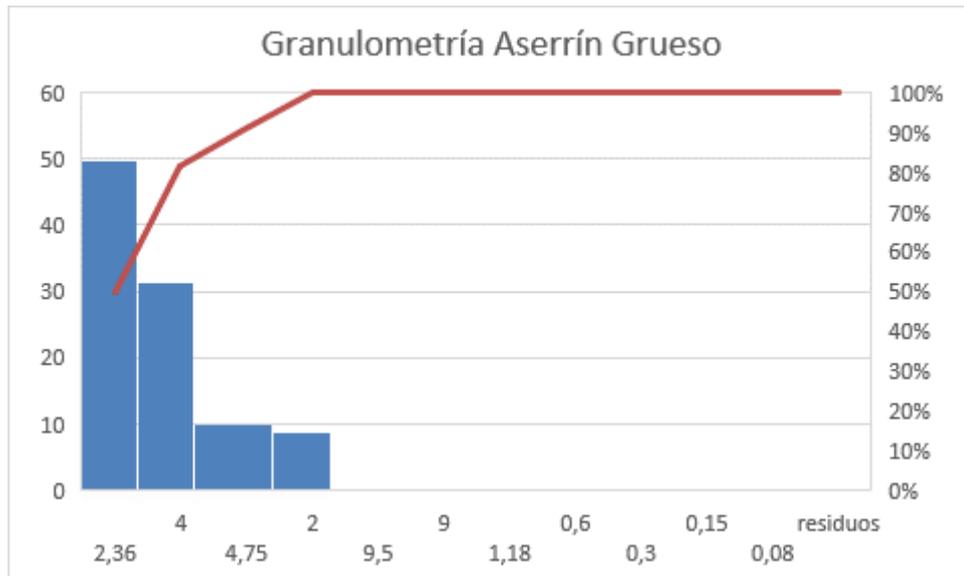


Gráfico 2-3. Histograma de granulometría del aserrín grueso

Realizado por: Flores Vaca, Gabriel, 2021.

En las tablas 1-3 y 2-3 se muestra que el aserrín tanto grueso como fino presentan un tamaño de partícula adecuado para la realización del hormigón, dándole a éste el agregado fino y grueso que se necesita y reduciendo el peso del mismo.

3.1.1.2. Resultados del porcentaje de humedad

Al realizar las pruebas de contenido de humedad tanto del aserrín fino como grueso arrojó un contenido de 26,96% de humedad en el aserrín fino y un 13,53% de humedad en el aserrín grueso, valores que cumplen con la cantidad de humedad presente en el aserrín establecida en estudios anteriores, en los que se establece que el aserrín debe contener menos del 50% de humedad para que pueda ser utilizado.



Figura 1-3. a) contenido de humedad del aserrín fino, b) contenido de humedad del aserrín grueso

Realizado por: Flores Vaca, Gabriel, 2021.

3.1.1.3. Resultados de la determinación de densidad

Realizando el respectivo procedimiento se obtuvieron los siguientes datos:

Tabla 3-3. Datos para determinar la densidad

Tipo de Aserrín	Masa (g)	Volumen (ml)	Densidad (g/ml)
Fino	5,76	20	0,288
Grueso	5,83	20	0,291

Realizado por: Flores Vaca, Gabriel, 2021.

La densidad del aserrín se encuentra entre 0,1 a 0,5 g/ml, por lo tanto, de acuerdo a los resultados obtenidos, la densidad calculada se encuentra dentro del rango establecido.

3.1.2. Resultados de la Formulación de las mezclas

Una vez realizados los respectivos cálculos se obtuvieron las siguientes formulaciones del hormigón en masa de cada componente para una muestra cilíndrica de 10cm de diámetro y 20cm de altura:

Mezcla A: Cemento 500 kg/m³, relación de aserrín 60%fino, 40%grueso

- Cemento: 785,39 g
- Aserrín fino: 222,96 g
- Aserrín grueso: 150,45 g
- Cal hidratada: 37,34 g

Mezcla B: Cemento 500 kg/m³, relación de aserrín 50%fino, 50%grueso

- Cemento: 785,39 g
- Aserrín fino: 185,80 g
- Aserrín grueso: 187,74 g
- Cal hidratada: 37,35 g

Mezcla C: Cemento 500 kg/m³, relación de aserrín 40%fino, 60%grueso

- Cemento: 785,39 g
- Aserrín fino: 148,64 g
- Aserrín grueso: 225,28 g
- Cal hidratada: 37,39 g

Mezcla D: Cemento 550 kg/m³, relación de aserrín 60%fino, 40%grueso

- Cemento: 863,94 g
- Aserrín fino: 218,12 g
- Aserrín grueso: 146,93 g
- Cal hidratada: 36,50

Mezcla E: Cemento 550 kg/m³, relación de aserrín 50%fino, 50%grueso

- Cemento: 863,94 g
- Aserrín fino: 181,76 g
- Aserrín grueso: 183,66 g
- Cal hidratada: 36,54 g

Mezcla F: Cemento 500 kg/m³, relación de aserrín 40%fino, 60%grueso

- Cemento: 863,94 g
- Aserrín fino: 145,41 g
- Aserrín grueso: 220,39 g
- Cal hidratada: 36,57 g

Mezcla G: Cemento 600 kg/m³, relación de aserrín 60%fino, 40%grueso

- Cemento: 942,48 g
- Aserrín fino: 213,26 g
- Aserrín grueso: 143,66 g
- Cal hidratada: 35,69 g

Mezcla H: Cemento 600 kg/m³, relación de aserrín 50%fino, 50%grueso

- Cemento: 942,48 g
- Aserrín fino: 177,72 g
- Aserrín grueso: 179,58 g
- Cal hidratada: 35,73 g

Mezcla I: Cemento 600 kg/m³, relación de aserrín 40%fino, 60%grueso

- Cemento: 942,48 g
- Aserrín fino: 142,18 g
- Aserrín grueso: 215,49 g
- Cal hidratada: 35,77 g

Mezcla J: Hormigón simple f'c 210 kg/cm²

- Cemento: 781,25 g
- Agregado fino (macadán): 1535,63 g
- Agregado grueso (ripió): 2341,88 g

3.1.3. Resultados de las pruebas de resistencia a la compresión:

Se realizaron pruebas a las muestras de cada una de las mezclas realizadas a los 7, 14, 21 y 28 días de curado dando como resultado los siguientes valores:

Tabla 4-3. Resultados de la mezcla A (Cemento 500 kg/m³, relación de aserrín 60% fino, 40% grueso)

Muestra N°	Fecha Elaboración	Fecha Ensayo	Días de curado	Diámetro (mm)	Altura (mm)	Volumen (cm ³)	Peso (kg)	Densidad (g/cm ³)	Resistencia a la compresión (kg/cm ²)
1	11/1/2021	18/1/2021	7	101,00	200,70	1607,98	2,24	1,39	37,83
2	11/1/2021	25/1/2021	14	100,50	201,00	1594,48	2,24	1,40	40,79
3	11/1/2021	1/2/2021	21	100,00	201,30	1581,01	2,34	1,48	48,03
4	11/1/2021	8/2/2021	28	100,00	201,00	1578,65	2,26	1,43	48,33
Promedio							2,27	1,43	43,75

Realizado por: Flores Vaca, Gabriel, 2021.

Tabla 5-3. Resultados de la mezcla B (Cemento 500 kg/m³, relación de aserrín 50% fino, 50% grueso)

Muestra N°	Fecha Elaboración	Fecha Ensayo	Días de curado	Diámetro (mm)	Altura (mm)	Volumen (cm ³)	Peso (kg)	Densidad (g/cm ³)	Resistencia a la compresión (kg/cm ²)
1	11/1/2021	18/1/2021	7	101,00	200,00	1602,37	2,26	1,41	39,97
2	11/1/2021	25/1/2021	14	100,50	200,30	1588,92	2,20	1,38	43,85
3	11/1/2021	1/2/2021	21	100,50	201,70	1600,03	2,34	1,46	48,74
4	11/1/2021	8/2/2021	28	101,00	201,00	1610,38	2,36	1,47	48,54
Promedio							2,29	1,43	45,28

Realizado por: Flores Vaca, Gabriel, 2021.

Tabla 6-3. Resultados de la mezcla C (Cemento 500 kg/m³, relación de aserrín 40% fino, 60% grueso)

Muestra N°	Fecha Elaboración	Fecha Ensayo	Días de curado	Diámetro (mm)	Altura (mm)	Volumen (cm ³)	Peso (kg)	Densidad (g/cm ³)	Resistencia a la compresión (kg/cm ²)
1	11/1/2021	18/1/2021	7	101,00	201,70	1615,99	2,30	1,42	39,87
2	11/1/2021	25/1/2021	14	100,50	201,70	1600,03	2,26	1,41	44,36
3	11/1/2021	1/2/2021	21	100,50	200,00	1586,54	2,36	1,49	48,33
4	11/1/2021	8/2/2021	28	101,00	200,00	1602,37	2,32	1,45	49,76
Promedio							2,31	1,44	45,58

Realizado por: Flores Vaca, Gabriel, 2021.

Tabla 7-3. Resultados de la mezcla D (Cemento 550 kg/m³, relación de aserrín 60% fino, 40% grueso)

Muestra N°	Fecha Elaboración	Fecha Ensayo	Días de curado	Diámetro (mm)	Altura (mm)	Volumen (cm ³)	Peso (kg)	Densidad (g/cm ³)	Resistencia a la compresión (kg/cm ²)
1	11/1/2021	18/1/2021	7	101,00	200,70	1607,98	2,32	1,44	38,85
2	11/1/2021	25/1/2021	14	100,00	201,00	1578,65	2,32	1,47	44,97
3	11/1/2021	1/2/2021	21	101,00	200,70	1607,98	2,36	1,47	52,31
4	11/1/2021	8/2/2021	28	101,00	200,00	1602,37	2,34	1,46	52,72
Promedio							2,34	1,46	47,21

Realizado por: Flores Vaca, Gabriel, 2021.

Tabla 8-3. Resultados de la mezcla E (Cemento 550 kg/m³, relación de aserrín 50% fino, 50% grueso)

Muestra N°	Fecha Elaboración	Fecha Ensayo	Días de curado	Diámetro (mm)	Altura (mm)	Volumen (cm ³)	Peso (kg)	Densidad (g/cm ³)	Resistencia a la compresión (kg/cm ²)
1	12/1/2021	19/1/2021	7	101,00	201,00	1610,38	2,32	1,44	37,52
2	12/1/2021	26/1/2021	14	100,50	204,70	1623,83	2,32	1,43	42,52
3	12/1/2021	2/2/2021	21	100,00	200,70	1576,29	2,36	1,49	51,49
4	12/1/2021	9/2/2021	28	101,00	202,00	1618,39	2,36	1,46	55,57
Promedio							2,34	1,46	46,78

Realizado por: Flores Vaca, Gabriel, 2021.

