	<b>GESTIÓN DE SERVICIOS ACADÉMICOS Y BIBLIOTECARIOS</b>		<b>CÓDIGO</b>	FO-GS-15
			<b>VERSIÓN</b>	02
	<b>ESQUEMA HOJA DE RESUMEN</b>		<b>FECHA</b>	03/04/2017
			<b>PÁGINA</b>	1 de 1
<b>ELABORÓ</b>		<b>REVISÓ</b>	<b>APROBÓ</b>	
Jefe División de Biblioteca		Equipo Operativo de Calidad	Líder de Calidad	

### RESUMEN TRABAJO DE GRADO

AUTOR(ES):

NOMBRE(S): ANYI PAOLA APELLIDOS: HERRERA MURCIA

FACULTAD: INGENIERÍA

PLAN DE ESTUDIOS: INGENIERÍA CIVIL

DIRECTOR:

NOMBRE(S): JORGE APELLIDOS: SÁNCHEZ MOLINA

NOMBRE(S): LEIDY KATHERINE APELLIDOS: PEÑALOZA ISIDRO

TÍTULO DEL TRABAJO (TESIS): EVALUACIÓN DE MEZCLAS DE ARCILLA ADICIONANDO CHAMOTA DE LADRILLO PARA LA FABRICACIÓN DE BLOQUE DE CONSTRUCCIÓN

Se realizó la fabricación de bloques de construcción no. 8, a nivel de laboratorio, adicionando chamota de ladrillo en tres diferentes porcentajes de chamota (2,5%, 5% y 7,5%), y otra con la arcilla al 100% para ser comparados con la normal (resistencia y absorción de agua) con la cual cumplieron con cada uno de sus ítems estipulados.

PALABRAS CLAVES: Chamota, Arcilla, Bloque, Ladrillo, Mezcla.

CARACTERÍSTICAS:

PÁGINAS: 91 PLANOS:      ILUSTRACIONES: 29 CD ROOM:     

**\*\*Copia No Controlada\*\***

EVALUACIÓN DE MEZCLAS DE ARCILLA ADICIONANDO CHAMOTA DE LADRILLO  
PARA LA FABRICACIÓN DE BLOQUE DE CONSTRUCCIÓN

ANYI PAOLA HERRERA MURCIA

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER

FACULTAD DE INGENIERÍA

PLAN DE ESTUDIOS DE INGENIERÍA CIVIL

SAN JOSÉ DE CÚCUTA, NORTE DE SANTANDER

2021

EVALUACIÓN DE MEZCLAS DE ARCILLA ADICIONANDO CHAMOTA DE LADRILLO  
PARA LA FABRICACIÓN DE BLOQUE DE CONSTRUCCIÓN

ANYI PAOLA HERRERA MURCIA

Trabajo de grado presentado como requisito para optar por el título de Ingeniero Civil

Director: PhD. MSc. Ing. Jorge Sánchez Molina

Codirector: MSc. Ing. Leidy Katherine Peñaloza Isidro

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER

FACULTAD DE INGENIERÍA

PLAN DE ESTUDIOS DE INGENIERÍA CIVIL

SAN JOSÉ DE CÚCUTA, NORTE DE SANTANDER

2021

## ACTA DE SUSTENTACION DE TRABAJO DE GRADO

FECHA: 15 DE SEPTIEMBRE DE 2021 HORA: 5:00 p. m.

LUGAR: VIDEOCONFERENCIA – GOOGLE MEET

PLAN DE ESTUDIOS: INGENIERIA CIVIL

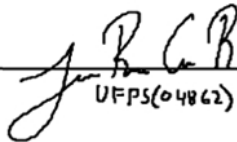
TITULO DE LA TESIS: "EVALUACIÓN DE MEZCLAS DE ARCILLA ADICIONANDO CHAMOTA DE LADRILLO PARA LA FABRICACIÓN DE BLOQUE DE CONSTRUCCIÓN".

JURADOS: ING. JOSE RAFAEL CACERES RUBIO  
ING. CARMEN TERESA MEDRANO LINDARTE

DIRECTOR: PHD.MSC. JORGE SÁNCHEZ MOLINA  
CODIRECTORA: MSC. LEIDY KATHERINE PEÑALOZA ISIDRO

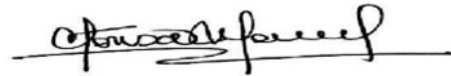
NOMBRE DE LOS ESTUDIANTES:	CODIGO	CALIFICACION	
		NUMERO	LETRA
ANYI PAOLA HERRERA MURCIA	1113076	4,8	CUATRO, OCHO

# MERITORIA



UFPS(04862)

ING. JOSE RAFAEL CACERES RUBIO



ING. CARMEN TERESA MEDRANO LINDARTE



Vo. Bo.