Tabla 9-3. Resultados de la mezcla F (Cemento 550 kg/m³, relación de aserrín 40% fino, 60% grueso)

Muestra N°	Fecha Elaboración	Fecha Ensayo	Días de curado	Diámetro (mm)	Altura (mm)	Volumen (cm ³)	Peso (kg)	Densidad (g/cm ³)	Resistencia a la compresión (kg/cm ²)
1	12/1/2021	19/1/2021	7	100,50	200,70	1592,09	2,34	1,47	36,51
2	12/1/2021	26/1/2021	14	100,50	200,00	1586,54	2,32	1,46	49,35
3	12/1/2021	2/2/2021	21	100,50	201,30	1576,29	2,34	1,47	50,68
4	12/1/2021	9/2/2021	28	101,00	201,30	1612,78	2,34	1,45	50,78
Promedio							2,34	1,46	46,83

Realizado por: Flores Vaca, Gabriel, 2021

Tabla 10-3. Resultados de la mezcla G (Cemento 600 kg/m³, relación de aserrín 60% fino, 40% grueso)

Muestra N°	Fecha Elaboración	Fecha Ensayo	Días de curado	Diámetro (mm)	Altura (mm)	Volumen (cm ³)	Peso (kg)	Densidad (g/cm ³)	Resistencia a la compresión (kg/cm ²)
1	12/1/2021	19/1/2021	7	100,50	201,00	1594,48	2,34	1,47	35,18
2	12/1/2021	26/1/2021	14	100,50	200,70	1592,09	2,32	1,46	42,01
3	12/1/2021	2/2/2021	21	100,50	202,30	1604,79	2,40	1,50	53,94
4	12/1/2021	9/2/2021	28	100,50	201,30	1596,87	2,38	1,49	55,27
Promedio							2,36	1,48	46,60

Realizado por: Flores Vaca, Gabriel, 2021.

Tabla 11-3. Resultados de la mezcla H (Cemento 600 kg/m³, relación de aserrín 50% fino, 50% grueso)

Muestra N°	Fecha Elaboración	Fecha Ensayo	Días de curado	Diámetro (mm)	Altura (mm)	Volumen (cm ³)	Peso (kg)	Densidad (g/cm ³)	Resistencia a la compresión (kg/cm ²)
1	12/1/2021	19/1/2021	7	101,00	200,30	1604,77	2,38	1,48	36,10
2	12/1/2021	26/1/2021	14	100,00	201,00	1578,65	2,38	1,51	45,27
3	12/1/2021	2/2/2021	21	100,50	200,70	1592,10	2,28	1,43	49,76
4	12/1/2021	9/2/2021	28	100,50	201,70	1600,03	2,38	1,49	58,12
Promedio							2,36	1,48	47,31

Realizado por: Flores Vaca, Gabriel, 2021.

Tabla 12-3. Resultados de la mezcla I (Cemento 600 kg/m³, relación de aserrín 40% fino, 60% grueso)

Muestra N°	Fecha Elaboración	Fecha Ensayo	Días de curado	Diámetro (mm)	Altura (mm)	Volumen (cm ³)	Peso (kg)	Densidad (g/cm ³)	Resistencia a la compresión (kg/cm ²)
1	12/1/2021	19/1/2021	7	101,00	201,30	1612,78	2,36	1,46	35,59
2	12/1/2021	26/1/2021	14	101,00	200,00	1602,37	2,34	1,46	44,76
3	12/1/2021	2/2/2021	21	100,50	201,70	1600,03	2,40	1,50	55,57
4	12/1/2021	9/2/2021	28	100,50	201,30	1596,86	2,42	1,52	61,08
Promedio							2,38	1,49	49,95

Realizado por: Flores Vaca, Gabriel, 2021.

Tabla 13-3. Resultados de la mezcla J (Hormigón simple f'c 210 kg/cm²)

Muestra N°	Fecha Elaboración	Fecha Ensayo	Días de curado	Diámetro (mm)	Altura (mm)	Volumen (cm ³)	Peso (kg)	Densidad (g/cm ³)	Resistencia a la compresión (kg/cm ²)
1	19/1/2021	26/1/2021	7	100,50	200,30	1588,92	3,70	2,33	108,39
2	19/1/2021	2/2/2021	14	100,50	201,70	1600,03	3,76	2,35	161,42
3	19/1/2021	9/2/2021	21	100,50	201,30	1596,86	3,78	2,37	184,97
4	19/1/2021	17/2/2021	28	101,00	202,30	1620,79	3,76	2,32	214,95
Promedio							3,75	2,34	167,43

Realizado por: Flores Vaca, Gabriel, 2021.

Tabla 14-3. Resumen de los resultados de las diferentes mezclas

Muestra	Aserrín fino %	Aserrín grueso %	Cemento %	Resistencia a la compresión (kg/cm ²)	Peso (kg)
A	49,28	32,86	17,85	43,75	2,27
B	41,07	41,07	17,85	45,28	2,29
C	32,86	49,28	17,85	45,58	2,31
D	48,21	32,14	19,64	47,21	2,34
E	40,18	40,18	19,64	46,78	2,34
F	32,14	48,21	19,64	46,83	2,34
G	47,14	31,43	21,43	46,60	2,36
H	39,28	39,28	21,43	47,31	2,36
I	31,43	47,14	21,43	49,95	2,38

Realizado por: Flores Vaca, Gabriel, 2021.

3.1.4. Resultados del análisis estadístico:

Al realizar el análisis al diseño se obtuvieron los siguientes valores:

Tabla 15-3. Efectos Estimados del Modelo Completo para Resistencia a la Compresión (kg/cm²)

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Media	19533,8	1	19533,8		
Lineal	18,0362	2	9,01811	10,71	0,0105
Cuadrático	1,24735	3	0,415782	0,33	0,8079
Cúbico Especial	0,82635	1	0,82635	0,55	0,5339
Error	2,97804	2	1,48902		
Total	19556,9	9			

Realizado por: Flores Vaca, Gabriel, 2021.

En esta tabla se muestran los resultados de ajustar los datos de la Resistencia a la Compresión a los diferentes modelos. Cada uno de éstos se muestra con un valor-P el cual prueba si ese modelo es estadísticamente significativo al ser comparado con el cuadrado medio del término de abajo. Se selecciona el modelo que presente un valor-P menor que 0,05, trabajando con un nivel de confianza del 95,0%. De acuerdo con este criterio, el modelo lineal es adecuado para los datos.

Tabla 16-3. Resultados del Modelo Completo

Modelo	ES	R-Cuadrada	R-Cuadrada Ajd.
Lineal	0,917582	78,12	70,83
Cuadrático	1,12611	83,52	56,06
Cúbico Especial	1,22025	87,10	48,41

Realizado por: Flores Vaca, Gabriel, 2021.

En esta tabla se muestran los valores de R^2 (variación de la resistencia a la compresión) ajustada la misma que mientras más se acerca a 1 representa un ajuste lineal mejor, además del error estándar del mismo.

Tabla 17-3. ANOVA para Resistencia a la Compresión

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Modelo Lineal	18,0665	2	9,03326	10,79	0,0103
Error total	5,02144	6	0,836907		
Total (corr.)	23,088	8			
R-cuadrada (%)			78,2508		
R-cuadrada (ajustada por g.l.) (%)			71,0011		
PRESS			12,0933		
R-cuadrado (predicho) (%)			47,6207		
Error estándar del est			0,914826		
Error absoluto medio			0,638026		
Estadístico Durbin-Watson			1,82925 (P=0,4073)		
Autocorrelación residual de Lag 1			-0,0449611		

Realizado por: Flores Vaca, Gabriel, 2021.

El indicador R-Cuadrada nos muestra que el modelo, tiene una variabilidad de 78,2508% en la resistencia a la compresión. De igual manera el estadístico R-cuadrada ajustada, que resulta más útil para comparar modelos con varios números de variables independientes, es 71,0011%. La desviación estándar de ellos residuos, que se muestra mediante es error estándar es de 0,914826. El valor promedio de los residuos es el error medio absoluto (MAE) que tiene un valor de 0,638026. El estadístico de Durbin-Watson (DW) determina si existe alguna correlación representativa basándose en el orden en el que son ingresados los datos. Debido a que el valor-P es mayor que 5,0%, se traduce a que no hay indicaciones de autocorrelación serial en los residuos con un nivel de significancia del 5,0%.

Tabla 18-3. Optimización de la respuesta de Resistencia a la Compresión

Componente	Bajo	Alto	Óptimo	Valor Óptimo de resistencia a la Compresión
Cemento (%)	17,85	21,43	21,43	48,9136 kg/cm ²
Aserrín Fino (%)	31,43	49,28	31,43	
Aserrín Grueso (%)	31,43	49,28	47,14	

Realizado por: Flores Vaca, Gabriel, 2021.

Esta tabla muestra la combinación de los componentes de la mezcla, la cual refleja un mayor valor de resistencia a la compresión sobre la región establecida; en este caso se consigue la meta de maximizar la resistencia a la compresión utilizando una mezcla de 21,43% de cemento, 31,43% de aserrín fino y 47,14% de aserrín grueso, de igual manera presenta un valor óptimo de resistencia a la compresión de 48,9136 kg/cm².

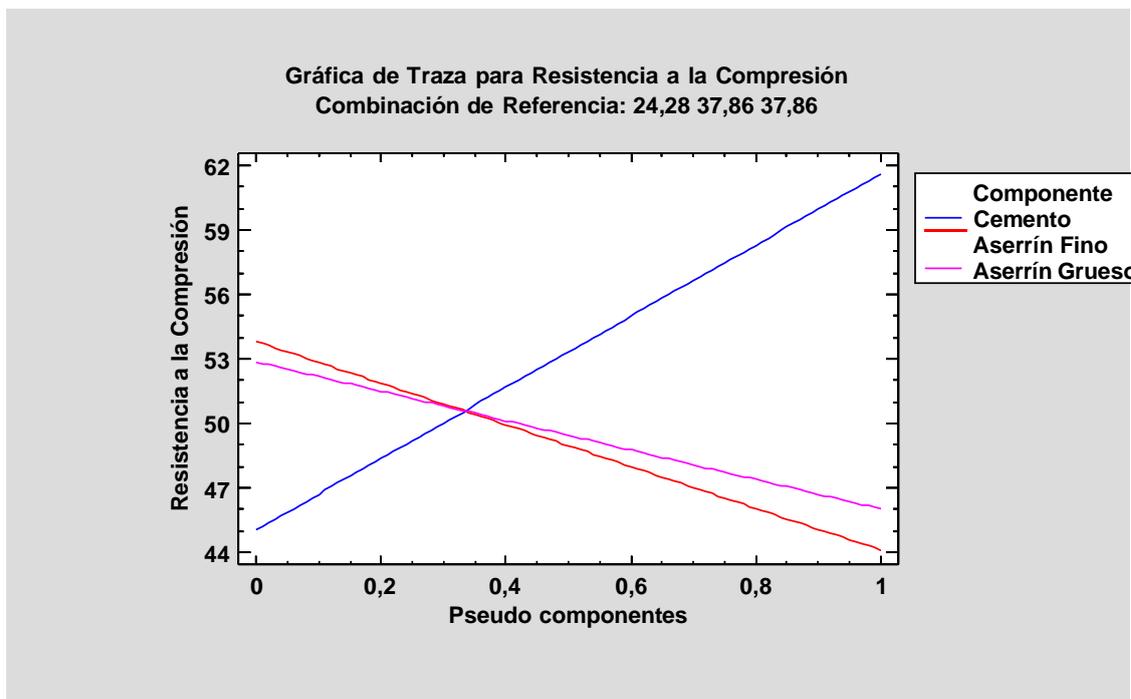


Gráfico 3-3. Gráfico de Trazas de la Resistencia a la Compresión.

Realizado por: Flores Vaca, Gabriel, 2021.

En esta gráfica se puede observar que a medida que aumenta la cantidad de cemento en el hormigón, también lo hace la resistencia a la compresión, por otra parte, al aumentar la cantidad de aserrín la resistencia a la compresión se ve disminuida, se observa que el aserrín fino presenta una menor resistencia a la compresión que el aserrín grueso.

Tabla 19-3. Efectos Estimados del Modelo Completo para Peso (kg)

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Media	48,9533	1	48,9533		
Lineal	0,00942229	2	0,00471115	38,55	0,0004
Cuadrático	0,000397111	3	0,00013237	1,18	0,4471
Cúbico Especial	0,0000313573	1	0,0000313573	0,21	0,6946
Error	0,000304795	2	0,000152398		
Total	48,9635	9			

Realizado por: Flores Vaca, Gabriel, 2021.

De igual manera que con la resistencia a la compresión, en esta tabla se muestran los resultados de ajustar los datos del Peso a los diferentes modelos. Se selecciona el modelo que presente un valor-P menor que 0,05, trabajando con un nivel de confianza del 95,0%. De acuerdo con este criterio, el modelo lineal es adecuado para los datos.

Tabla 20-3. Resultados del Modelo Completo

Modelo	ES	R-Cuadrada	R-Cuadrada Ajd.
Lineal	0,0110549	92,78	90,37
Cuadrático	0,0105854	96,69	91,17
Cúbico Especial	0,0123449	97,00	87,99

Realizado por: Flores Vaca, Gabriel, 2021.

En esta tabla se muestran los valores de R^2 (variación del peso) ajustada, la misma que mientras más se acerca a 1 representa un ajuste lineal mejor, además del error estándar del mismo.

Tabla 21-3. ANOVA para el Peso

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Modelo Lineal	0,00943919	2	0,0047196	39,53	0,0004
Error total	0,000716365	6	0,000119394		
Total (corr.)	0,0101556	8			
R-cuadrada (%)			92,9461		
R-cuadrada (ajustada por g.l.) (%)			90,5948		
PRESS			0,00165248		
R-cuadrado (predicho) (%)			83,7283		
Error estándar del est			0,0109268		
Error absoluto medio			0,00690016		
Estadístico Durbin-Watson			0,983511 (P=0,0668)		
Autocorrelación residual de Lag 1			0,378726		

Realizado por: Flores Vaca, Gabriel, 2021.

De igual manera que con la resistencia a la compresión, el indicador R-Cuadrada nos muestra que el modelo, tiene una variabilidad de 92,9461% en el peso. El estadístico R-cuadrada ajustada, que resulta más útil para comparar modelos con varios números de variables independientes, es 90,5948%. La desviación estándar de los residuos, que se muestra mediante es errores estándar es de 0,0109268. El valor promedio de los residuos es el error medio absoluto (MAE) que tiene un valor de 0,00690016. El estadístico de Durbin-Watson (DW) determina si existe alguna correlación representativa basándose en el orden en el que son ingresados los datos. Debido a que el valor-P es mayor que 5,0%, se traduce a que no hay indicaciones de autocorrelación serial en los residuos con un nivel de significancia del 5,0%.

Tabla 22-3. Optimización de la respuesta del Peso

Componente	Bajo	Alto	Óptimo	Valor Óptimo del Peso
Cemento (%)	17,85	21,43	17,85	2,28479 kg
Aserrín Fino (%)	31,43	49,28	49,28	
Aserrín Grueso (%)	31,43	49,28	32,87	

Realizado por: Flores Vaca, Gabriel, 2021.

Esta tabla se muestra la combinación de los componentes de la mezcla el mismo que presente un menor valor de peso sobre la región establecida; se consigue la meta de minimizar el peso utilizando una mezcla de 17,85% de cemento, 49,28% de aserrín fino y 32,87% de aserrín grueso, de igual manera se establece un valor óptimo de peso que es de 2,28479 kg

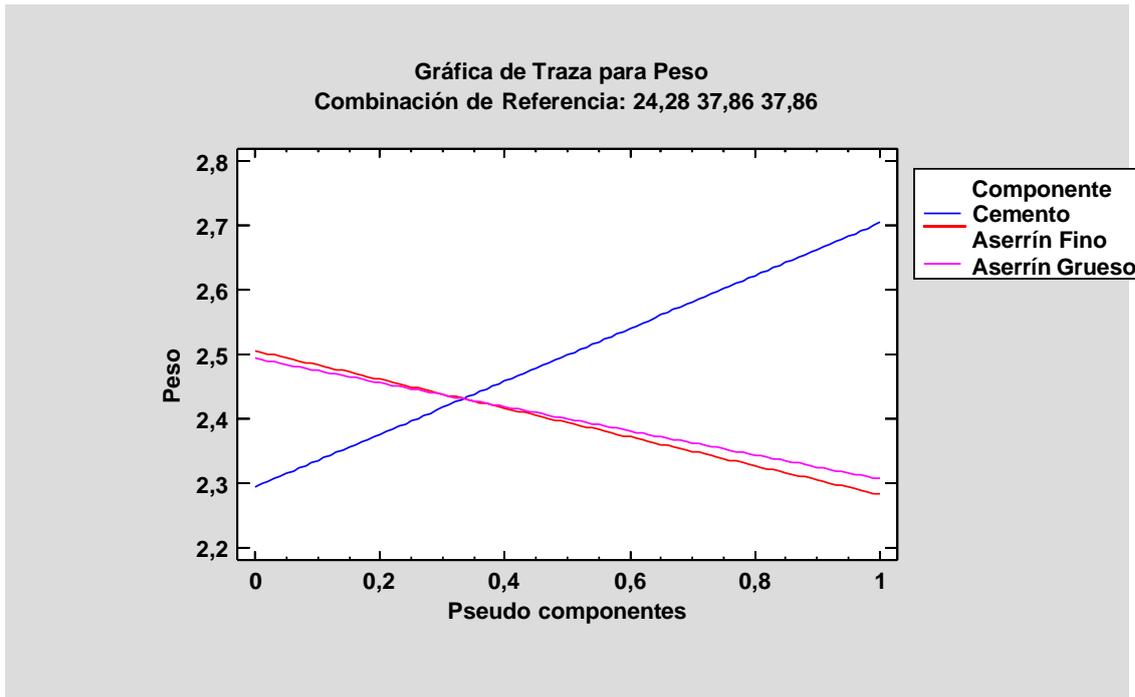


Gráfico 4-3. Gráfico de Trazas del Peso.

Realizado por: Flores Vaca, Gabriel, 2021.

En este gráfico se muestra la influencia de las variables cemento, aserrín fino se muestra la influencia de las variables cemento, aserrín fino aserrín grueso sobre el peso del hormigón, mientras aumenta la composición de cemento, aumenta en peso del hormigón, y al aumentar la cantidad de aserrín fino y aserrín grueso, el hormigón es más liviano, siendo un poco más ligero el aserrín fino que el aserrín grueso.

Tabla 22-3. Resumen de las respuestas a optimizar

Respuesta	Deseabilidad Baja	Deseabilidad Alta	Meta
Resistencia a la Compresión (kg/cm ²)	43,75	49,95	Maximizar
Peso (kg)	2,27	2,38	Minimizar

Realizado por: Flores Vaca, Gabriel, 2021.

En esta tabla se presenta un resumen de las respuestas más altas y bajas obtenidas experimentalmente y cuál es el objetivo a alcanzar con cada una de éstas.

Tabla 23-3. Resultados de deseabilidad de los experimentos

Mezcla	Resistencia a la Compresión (kg/cm ²)	Peso (kg)	Deseabilidad Prevista	Deseabilidad Observada
A	43,75	2,27	0,261742	0,0
B	45,28	2,29	0,404546	0,44934
C	45,58	2,31	0,484062	0,433393
D	47,21	2,34	0,416973	0,45048
E	46,78	2,34	0,443368	0,42156
F	46,83	2,34	0,44998	0,425024
G	46,6	2,36	0,316278	0,289098
H	47,31	2,36	0,255944	0,323108
I	49,95	2,38	0,0	0,0

Realizado por: Flores Vaca, Gabriel, 2021.

En esta tabla se muestran los resultados de deseabilidad que se obtuvieron en las mezclas realizadas experimentalmente, Este procedimiento ayuda a determinar la combinación de los componentes que simultáneamente optimizan las variables de respuesta, es decir, cual es la combinación que simultáneamente presenta una mayor resistencia a la compresión y un menor peso, en este caso la mezcla C es aquella que presenta una mayor deseabilidad (0,484062), por lo tanto ésta es la mezcla que presenta simultáneamente una mayor resistencia a la compresión y un menor peso.