JAVIER ALFONSO CARDENAS GUTIERREZ  
Coordinador Comité Curricular

Betty M.

## **Agradecimientos**

Agradezco a Dios y a mi familia por su apoyo incondicional.

A la Universidad Francisco de Paula Santander, por darme los conocimientos y herramientas para desempeñarme en mi vida profesional.

Al equipo técnico del Centro de Investigación de Materiales Cerámicos (CIMAC) de la Universidad Francisco de Paula Santander, ya que gracias a ellos se puedo realizar este estudio.

A la empresa de Cerámica Támesis por su colaboración y su aporte en la materia prima.

## Tabla de contenido

Introducción	14
1. Descripción del Problema	16
1.1. Título	16
1.2. Planteamiento del Problema	16
1.3. Formulación del Problema	17
1.4. Objetivos	17
1.4.1. Objetivo General	17
1.4.2. Objetivos Específicos	17
1.5. Justificación	18
1.6. Alcances y Limitaciones	19
1.6.1. Alcances	19
1.6.2. Limitaciones	19
2. Marco Referencial	20
2.1. Antecedentes y Estado del Arte	20
2.1.1. Antecedentes Regionales	20
2.1.3. Antecedentes Nacionales	21
2.1.2. Antecedentes Internacionales.	22
2.2. Marco Teórico	23
2.2.1. ¿Cómo impacta negativamente la industria de la construcción el medio	

ambiente?	23
2.2.2. Residuos industriales como material en la fabricación de materiales de construcción	24
2.2.3. Proceso Productivo del Ladrillo	24
2.2.4. Explotación de la Cantera	25
2.2.5. Maduración	26
2.2.6. Tratamiento Mecánico Previo	26
2.2.7. Humidificación	28
2.2.8. Moldeado	28
2.2.9. Secado	29
2.2.10. Cocción	30
2.2.11. Control de Calidad	30
2.2.12. Descarga y almacenaje	31
2.2.13. Tipos de Unidades de Mampostería de Arcilla Cocida	32
2.3. Marco Conceptual	32
2.4. Marco Contextual	34
2.5. Marco Legal	36
3. Diseño Metodológico	38
3.1. Tipo de Investigación	38
3.2. Población y Muestra	39

3.2.1. Población	39
3.2.2. Muestra	40
3.3. Instrumentos para la Recolección de Información	40
3.4. Fases y Actividades Específicas	40
4. Metodología	42
4.1. Materias Primas Empleadas	42
4.1.1. Arcilla	43
4.1.2. Arcillas Cerámicas	44
4.1.3. Arcillas Comunes	45
4.1.4. Chamota de Ladrillo Cocido	46
4.2. Proceso de Conformado	46
4.3. Ensayos Realizados	49
4.3.1. Análisis Físico-cerámico	49
4.3.2. Determinación de la Absorción de Agua en Unidades de Mampostería	50
4.3.3. Determinación de la Resistencia Mecánica a la Compresión en Unidades de Mampostería	54
4.4. Normas Aplicadas	55
4.4.1. Propiedades Físicas	56
5. Informe Final	58
5.1. Diagnóstico del Sector del Nutriente Tecnológico	58



5.2. Desarrollo del Bloque H-10 Utilizando Diferentes Porcentajes del Nutriente a nivel de Laboratorio	61
5.2.1. Procedimientos de Ensayos Realizados a las Materias Primas	62
5.2.1.1. Elaboración de Bloques	66
5.3. Evaluación del Bloque H-10 Desarrollado a Nivel de Laboratorio	69
5.4. Costos del Bloque H-10 Normal y del Bloque Fabricado con Nutriente Tecnológico	71
5.4.1. Determinación de las Relaciones entre Costo y Actividad	75
5.4.2. Cálculo del Costo por Actividades en la Empresa “a”	77
5.4.3. Costo del Centro de Molienda y Tamizado en el Periodo Analizado	78
5.4.4. Costo del Centro de Cocción	81
5.4.5. Costo del Centro de Selección y Almacenamiento	82
5.4.6. Costo del Centro Administrativo	83
5.4.7. Costo del Bloque Usando Chamota	85
5.4.8. Análisis Comparativo de Resultados	86
6. Conclusiones	87
7. Recomendaciones	88
8. Referencias Bibliográficas	89