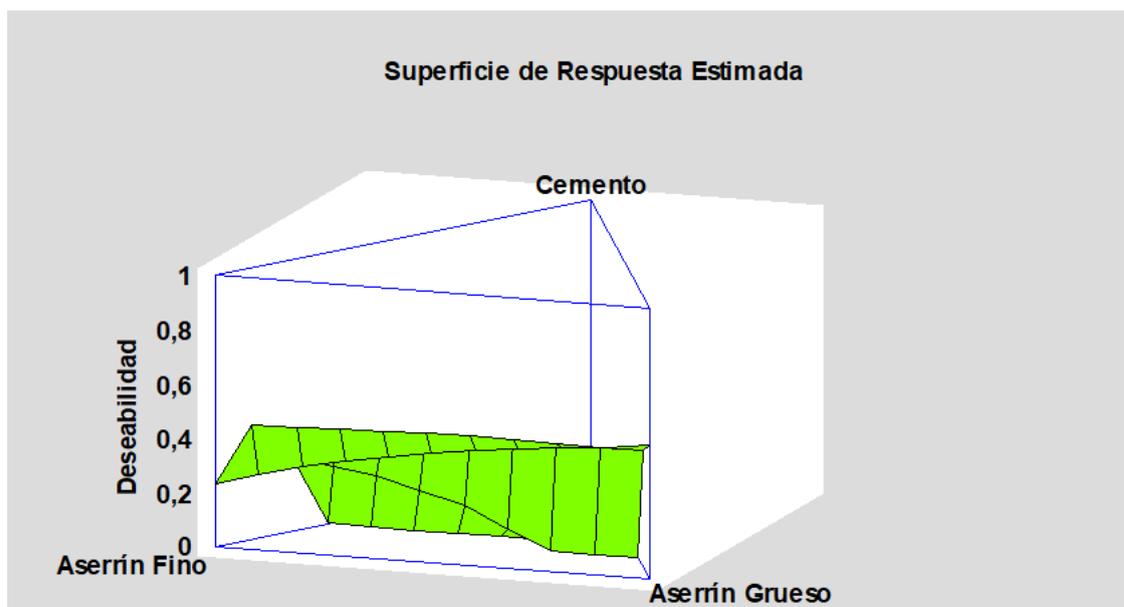


Gráfico 5-3. Gráfico de Superficie de Respuesta

Realizado por: Flores Vaca, Gabriel, 2021.

Esta gráfica muestra la estimación de Deseabilidad en función de Cemento, Aserrín Fino y aserrín Grueso. La altura de la superficie representa los valores de Deseabilidad.

Tabla 24-3. Optimización de las respuestas Resistencia a la Compresión y Peso

Factor	Bajo	Alto	Óptimo	Valor Óptimo Resistencia a la Compresión (kg/cm ²)	Valor Óptimo Peso (kg)
Cemento (%)	17,85	21,43	18,3848	46,3653	2,31703
Aserrín Fino (%)	31,43	49,28	32,3352		
Aserrín Grueso (%)	31,43	49,28	49,28		

Realizado por: Flores Vaca, Gabriel, 2021.

En esta tabla se muestra cuál sería la mezcla óptima de componentes para maximizar la resistencia a la compresión y minimizar el peso del hormigón, dando como resultado una mezcla de 18,38% de cemento 32,33% de aserrín fino y 49,28% de aserrín grueso, así mismo nos indica cuál sería el valor de las variables de respuesta al aplicar esta mezcla que son: una resistencia a la compresión de 46,3653 kg/cm² y un peso de 2,31703 kg.

3.2. Pruebas de hipótesis

3.2.1. Hipótesis general

- Los residuos madereros pueden aprovecharse para elaborar hormigón.

Con la realización de la presente investigación se puede concluir que, si es posible elaborar hormigón utilizando como materia prima residuos madereros más específicamente aserrín, mediante una mezcla con cemento y cal hidratada.

3.2.2. Hipótesis específicas

- El tamaño de partícula del aserrín influye en la densidad del hormigón.

El aserrín que tiene un menor tamaño de partícula, presentó una menor densidad que el aserrín con partículas más grandes, motivo por el cual, al momento de la elaboración de hormigón, las

mezclas que presentan una mayor cantidad de aserrín fino presentan una densidad relativamente menor que aquellas que tienen mayor cantidad de aserrín grueso.

- Una correcta mezcla entre aserrín grueso, aserrín fino y cemento disminuye el peso de la muestra.

Mediante un análisis de optimización del peso de las muestras de hormigón elaboradas determinaron que si se puede disminuir el peso de la muestra con una correcta combinación de los componentes de la mezcla.

- Se consigue una mejor resistencia a la compresión al dejar curar por más días a las muestras

Al realizar las pruebas de resistencia a la compresión a las diferentes mezclas se evidenció que el tiempo de curado de las mezclas si influye en la resistencia que presentan las mismas.

- El hormigón obtenido puede reemplazar al hormigón tradicional.

El hormigón que se obtuvo al utilizar residuos madereros no puede reemplazar al hormigón tradicional utilizado como estructura para la construcción, sin embargo, puede servir como hormigón de relleno debido a las características presentadas por éste.

3.3. Discusión

El aserrín presenta un tamaño de partícula de hasta 10 mm y un contenido de humedad del 25 al 40%, y la viruta de madera tiene un tamaño de partícula de hasta 12 mm y un contenido de humedad de 10.20% (Serret, Giralt y Quintero, 2016, p. 470), el aserrín fino presenta un tamaño de partícula menor a 2mm y un contenido de humedad del 26,96%, y el aserrín grueso un tamaño de partícula entre 2 y 5mm y una humedad del 13,53%, en este caso el contenido de humedad presente en el aserrín fino si cumple con los parámetros establecidos, por otro lado el aserrín grueso al tener un tamaño de partícula mayor puede ser considerado como virutas por lo cual su contenido de humedad si corresponde a los valores determinados en el estudio bibliográfico.

El aserrín posee una densidad entre 0,1 a 0,45 g/cm³, (Pineda et al., 2012, p. 97), y la densidad del aserrín fino obtenida experimentalmente fue de 0,288 g/cm³, mientras que la densidad del aserrín grueso fue de 0,291 g/cm³, valores que se encuentran dentro del rango establecido en bibliografía.

Al realizar mezclas de hormigón con cantidades de cemento de 300, 400 y 500 kg/m³ a distintos porcentajes de aserrín fino y grueso se obtuvieron valores de resistencia a la compresión entre 1,47 a 30,68 kg/cm² y densidad entre 0,63 a 0,97 g/cm³ (Garcés, 2004, pp. 52-54), de igual manera en otro estudio al reemplazar el 30% del contenido de arena del hormigón por aserrín se obtuvo una resistencia a la compresión de 72 kg/cm³ y una densidad de 1,91 g/cm³ (Sánchez, 2017, p. 64), mientras que en el presente estudio se realizaron mezclas con contenido de cemento de 500, 550, y 600 kg/m³ con distintos porcentajes de relación entre aserrín fino y grueso, obteniendo valores de resistencia a la compresión entre 37,83 a 61,08 kg/cm², así como densidades entre 1,38 y 1,52 g/cm³, con respecto al primer estudio la resistencia a la compresión y la densidad aumentan debido al contenido de cemento presente en las mezclas ya que éste material es más pesado que el aserrín aumentando la densidad del hormigón y al tener un mayor porcentaje del volumen de la mezcla hace que ésta tenga una mejor resistencia a ser comprimido, mientras que los resultados obtenidos son inferiores al segundo estudio debido a que en éste, el aserrín sustituye solo un porcentaje del contenido de arena en el hormigón, mientras que en el presente estudio el aserrín reemplaza de manera completa a la arena provocando que el hormigón sea más liviano y tenga una resistencia menor.

CONCLUSIONES

- Se elaboró hormigón aprovechando los residuos (aserrín de Eucalipto), provenientes de la Industria Maderera “Buenaño”, mediante una combinación de aserrín fino, aserrín grueso, cemento y cal hidratada.
- El aserrín utilizado se dividió en aserrín fino aquel aserrín que presentó un diámetro de partícula menor a 2mm, y aserrín grueso a aquel que presentó un diámetro de partícula mayor a 2mm y menor a 5mm, el análisis granulométrico del aserrín fino presentó porcentajes de 40,67%, 31,40%, 17,78%, 0,65%, 7,68% y 1,64% de partículas de 1,18mm, 0,6mm, 0,3mm, 0,15mm, y 0,08mm de diámetro respectivamente, un contenido de humedad del 29,96% y una densidad de 0,288 g/cm³, mientras que el análisis del aserrín grueso presentó porcentajes de 9,95%, 31,45%, 49,78% y 8,82% de partículas de 4,75mm, 4mm, 2,36mm y 2mm de diámetro respectivamente, un contenido de humedad del 13,53% y una densidad de 0,291 g/cm³.
- Se elaboró un diseño de mezclas siguiendo un modelo simplex con restricciones, el mismo que consta de $q=3$ variables de entrada que son: contenido de cemento, aserrín fino y aserrín grueso, y dos variables de respuesta que son: resistencia a la compresión y peso del hormigón, en donde se establecieron 9 mezclas que fueron elaboradas experimentalmente y se realizaron pruebas de resistencia a la compresión en las mismas (Tablas 4-4 – 12-4).
- Se determinó la combinación óptima de materiales con la ayuda del software Statgraphics, en donde se registraron los resultados de las pruebas realizadas, y mediante un análisis estadístico de deseabilidad entre ambas variables de respuesta, la combinación que presentó una maximización de resistencia a la compresión y, simultáneamente minimización del peso del hormigón, fue la mezcla C misma que posee una composición de 500 kg/m³ de cemento (17,85% en volumen), y una relación de aserrín fino-grueso de 40/60 (32,86% y 49,28% en volumen).
- El hormigón elaborado con aserrín con la combinación óptima de materiales presentó una resistencia a la compresión de 45.58 kg/cm² y un peso de 2,31 kg, por otro lado, el hormigón tradicional de tipo simple presentó una resistencia a la compresión de 167,43 kg/cm² y un peso de 3,75 kg, en donde se puede evidenciar que el hormigón tradicional presenta una mejor resistencia a la compresión, mientras que el hormigón elaborado con aserrín presenta un menor peso.

RECOMENDACIONES

- Se recomienda mantener el aserrín en un lugar fresco y seco libre de humedad, puesto que al ser un residuo proveniente de la madera éste es propenso a absorber la humedad del ambiente y se necesitará un proceso de secado del mismo antes de su utilización.
- Se recomienda tener cuidado con la cantidad de agua al momento de elaborar el hormigón, debido a que en el caso de existir un exceso o una falta de ésta provoca que el hormigón no se compacte y no endurezca.
- Se recomienda asegurarse de que no existan agujeros o vacíos al momento de elaborar los cilindros de hormigón puesto que al presentar vacíos generan inestabilidad en la muestra y ésta puede presentar grietas o fracturas.

BIBLIOGRAFÍA

CALVA, M.A.G., HARO, S.C.R., CÓRDOVA, G.B.M. y GUAMÁN, D.J.Q., Estimación De Los Residuos Forestales En Los Aserraderos De Tres Cantones, Zona 3 Interandina, Ecuador. *European Scientific Journal, ESJ*, 2018. vol. 14, no. 30, pp. 228. ISSN 18577881. DOI 10.19044/esj.2018.v14n30p228.

CHÁVEZ PORRAS, Á. y RODRÍGUEZ GONZÁLEZ, A., Aprovechamiento de residuos agrícolas y forestales. *Revista Academia & Virtualidad* [en línea], 2016. vol. 9, no. 2, pp. 90-107. DOI <https://doi.org/10.18359/ravi.2004>. Disponible en: <http://bbibliograficas.ucc.edu.co:2063/lib/ucooperativasp/detail.action?docID=11045964&p00=elias+castells>.

CORONEL, J. y RODRÍGUEZ, P., *Análisis del comportamiento de mezclas cementicias con la inclusión de fibras de madera*. Universidad de Especialidades Espíritu Santo. S.l.: 2016.

GARCÉS RIFFO, L.E., *Hormigón de Aserrín*. Universidad Austral de Chile. S.l.: 2004.

GAYOSSO-RODRÍGUEZ, S., BORGES-GÓMEZ, L., VILLANUEVA-COUOH, E., ESTRADA-BOTELLO, M. y GARRUÑA, R., Caracterización Física Y Química De Materiales Orgánicos Para Sustratos Agrícolas. *Agrociencia* [en línea], 2018. vol. 52, pp. 639-652. Disponible en: <http://www.scielo.org.mx/pdf/agro/v52n4/2521-9766-agro-52-04-639.pdf>.

GUTIERREZ PULIDO, H. y DE LA VARA SALAZAR, R., *Análisis y Diseño de Experimentos. 2*. S.l.: Mc Graw Hill. 2015. ISBN 9789701065266.

HERGUEDAS, A., TARANCO, C., RODRÍGUEZ, E. y PANIAGUA, P., *Biomasa, Biocombustibles Y Sostenibilidad* [en línea]. S.l.: Graficolor-Palencia S.L. 2012. ISBN 978-84-931891-5-0. Disponible en: <http://sostenible.palencia.uva.es/content/biomasa-biocombustibles-y-sostenibilidad>.

HERMOSILLA HERNÁNDEZ, G.A., *ENSAYOS EN ALBAÑILERÍA DE BLOQUE Y TABLEROS PREFABRICADOS DE HORMIGÓN DE ASERRÍN*. Universidad Austral de Chile. S.l.: 2006.

HOLCIM, Evolución de las normas para la Fabricación de Cemento. [en línea]. S.l.: 2016.
Disponible en: <http://www.camicon.ec/wp-content/uploads/2015/11/EVOLUCIÓN-DE-LAS-NORMAS-Y-CONTROL-DE-CALIDAD.pdf>.

KUMAR MEHTA, P. y MONTEIRO, P., *Concrete: Microstructure, Properties, and Materials*. 4th. S.l.: McGraw Hill Professional. 2013. ISBN 9780071797870.

MARTINES, E. y LIRA, L., Análisis y aplicación de las expresiones del contenido de humedad en sólidos. *Centro de Metrología* [en línea], 2010. pp. 1-6. Disponible en: <https://www.cenam.mx/sm2010/info/pviernes/sm2010-vp01b.pdf>.

MEJÍA, J.I.R., *Reaccion asistida por microondas para la obtencion de hidrocarburos a partir de aserrín de madera* [en línea]. Universidad Central del Ecuador. S.l.: 2013. Disponible en: <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/1868/1/T-UCE-0008-02.pdf>.

MUÑOZ, H., REYES, I. y SALAZAR, E., *Física I*. S.l.: Limusa. 2003.

PINEDA-PINEDA, J., DEL CASTILLO, F.S., RAMÍREZ-ARIAS, A., CASTILLO-GONZÁLEZ, A.M., VALDÉS-AGUILAR, L.A. y DEL CARMEN MORENO-PÉREZ, E., Aserrín de pino como sustrato hidropónico. I: Variación en características físicas durante cinco ciclos de cultivo. *Revista Chapingo, Serie Horticultura* [en línea], 2012. vol. 18, no. 1, pp. 95-111. ISSN 1027152X. Disponible en: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1027152X2012000100007&lng=es&nrm=iso.

REZOLA IZAGUIRRE, J., *Características y correcta aplicación de los diversos tipos de cemento*. S.l.: s.n. 1976. ISBN 9788471460851.

SÁNCHEZ GARCÍA, C.N., *Comportamiento del aserrín sobre la resistencia a la compresión, absorción, densidad y asentamiento del concreto para bloques en la construcción*. Universidad Privada del Norte. S.l.: 2017.

SERRET-GUASCH, N., GIRALT-ORTEGA, G. y QUINTERO-RÍOS, M., Caracterización de aserrín de diferentes maderas. *Tecnología Química*, 2016. vol. XXXVI, no. 3, pp. 468-479. ISSN 0041-8420.

Tipos de hormigón y sus propiedades. [en línea], S.l.: 2007. Disponible en:

http://ocw.bib.upct.es/pluginfile.php/6203/mod_resource/content/1/Hormigon_02._Tipos_y_propiedades.pdf.

VALDEZ GUZMÁN, L. y SUAREZ ALCIVAR, G., *Hormigones Livianos*. ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL. S.l.: 2010.

VELÁZQUEZ VERTTI, C. y CUAN ALARCÓN, M., Tesauro: cal. En: L. FLORES RIVERA (ed.) [en línea]. 1st. S.l.: 2019. Disponible en: <https://oxical.mx/Tesauro.pdf>.

ANEXOS

ANEXO A: ESPECIFICACIONES DE LOS EQUIPOS UTILIZADOS EN LA INVESTIGACIÓN

Balanza digital



Marca: Mettler Toledo
Modelo: PB1502-S
Capacidad Máxima: 1510g
Resolución: 0,01g
Repetibilidad: 0,01g
Linealidad: 0,02g
Dimensiones: 245 x 321 x 89 (mm)
Diámetro del plato: 180mm

Balanza de humedad (termobalanza)



Modelo: PMC 50
Marca: Radwag
Capacidad máxima: 50 g
Legibilidad [d]: 0,1 mg
Rango de temperatura de secado: máximo 160°C
Rango de tara: -50 g

Agitador de Tamices



Marca: Humboldt
Operación: Manual
Cantidad de coladores de tamaño medio: 18
Cantidad de coladores de tamaño completo: 38
Montaje Requerido: SI

Horno de convección forzada



Capacidad: 198 Litros.

Potencia: 1.920 W.

Dimensiones de cámara: 25.5" x 24" x 20" (648 x 610 x 508 mm).

Control de temperatura: digital regulable hasta 450°F (232°C)

Parrillas: 2

Operabilidad: 110V/60Hz.

Realizado por: Gabriel Flores Vaca, 2021.

**ANEXO B: MUESTRAS DE HORMIGÓN LUEGO DE LAS PRUEBAS DE RESISTENCIA
A LA COMPRESIÓN**

Figura a



Realizado por: Gabriel Flores Vaca, 2021.

Figura b



Realizado por: Gabriel Flores Vaca, 2021.

Figura c



Realizado por: Gabriel Flores Vaca, 2021.

Figura d



Realizado por: Gabriel Flores Vaca, 2021.

En las figuras a, b, c y d se pueden observar las fracturas en los cilindros de hormigón producto de las pruebas de resistencia a la compresión.

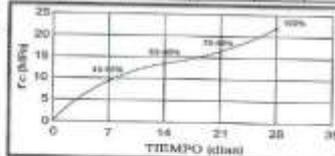
ANEXO C: REPORTE DE LAS PRUEBAS DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE LAS DIFERENTES MUESTRAS



LABORATORIO INTEGRAL DE LA CONSTRUCCIÓN Control de Calidad para tus Proyectos

RUC: 0602243255001

INFORME DE ENSAYOS DE COMPRESIÓN DE CILINDROS DE HORMIGÓN															
DATOS GENERALES DEL PROYECTO															
PROYECTO: ELABORACIÓN DE HORMIGÓN UTILIZANDO RESIDUOS DE MADERA										INTERVENIENTE: SR. GABRIEL FLORES VACA					
INSTITUCIÓN: ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO "ESPOCH"										TUTOR: ING. LINDA FLORES					
UBICACIÓN: PANAMERICANA SUR KM 1 1/2 - CANTÓN RIOBAMBA - PROVINCIA DE CHIMBORAZO										FECHA DE ENTREGA DEL INFORME: 18 DE ENERO DE 2021		NÚMERO DE INFORME: 015 - C - 2021 (06/01/2021)			
DATOS DE ENSAYO															
No. Prueba	Descripción	Tipo de Agregado (kg/m³)	Densidad (kg/m³)		Gravidad específica (kg/m³)	Gravidad aparente (kg/m³)	Factor de compactación (kg/cm²)	Gravidad específica (kg/m³)	Esfuerzo de compresión (kg/cm²)	Esfuerzo de compresión (MPa)	Tipo de Prueba	Fecha de Ensayo	Fecha de Entrega	Resultado (MPa)	
1	MUESTRA A: 200 kg/m³ (200 kg/m³) (200 kg/m³)	X	200,0	200,7	8011,85	1,00	1,00	2778,00	3,71	37,48	TIPO 5	11/01/2021	18/01/2021	7	45 - 65%
2	MUESTRA B: 200 kg/m³ (200 kg/m³) (200 kg/m³)	X	200,0	200,0	8011,85	1,00	1,00	3180,00	3,92	38,97	TIPO 5	11/01/2021	18/01/2021	7	47 - 65%
3	MUESTRA C: 200 kg/m³ (200 kg/m³) (200 kg/m³)	X	200,0	200,7	8011,85	2,00	1,00	3130,00	3,91	38,87	TIPO 5	11/01/2021	18/01/2021	7	45 - 65%
4	MUESTRA D: 200 kg/m³ (200 kg/m³) (200 kg/m³)	X	200,0	200,7	8011,85	1,00	1,00	3080,00	3,81	38,15	TIPO 5	11/01/2021	18/01/2021	7	45 - 65%
FORMA DE COMPRESIÓN (EN MPa)		100	1,76	1,00	1,41	1									
		200	0,98	0,98	0,92	0,97									
<p>1 Mpa (1 N/mm²) = 10.197 kg/cm²</p> <p>Nota: Los esfuerzos MPa fueron obtenidos por el personal Técnico del LIC, si han sido obtenidos por las instituciones.</p> <p>ESTE DOCUMENTO NO PUEDE SER REPRODUCIDO NI TOTAL NI PARCIALMENTE SIN EL CONSENTIMIENTO NI AUTORIZACIÓN ESCRITA DE ESTE LABORATORIO (LIC - IM).</p>															



TECNICO RESPONSABLE:

ING. GABRIEL FLORES VACA
LABORATORIO LIC

Dir.: Venezuela 1 y La Paz - Barrio Bellavista / Tel.: 03 2966388 - 0988663862 / e-mail: lic_laboratorio@yahoo.com / RIOBAMBA - ECUADOR

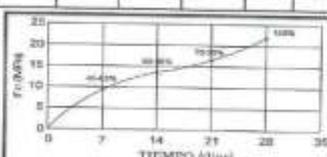
Fuente: Laboratorio Integral de la Construcción, 2021.