## Lista de figuras

Figura 1. Explotación de Materia Primas	25
Figura 2. Tratamiento Mecánico Previo	27
Figura 3. Molienda	27
Figura 4. Humectación de la Arcilla	28
Figura 5. Moldeado	29
Figura 6. Secado	29
Figura 7. Cocción	30
Figura 8. Control de Calidad	31
Figura 9. Empaquetado	31
Figura 10. Almacenaje del Producto	32
Figura 11. Chamota de ladrillo	33
Figura 12. Fases y Actividades Específicas	41
Figura 13. Frente de Explotación de la Arcilla (Cerámica Támesis S.A.)	44
Figura 14. Extrusora de Laboratorio con Vacío	47
Figura 15. Apisonador de la Arcilla (Trituración)	48
Figura 16. Molino de Martillos (Molienda Vía Seca)	48
Figura 17. Tamiz Malla 10 (Tamizado)	48
Figura 18. Estufa de 128 litros	48
Figura 19. Horno Mufla	49
Figura 20. Pie de Rey Digital de 200 mm	50
Figura 21. Balanza Digital de 20 kg	51
Figura 22. Tanque para realizar Absorción de Agua por el Método de Inmersión	52

Figura 23. Termohigrómetro EXTECH	52
Figura 24. Crometro (Prensa de Presión)	55
Figura 25. Metodología Desarrollada en el Proyecto	58
Figura 26. Absorción de Agua M1, M2 y M3	69
Figura 27. Datos Promedio de las 3 Absorciones de Agua	70
Figura 28. Resistencia Mecánica M1, M2 y M3	70
Figura 29. Datos Promedio de las 3 Resistencias Mecánicas	71

## Lista de Tablas

Tabla 1. Composición Estructural del Material Arcilloso	45
Tabla 2. Resultados Análisis FRX Cuantitativo	46
Tabla 3. Propiedades Físicas de las Unidades de Mampostería Estructural	57
Tabla 4. Propiedades Físicas de las Unidades de Mampostería no Estructural	57
Tabla 5. Mezclas Elaboradas y Ensayadas	65
Tabla 6. Resultados de Análisis Físico Cerámico	66
Tabla 7. Resultado Absorción de Agua #1	67
Tabla 8. Resultado de Absorción de Agua #2	67
Tabla 9. Resultado de Absorción de Agua #3	67
Tabla 10. Resultado Resistencia Mecánica a la Compresión #1	68
Tabla 11. Resultado Resistencia Mecánica a la Compresión #2	68
Tabla 12. Resultado Resistencia Mecánica a la Compresión #3	68
Tabla 13. Diccionario de Actividades de la Empresa A	72
Tabla 14. Componente del Costo Vs Actividad	75
Tabla 15. Consolidado de Costos del Centro de Explotación y Preparación	77
Tabla 16. Costo de la Mano de Obra Directa del Centro de Molienda y Tamizado	78
Tabla 17. Costos de Energía Eléctrica en los Centros de Costo durante el Periodo Analizado	79
Tabla 18. Consolidados Costos del Centro de Molienda y Tamizado	79
Tabla 19. Costo de la Mano de Obra Directa en el Centro de Extrusión	80
Tabla 20. Consolidado Costos del Centro de Extrusión	80
Tabla 21. Consolidado Costos del Centro de Secado	80

Tabla 22. Consolidado Costos del Centro de Cocción	81
Tabla 23. Consolidado Costos del Centro de Selección y Almacenamiento	82
Tabla 24. Consolidado de Costos del Centro de Administrativo	83
Tabla 25. Consolidado de los Costos de las Actividades de Producción en el Periodo Analizado	84
Tabla 26. Costo del Bloque con 5% de Chamota	85
Tabla 27. Análisis Comparativo de Resultados	86

## Introducción

El proyecto presenta la evaluación de la mejor mezcla de chamota de ladrillo como agregado a la producción de bloques de construcción, determinando su comportamiento a nivel de laboratorio y la comparación de costos, para evaluar su viabilidad.

Es importante, ya que, aparte de dar información sobre el comportamiento de la chamota de ladrillo, se tiene en cuenta el factor ambiental, que es donde se fundamenta la razón de este estudio. Los análisis se realizan en el laboratorio del CIMAC de la universidad Francisco de Paula Santander, con personal capacitado y con experiencia, que aporta al correcto desarrollo de la investigación. Los laboratorios se ejecutaron, ya que son los indicados para determinar la clasificación del bloque según la norma NTC 4205:2020 “Ingeniería civil y arquitectura. Unidades de mampostería de arcilla cocida. Ladrillo y bloques cerámicos.”