LABORATORIO INTEGRAL DE LA CONSTRUCCIÓN Control de Calidad para tus Proyectos

RUC: 0602243255001

INFORME DE ENSAYOS DE COMPRESIÓN DE CILINDROS DE HORMIGÓN															
DATOS GENERALES DEL PROYECTO															
PROYECTO: ELABORACIÓN DE HORMIGÓN UTILIZANDO RESIDUOS DE MADERA										INTERVENIENTE: SR. GABRIEL FLORES VACA					
INSTITUCIÓN: ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO "ESPOCH"										TUTOR: ING. LINDA FLORES					
UBICACIÓN: PANAMERICANA SUR KM 1 1/2 - CANTÓN RIOBAMBA - PROVINCIA DE CHIMBORAZO										FECHA DE ENTREGA DEL INFORME: 25 DE ENERO DE 2021		NÚMERO DE INFORME: 015 - C - 2021 (06/01/2021)			
DATOS DE ENSAYO															
No. Prueba	Descripción	Tipo de Agregado (kg/m³)	Densidad (kg/m³)		Gravidad específica (kg/m³)	Gravidad aparente (kg/m³)	Factor de compactación (kg/cm²)	Gravidad específica (kg/m³)	Esfuerzo de compresión (kg/cm²)	Esfuerzo de compresión (MPa)	Tipo de Prueba	Fecha de Ensayo	Fecha de Entrega	Resultado (MPa)	
1	MUESTRA A: 200 kg/m³ (200 kg/m³) (200 kg/m³)	X	200,0	201,0	7992,72	2,00	1,00	3170,00	4,00	40,79	TIPO 5	11/01/2021	25/01/2021	14	60 - 80%
2	MUESTRA B: 200 kg/m³ (200 kg/m³) (200 kg/m³)	X	200,0	200,3	7992,72	1,00	1,00	3450,00	4,30	43,05	TIPO 5	11/01/2021	25/01/2021	14	60 - 80%
3	MUESTRA C: 200 kg/m³ (200 kg/m³) (200 kg/m³)	X	200,0	201,7	7992,72	2,01	1,00	3490,00	4,35	43,36	TIPO 5	11/01/2021	25/01/2021	14	60 - 80%
4	MUESTRA D: 200 kg/m³ (200 kg/m³) (200 kg/m³)	X	200,0	201,0	7853,98	2,01	1,00	3400,00	4,41	44,37	TIPO 5	11/01/2021	25/01/2021	14	60 - 80%
FORMA DE COMPRESIÓN (EN MPa)		100	1,76	1,00	1,41	1									
		200	0,98	0,98	0,92	0,97									
<p>1 Mpa (1 N/mm²) = 10.197 kg/cm²</p> <p>Nota: Los esfuerzos MPa fueron obtenidos por el personal Técnico del LIC, si han sido obtenidos por las instituciones.</p> <p>ESTE DOCUMENTO NO PUEDE SER REPRODUCIDO NI TOTAL NI PARCIALMENTE SIN EL CONSENTIMIENTO NI AUTORIZACIÓN ESCRITA DE ESTE LABORATORIO (LIC - IM).</p>															



TECNICO RESPONSABLE:

ING. GABRIEL FLORES VACA
LABORATORIO LIC

Dir.: Venezuela 1 y La Paz - Barrio Bellavista / Tel.: 03 2966388 - 0988663862 / e-mail: lic_laboratorio@yahoo.com / RIOBAMBA - ECUADOR

Fuente: Laboratorio Integral de la Construcción, 2021.



LABORATORIO INTEGRAL DE LA CONSTRUCCIÓN

Control de Calidad para tus Proyectos

RUC: 0602243255001

INFORME DE ENSAYOS DE COMPRESIÓN DE CILINDROS DE HORMIGÓN														
DATOS GENERALES DEL PROYECTO														
PROYECTO: ELABORACIÓN DE HORMIGÓN UTILIZANDO RESIDUOS DE MADERA							ENCARGADO: SR. GABRIEL FLORES VACA							
UBICACIÓN: ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO "ESPOCH"							TÍTULO: ING. LINDA FLORES							
UBICACIÓN: PANAMERICANA SUR KM 1.1/2 - CANTÓN RIOBAMBA - PROVINCIA DE CHIMBORAZO							FECHA DE ENTREGA DEL INFORME: 01 DE FEBRERO DE 2021				NÚMERO DE INFORME: 013 - C - 2021 T014.3 DE 1			
DATOS DEL ENSAYO														
No. Serie	Descripción	Tipo de Agregado (kg/m ³)	Gravidad (kg/m ³)	Gravidad (kg/m ³)	Gravidad (kg/m ³)	Gravidad (kg/m ³)	Gravidad (kg/m ³)	Gravidad (kg/m ³)	Gravidad (kg/m ³)	Gravidad (kg/m ³)				
1	MUESTRA A: 100 kg/m ³ cemento, arena (60% Fines y 40% gruesa)	110,0	201,3	703,50	7,01	1,00	3700,00	4,71	48,03	TIPO 5	11/01/2021	01/01/2021	21	70 - 95%
2	MUESTRA B: 300 kg/m ³ cemento, arena (60% Fines y 40% gruesa)	300,5	301,7	7032,73	3,01	3,00	3700,00	4,70	48,34	TIPO 5	11/01/2021	01/01/2021	21	70 - 95%
3	MUESTRA C: 300 kg/m ³ cemento, arena (40% Fines y 60% gruesa)	300,5	300,0	7032,73	3,00	3,00	3700,00	4,74	48,33	TIPO 5	11/01/2021	01/02/2021	21	70 - 95%
4	MUESTRA D: 300 kg/m ³ cemento, arena (40% Fines y 60% gruesa)	301,0	302,7	7031,85	3,00	3,00	4100,00	5,13	52,31	TIPO 5	11/01/2021	01/02/2021	21	70 - 95%
Módulo de elasticidad (kg/cm ²)		175	175	175	175	175	175	175	175	175	175	175	175	175
1 Mpa (N/mm ²) = 10.197 kg/cm ²														
Nota: Los resultados NO son válidos para el personal Técnico de LC, deben ser revisados en los laboratorios.														
ESTE DOCUMENTO NO PUEDE SER REPRODUCIDO NI TITULAR NI PARCIALMENTE EN SU CONTENIDO NI FORMATO SIN LA APROBACIÓN ESCRITA DEL ESTABLECIMIENTO LIC. - IBC.														

Dir.: Venezuela 1 y La Paz - Barrio Bellavista / Telf.: 03 2966388 - 0988863062 / e-mail: lic_laboratorio@yahoo.com / RIOBAMBA - ECUADOR

Fuente: Laboratorio Integral de la Construcción, 2021.



LABORATORIO INTEGRAL DE LA CONSTRUCCIÓN

Control de Calidad para tus Proyectos

RUC: 0602243255001

INFORME DE ENSAYOS DE COMPRESIÓN DE CILINDROS DE HORMIGÓN														
DATOS GENERALES DEL PROYECTO														
PROYECTO: ELABORACIÓN DE HORMIGÓN UTILIZANDO RESIDUOS DE MADERA							ENCARGADO: SR. GABRIEL FLORES VACA							
UBICACIÓN: ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO "ESPOCH"							TÍTULO: ING. LINDA FLORES							
UBICACIÓN: PANAMERICANA SUR KM 1.1/2 - CANTÓN RIOBAMBA - PROVINCIA DE CHIMBORAZO							FECHA DE ENTREGA DEL INFORME: 08 DE FEBRERO DE 2021				NÚMERO DE INFORME: 013 - C - 2021 T014.3 DE 2			
DATOS DEL ENSAYO														
No. Serie	Descripción	Tipo de Agregado (kg/m ³)	Gravidad (kg/m ³)	Gravidad (kg/m ³)	Gravidad (kg/m ³)	Gravidad (kg/m ³)	Gravidad (kg/m ³)	Gravidad (kg/m ³)	Gravidad (kg/m ³)	Gravidad (kg/m ³)				
1	MUESTRA A: 400 kg/m ³ cemento, arena (50% Fines y 50% gruesa)	300,0	304,0	7853,88	2,93	1,00	3700,00	4,74	48,33	TIPO 5	11/01/2021	08/02/2021	28	100%
2	MUESTRA B: 300 kg/m ³ cemento, arena (50% Fines y 50% gruesa)	301,0	301,0	8011,85	3,00	1,00	3822,00	4,70	48,54	TIPO 5	11/01/2021	08/02/2021	28	100%
3	MUESTRA C: 400 kg/m ³ cemento, arena (40% Fines y 60% gruesa)	301,0	300,0	8011,85	3,00	1,00	4000,00	4,88	49,76	TIPO 5	11/01/2021	08/02/2021	28	100%
4	MUESTRA D: 300 kg/m ³ cemento, arena (50% Fines y 50% gruesa)	301,0	300,0	8113,25	3,00	1,00	4140,00	5,17	52,72	TIPO 5	11/01/2021	08/02/2021	28	100%
Módulo de elasticidad (kg/cm ²)		175	175	175	175	175	175	175	175	175	175	175	175	175
1 Mpa (N/mm ²) = 10.197 kg/cm ²														
Nota: Los resultados NO son válidos para el personal Técnico de LC, deben ser revisados en los laboratorios.														
ESTE DOCUMENTO NO PUEDE SER REPRODUCIDO NI TITULAR NI PARCIALMENTE EN SU CONTENIDO NI FORMATO SIN LA APROBACIÓN ESCRITA DEL ESTABLECIMIENTO LIC. - IBC.														

Dir.: Venezuela 1 y La Paz - Barrio Bellavista / Telf.: 03 2966388 - 0988863062 / e-mail: lic_laboratorio@yahoo.com / RIOBAMBA - ECUADOR

Fuente: Laboratorio Integral de la Construcción, 2021.



LABORATORIO INTEGRAL DE LA CONSTRUCCIÓN

Control de Calidad para tus Proyectos

RUC: 0602243255001

INFORME DE ENSAYOS DE COMPRESIÓN DE CILINDROS DE HORMIGÓN															
DATOS GENERALES DEL PROYECTO															
PROYECTO: ELABORACIÓN DE HORMIGÓN UTILIZANDO RESIDUOS DE MADERA								RECIPIENTE: SR. GABRIEL FLORES VACA							
INSTITUCIÓN: ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO "ESPOCH"								TÍTULO: ING. LINDA FLORES							
UBICACIÓN: PANAMERICANA SUR KM 1 1/2 - CANTÓN RIOBAMBA - PROVINCIA DE CHIMBORAZO								FECHA DE ENTREGA DEL INFORME: 20 DE ENERO DE 2021				NÚMERO DE INFORME: 015 - C - 2021 (015.1.01.1)			
DATOS DEL ENSAYO															
No. de cilindro	Descripción	Tipo de hormigón (según E-100)	Dimensiones (cm)		Peso (kg)	Densidad (kg/cm³)	Factor de conversión del volumen (K)	Volumen (cm³)	Carga de ruptura (kg)	Resistencia (MPa)	Tipo de ensayo	Fecha de ensayo	Fecha de entrega		
			F (Ø)	L (cm)											
1	MUESTRA 01: 100 kg/m³ cemento aserrín 0.0% Res. a 10% (según E-100)	K	101,0	201,0	8011,85	1,99	1,00	20203,00	2,48	37,52	TIPO 5	12/01/2021	20/01/2021		
2	MUESTRA 02: 100 kg/m³ cemento aserrín 0.0% Res. a 10% (según E-100)	K	100,5	200,7	7932,72	2,00	1,00	19400,00	3,38	36,51	TIPO 2	12/01/2021	20/01/2021		
3	MUESTRA 03: 100 kg/m³ cemento aserrín 0.0% Res. a 10% (según E-100)	K	106,5	213,0	7932,72	2,00	1,00	27400,00	3,45	35,30	TIPO 5	12/01/2021	20/01/2021		
4	MUESTRA 04: 100 kg/m³ cemento aserrín 0.0% Res. a 10% (según E-100)	K	103,0	205,3	8011,85	1,98	1,00	28400,00	3,54	36,19	TIPO 5	12/01/2021	20/01/2021		
5	MUESTRA 05: 100 kg/m³ cemento aserrín 0.0% Res. a 10% (según E-100)	K	101,0	201,3	8011,85	1,99	1,00	18000,00	3,49	33,59	TIPO 2	12/01/2021	20/01/2021		
Promedio de resistencia (MPa)			Ø	Ø	Ø	Ø	Ø	Ø	Ø	Ø	Ø	Ø	Ø		
Promedio (N/mm²) = 38.287 (según E-100)			Ø	Ø	Ø	Ø	Ø	Ø	Ø	Ø	Ø	Ø	Ø		

Nota: Las especificaciones del hormigón se refieren a las especificaciones de la Norma E-100. Si hay alguna variación en las especificaciones.

ESTE DOCUMENTO NO PUEDE SER REPRODUCIDO NI TOTAL NI PARCIALMENTE EN SU CONTENIDO NI FORMATO SIN LA APROBACIÓN ESCRITA DE ESTE LABORATORIO LC-IMC.

Gráfico de resistencia (MPa) vs tiempo (días). El eje Y muestra la resistencia en MPa (0 a 25) y el eje X muestra el tiempo en días (0 a 28). Se muestran tres curvas de resistencia: una superior (37.52 MPa), una intermedia (36.51 MPa) y una inferior (35.30 MPa). Las curvas muestran un aumento de resistencia con el tiempo, estabilizándose después de 14 días.

TIEMPO RESPONSABLE:

ING. CAROLINA BARRERA
LABORATORIO LC

Dir.: Venezuela 1 y La Paz – Barrio Bellavista / Telf.: 03 2966388 – 0988863062 / e-mail: lic_laboratorio@yahoo.com / RIOBAMBA - ECUADOR

Fuente: Laboratorio Integral de la Construcción, 2021.



LABORATORIO INTEGRAL DE LA CONSTRUCCIÓN

Control de Calidad para tus Proyectos

RUC: 0602243255001

INFORME DE ENSAYOS DE COMPRESIÓN DE CILINDROS DE HORMIGÓN															
DATOS GENERALES DEL PROYECTO															
PROYECTO: ELABORACIÓN DE HORMIGÓN UTILIZANDO RESIDUOS DE MADERA								RECIPIENTE: SR. GABRIEL FLORES VACA							
INSTITUCIÓN: ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO "ESPOCH"								TÍTULO: ING. LINDA FLORES							
UBICACIÓN: PANAMERICANA SUR KM 1 1/2 - CANTÓN RIOBAMBA - PROVINCIA DE CHIMBORAZO								FECHA DE ENTREGA DEL INFORME: 20 DE ENERO DE 2021				NÚMERO DE INFORME: 015 - C - 2021 (015.1.01.1)			
DATOS DEL ENSAYO															
No. de cilindro	Descripción	Tipo de hormigón (según E-100)	Dimensiones (cm)		Peso (kg)	Densidad (kg/cm³)	Factor de conversión del volumen (K)	Volumen (cm³)	Carga de ruptura (kg)	Resistencia (MPa)	Tipo de ensayo	Fecha de ensayo	Fecha de entrega		
			F (Ø)	L (cm)											
1	MUESTRA 01: 100 kg/m³ cemento aserrín 0.0% Res. a 10% (según E-100)	K	103,3	204,7	7852,72	2,34	1,00	23100,00	4,17	42,62	TIPO 5	12/01/2021	20/01/2021		
2	MUESTRA 02: 100 kg/m³ cemento aserrín 0.0% Res. a 10% (según E-100)	K	106,5	210,7	7552,72	1,99	1,02	18400,00	4,88	45,35	TIPO 5	12/01/2021	20/01/2021		
3	MUESTRA 03: 100 kg/m³ cemento aserrín 0.0% Res. a 10% (según E-100)	K	100,5	200,7	7932,72	2,00	1,00	32700,00	4,32	42,81	TIPO 5	12/01/2021	20/01/2021		
4	MUESTRA 04: 100 kg/m³ cemento aserrín 0.0% Res. a 10% (según E-100)	K	103,0	201,0	7852,72	2,01	1,00	14900,00	4,44	43,27	TIPO 5	12/01/2021	20/01/2021		
5	MUESTRA 05: 100 kg/m³ cemento aserrín 0.0% Res. a 10% (según E-100)	K	101,0	201,3	8011,85	1,98	1,00	30000,00	4,30	44,76	TIPO 5	12/01/2021	20/01/2021		
Promedio de resistencia (MPa)			Ø	Ø	Ø	Ø	Ø	Ø	Ø	Ø	Ø	Ø	Ø		
Promedio (N/mm²) = 38.287 (según E-100)			Ø	Ø	Ø	Ø	Ø	Ø	Ø	Ø	Ø	Ø	Ø		

Nota: Las especificaciones del hormigón se refieren a las especificaciones de la Norma E-100. Si hay alguna variación en las especificaciones.

ESTE DOCUMENTO NO PUEDE SER REPRODUCIDO NI TOTAL NI PARCIALMENTE EN SU CONTENIDO NI FORMATO SIN LA APROBACIÓN ESCRITA DE ESTE LABORATORIO LC-IMC.

Gráfico de resistencia (MPa) vs tiempo (días). El eje Y muestra la resistencia en MPa (0 a 25) y el eje X muestra el tiempo en días (0 a 28). Se muestran tres curvas de resistencia: una superior (42.62 MPa), una intermedia (45.35 MPa) y una inferior (42.81 MPa). Las curvas muestran un aumento de resistencia con el tiempo, estabilizándose después de 14 días.

TIEMPO RESPONSABLE:

ING. CAROLINA BARRERA
LABORATORIO LC

Dir.: Venezuela 1 y La Paz – Barrio Bellavista / Telf.: 03 2966388 – 0988863062 / e-mail: lic_laboratorio@yahoo.com / RIOBAMBA - ECUADOR

Fuente: Laboratorio Integral de la Construcción, 2021.



LABORATORIO INTEGRAL DE LA CONSTRUCCIÓN

Control de Calidad para tus Proyectos

RUC: 0602243255001

INFORME DE ENSAYOS DE COMPRESIÓN DE CILINDROS DE HORMIGÓN																
DATOS GENERALES DEL PROYECTO																
PROYECTO: ELABORACIÓN DE HORMIGÓN UTILIZANDO RESIDUOS DE MADERA										REALIZANTE: SR. GABRIEL FLORES VACA						
INSTITUCIÓN: ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO "ESPOCH"										TUTOR: ING. LINDA FLORES						
UBICACIÓN: PANAMERICANA SUR KM 1 1/2 - CANTÓN RIOBAMBA - PROVINCIA DE CHIMBORAZO										FECHA DE ENTREGA DEL INFORME: 02 DE FEBRERO DE 2021		MÓDULO DE INSTRUCCIÓN: 015 - 1 - 2021 (IGSA 1 E 1.1)				
DATOS DEL ENSAYO																
No. de cilindro	Descripción	Tipo de agregado (kg/m³)	Dimensiones (mm)		Volumen (m³)	Peso (kg)	Peso de agregado (kg)	Peso de cemento (kg)	Tipo de cemento	Fecha de entrega del agregado	Fecha de ensayo	Fecha de entrega del informe	Fecha de recepción de muestra			
			Ø (mm)	L (mm)												
1	MUESTRA N.º 100 kg/m³ cemento, arena (100% Pas 0.075 mm)	A	100,7	300,7	7855,88	2,01	3,03	39700,00	5,05	SL40	TIPO 5	12/01/2021	02/02/2021	21	70 - 95%	2,36
2	MUESTRA N.º 200 kg/m³ cemento, arena (100% Pas 0.075 mm)	X	100,5	301,3	7932,72	2,00	1,00	39400,00	4,97	SL40	TIPO 5	12/01/2021	02/02/2021	21	70 - 95%	2,34
3	MUESTRA N.º 300 kg/m³ cemento, arena (100% Pas 0.075 mm)	A	100,5	302,3	7822,72	2,01	1,00	42000,00	5,29	SL40	TIPO 5	12/01/2021	02/02/2021	21	70 - 95%	2,40
4	MUESTRA N.º 400 kg/m³ cemento, arena (100% Pas 0.075 mm)	Y	100,5	300,7	7902,72	2,00	3,03	38700,00	4,88	SL40	TIPO 5	13/01/2021	02/02/2021	21	70 - 95%	2,28
5	MUESTRA N.º 500 kg/m³ cemento, arena (100% Pas 0.075 mm)	S	100,9	301,7	7842,72	2,01	1,00	43000,00	5,45	SL40	TIPO 5	13/01/2021	02/02/2021	21	70 - 95%	2,40
Módulo de elasticidad (kg/cm²)			120	140	120	140	1									
Nota: Los reportes de AC son de carácter confidencial y solo para el Cliente de I.C. Si fueran cedidos a un tercero.																
ESTE DOCUMENTO NO PUEDE SER REPRODUCCION NI TOTAL NI PARCIALMENTE EN SU CONTENIDO NI FIRMADO SIN LA APROBACIÓN ESCRITA DE ESTE LABORATORIO I.C. - I.M.																

Gráfico de tensión (kg/cm²) vs tiempo (min) para el ensayo 1. El eje Y va de 0 a 25 kg/cm² y el eje X de 0 a 30 min. Se marcan puntos de carga a los 7, 14, 21 y 28 minutos. La curva muestra un comportamiento elástico lineal hasta los 14 minutos, luego un comportamiento plástico hasta los 28 minutos.

TÉCNICO RESPONSABLE:

ING. GABRIEL FLORES VACA
LABORATORIO I.C.

Dir.: Venezuela 1 y La Paz - Barrio Bellavista / Telf.: 03 2966388 - 0988863082 / e-mail: lic_laboratorio@yahoo.com / RIOBAMBA - ECUADOR

Fuente: Laboratorio Integral de la Construcción, 2021.



LABORATORIO INTEGRAL DE LA CONSTRUCCIÓN

Control de Calidad para tus Proyectos

RUC: 0602243255001

INFORME DE ENSAYOS DE COMPRESIÓN DE CILINDROS DE HORMIGÓN																
DATOS GENERALES DEL PROYECTO																
PROYECTO: ELABORACIÓN DE HORMIGÓN UTILIZANDO RESIDUOS DE MADERA										REALIZANTE: SR. GABRIEL FLORES VACA						
INSTITUCIÓN: ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO "ESPOCH"										TUTOR: ING. LINDA FLORES						
UBICACIÓN: PANAMERICANA SUR KM 1 1/2 - CANTÓN RIOBAMBA - PROVINCIA DE CHIMBORAZO										FECHA DE ENTREGA DEL INFORME: 05 DE FEBRERO DE 2021		MÓDULO DE INSTRUCCIÓN: 015 - 1 - 2021 (IGSA 1 E 1.1)				
DATOS DEL ENSAYO																
No. de cilindro	Descripción	Tipo de agregado (kg/m³)	Dimensiones (mm)		Volumen (m³)	Peso (kg)	Peso de agregado (kg)	Peso de cemento (kg)	Tipo de cemento	Fecha de entrega del agregado	Fecha de ensayo	Fecha de entrega del informe	Fecha de recepción de muestra			
			Ø (mm)	L (mm)												
1	MUESTRA N.º 200 kg/m³ cemento, arena (100% Pas 0.075 mm)	Y	101,8	302,0	8011,85	2,00	1,00	42700,00	5,45	SL57	TIPO 2	02/02/2021	28/02/2021	28	100%	2,36
2	MUESTRA N.º 300 kg/m³ cemento, arena (100% Pas 0.075 mm)	X	101,0	301,3	8031,35	1,99	1,00	39900,00	4,88	SL78	TIPO 2	12/01/2021	05/02/2021	28	100%	2,34
3	MUESTRA N.º 400 kg/m³ cemento, arena (100% Pas 0.075 mm)	Y	100,5	302,3	7832,72	2,00	1,00	43000,00	5,42	SL27	TIPO 5	22/01/2021	08/02/2021	28	100%	2,38
4	MUESTRA N.º 500 kg/m³ cemento, arena (100% Pas 0.075 mm)	X	100,5	300,7	7932,72	2,01	1,00	43200,00	5,78	SL12	TIPO 5	02/02/2021	08/02/2021	28	100%	2,36
5	MUESTRA N.º 600 kg/m³ cemento, arena (100% Pas 0.075 mm)	Y	100,5	301,3	7902,72	2,00	1,00	47500,00	5,85	SL28	TIPO 2	13/01/2021	08/02/2021	28	100%	2,42
Módulo de elasticidad (kg/cm²)			120	120	120	120	1									
Nota: Los reportes de AC son de carácter confidencial y solo para el Cliente de I.C. Si fueran cedidos a un tercero.																
ESTE DOCUMENTO NO PUEDE SER REPRODUCCION NI TOTAL NI PARCIALMENTE EN SU CONTENIDO NI FIRMADO SIN LA APROBACIÓN ESCRITA DE ESTE LABORATORIO I.C. - I.M.																

Gráfico de tensión (kg/cm²) vs tiempo (min) para el ensayo 1. El eje Y va de 0 a 25 kg/cm² y el eje X de 0 a 30 min. Se marcan puntos de carga a los 7, 14, 21 y 28 minutos. La curva muestra un comportamiento elástico lineal hasta los 14 minutos, luego un comportamiento plástico hasta los 28 minutos.

TÉCNICO RESPONSABLE:

ING. GABRIEL FLORES VACA
LABORATORIO I.C.

Dir.: Venezuela 1 y La Paz - Barrio Bellavista / Telf.: 03 2966388 - 0988863082 / e-mail: lic_laboratorio@yahoo.com / RIOBAMBA - ECUADOR

Fuente: Laboratorio Integral de la Construcción, 2021.



LABORATORIO INTEGRAL DE LA CONSTRUCCIÓN

Control de Calidad para tus Proyectos

RUC: 0602243255001

INFORME DE ENSAYOS DE COMPRESIÓN DE CILINDROS DE HORMIGÓN																
DATOS GENERALES DEL PROYECTO																
PROYECTO: ELABORACIÓN DE HORMIGÓN UTILIZANDO RESIDUOS DE MADERA										CLIENTE: SR. GABRIEL FLORES VACA						
INSTITUCIÓN: ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO "ESPOCH"										TUTOR: ING. LINDA FLORES						
UBICACIÓN: PANAMERICANA SUR KM 1 1/2 - CANTÓN RIOBAMBA - PROVINCIA DE CHIMBORAZO										FECHA DE ENTREGA DEL INFORME: 26 DE ENERO DE 2021		NÚMERO DE INFORME: 015 - C - 2021 - MOJAS DE 1				
DATOS DEL ENSAYO																
No. de muestra	Descripción	Tipos de agregados (kg/m ³)	Densidad (kg/m ³)		Gravidad (kg/m ³)	Relación	Factor de compactación del hormigón (FC)	Relación Agua/Cementa (A/C)	Relación de agregados (A/A)	Relación de agregados (A/A)	Tipos de Hormigón	FECHA DE ENTREGA	FECHA DE ENSAYO	Edad del Hormigón (días)	PROBECIA (MPa)	PROBECIA (MPa)
1	MUESTRA DE HORMIGÓN SIMPLE Fc= 23.0 kg/cm ²	210	606.5	207.5	792.72	3.59	1.00	0.4300.00	22.83	108.39	TIPO 2	19/01/2021	16/01/2021	7	45 - 039	3.76
Módulo de elasticidad del concreto		1.75	1.75	1.75	1.75	1										
1 Mpa (N/mm ²) = 10.197 kg/cm ²																
Nota: Los resultados NO han sido validados por el personal Técnico de IIC, se han obtenido en las instalaciones.																
ESTE DOCUMENTO NO PUEDE SER REPRODUCIDO NI TOTAL NI PARCIALMENTE SIN SU CONSENTIMIENTO POR escrito SIN LA APROBACIÓN Y FIRMA DE ESTE LABORATORIO IIC - MB.																

Gráfico de curvas de resistencia (Fc) en MPa versus tiempo (días). El eje Y va de 0 a 25 MPa y el eje X de 0 a 30 días. Se muestran curvas para 7, 14, 21 y 28 días. A los 7 días, la resistencia es de 45.03% (10.87 MPa). A los 28 días, la resistencia es de 100% (23.0 MPa).

TÉCNICO RESPONSABLE:

ING. LINDA FLORES VACA
LABORATORIO IIC

Dir.: Venezuela 1 y La Paz - Barrio Bellavista / Telf.: 03 2966388 - 098883062 / e-mail: iic_laboratorio@yahoo.com / RIOBAMBA - ECUADOR

Fuente: Laboratorio Integral de la Construcción, 2021.



LABORATORIO INTEGRAL DE LA CONSTRUCCIÓN

Control de Calidad para tus Proyectos

RUC: 0602243255001

INFORME DE ENSAYOS DE COMPRESIÓN DE CILINDROS DE HORMIGÓN																
DATOS GENERALES DEL PROYECTO																
PROYECTO: ELABORACIÓN DE HORMIGÓN UTILIZANDO RESIDUOS DE MADERA										CLIENTE: SR. GABRIEL FLORES VACA						
INSTITUCIÓN: ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO "ESPOCH"										TUTOR: ING. LINDA FLORES						
UBICACIÓN: PANAMERICANA SUR KM 1 1/2 - CANTÓN RIOBAMBA - PROVINCIA DE CHIMBORAZO										FECHA DE ENTREGA DEL INFORME: 17 DE FEBRERO DE 2021		NÚMERO DE INFORME: 015 - C - 2021 - MOJAS DE 1				
DATOS DEL ENSAYO																
No. de muestra	Descripción	Tipos de agregados (kg/m ³)	Densidad (kg/m ³)		Gravidad (kg/m ³)	Relación	Factor de compactación del hormigón (FC)	Relación Agua/Cementa (A/C)	Relación de agregados (A/A)	Relación de agregados (A/A)	Tipos de Hormigón	FECHA DE ENTREGA	FECHA DE ENSAYO	Edad del Hormigón (días)	PROBECIA (MPa)	PROBECIA (MPa)
1	MUESTRA DE HORMIGÓN SIMPLE Fc= 23.0 kg/cm ²	210	606.5	207.5	801.85	3.00	1.00	0.4300.00	21.88	234.90	TIPO 2	19/01/2021	17/02/2021	28	100%	3.76
Módulo de elasticidad del concreto		1.75	1.75	1.75	1.75	1										
1 Mpa (N/mm ²) = 10.197 kg/cm ²																
Nota: Los resultados NO han sido validados por el personal Técnico de IIC, se han obtenido en las instalaciones.																
ESTE DOCUMENTO NO PUEDE SER REPRODUCIDO NI TOTAL NI PARCIALMENTE SIN SU CONSENTIMIENTO POR escrito SIN LA APROBACIÓN Y FIRMA DE ESTE LABORATORIO IIC - MB.																

Gráfico de curvas de resistencia (Fc) en MPa versus tiempo (días). El eje Y va de 0 a 25 MPa y el eje X de 0 a 30 días. Se muestran curvas para 7, 14, 21 y 28 días. A los 7 días, la resistencia es de 45.03% (10.87 MPa). A los 28 días, la resistencia es de 100% (23.0 MPa).

TÉCNICO RESPONSABLE:

ING. LINDA FLORES VACA
LABORATORIO IIC

Dir.: Venezuela 1 y La Paz - Barrio Bellavista / Telf.: 03 2966388 - 098883062 / e-mail: iic_laboratorio@yahoo.com / RIOBAMBA - ECUADOR

Fuente: Laboratorio Integral de la Construcción, 2021.