Se tomó como residuo industrial para realizar la mezcla, la chamota de ladrillo debido a que es un material de reproceso del producto final; permitiendo la reutilización del mismo, contribuyendo con el medio ambiente y finalmente disminuir la huella de carbono para la optimización del proceso de la industria cerámica.

Se llevaron a cabo los laboratorios correspondientes para obtener la resistencia mínima a la compresión, la absorción máxima de agua, la contracción en seco y húmedo y a pérdida de masa en seco y húmedo. Todo esto para llegar a un análisis comparativo de la calidad de los bloques con los diferentes porcentajes de chamota dispuestos para este estudio, también para hacer la respectiva comparación con la norma y ver el cumplimiento de la misma. Además, se incluye un diagnóstico del sector productivo de la industria de la cerámica en Norte de Santander, principalmente en Cúcuta y su área metropolitana. A lo anterior se le agrega que este estudio además aporta

información sobre el costo de producción de los bloques de arcillas y el costo de producción del bloque agregándole 5% de chamota de ladrillo.

Actualmente, se puede ver cómo los residuos se están aprovechando como recursos para nuevas producciones, este sistema de producción se conoce como “economía circular”, el cual parte de la idea de producción con conciencia ambiental, reconociendo la responsabilidad que tiene la industria en el deterioro ambiental y, generando alternativas de producción limpia con aprovechamiento de residuos, sin alterar la calidad de los nuevos productos (Sarabia-Guarin et al, 2016), para evaluar la viabilidad de los nuevos productos hechos a partir de residuos de otros, se deben hacer los respectivos estudios y análisis a nivel de laboratorio.

## **1. Descripción del Problema**

### **1.1. Título**

Evaluación de Mezclas de Arcilla adicionando Chamota de Ladrillo para la Fabricación de Bloque de Construcción.

### **1.2. Planteamiento del Problema**

La industria de la construcción se abastece de recursos naturales, los cuales son vitales para la vida y evolución de la humanidad. Entre otras cosas, la producción de bloques de construcción, genera gran demanda de materia, como es la arcilla. Y, por otro lado, se generan residuos en el proceso de fabricación de los materiales y en la construcción o demolición de obras ingenieriles, además de la contaminación por producción. A raíz de las anteriores situaciones, se afecta negativamente el ecosistema y se hace necesario buscar soluciones creativas y eficientes. Si bien es cierto que el desarrollo de la sociedad se puede medir por sus construcciones e innovación en la industria, otro indicador, es la marca que dejan estas en el ecosistema, pues la expansión de las ciudades trae consigo deforestación y explotación de recursos naturales, y aunque la producción industrial mejora los tiempos, la calidad y la eficiencia en el trabajo, incluye la generación de agentes contaminantes y residuos sólidos. En este orden de ideas, es oportuno precisar lo importante que es empezar a tomar pequeñas medidas que de cierta forma reivindiquen la industria y la construcción con el medio ambiente; por lo cual se elaboran bloques de construcción adicionando un material reciclado llamado “nutriente tecnológico” que, para este caso, es la chamota de ladrillo, siendo este material un producto reutilizado del proceso productivo de los ladrillos, por lo que se puede aprovechar para crear nuevos bloques, al hacer la mezcla con una parte de arcilla y otra de chamota de ladrillo



que, si cumple con los requisitos de las normas establecidas, es una alternativa viable y sostenible.

Los gobiernos y los entes institucionales, al ser parte fundamental del funcionamiento de la sociedad, deben abanderar la promoción y divulgación de la responsabilidad ambiental en todos los procesos de producción y consumo. La cultura de economía circular, debería ser conocida y aplicada en todas las industrias, esto debido a que los recursos no son ilimitados y se deben proteger y preservar las futuras generaciones, una alternativa es hacer de un “residuo” un “recurso” y así aprovechar lo que más se pueda el recurso original. “El crecimiento y mantenimiento de este nuevo sistema económico, donde su principal objetivo es el uso de los residuos industriales y/o agroindustriales para la fabricación de nuevos productos, requiere la intervención de nuevas técnicas de ingeniería, y el apoyo del sector gubernamental y social” (Sarabia et al., 2016).

### **1.3. Formulación del Problema**

¿Cómo reacciona la chamota de ladrillo con la arcilla al ser utilizadas en la fabricación del bloque de arcilla, y qué diferencia tiene en costo con un bloque normal?

### **1.4. Objetivos**

#### ***1.4.1. Objetivo General***

Evaluar mezclas de arcilla adicionando chamota de ladrillo para la fabricación de bloque de construcción.

#### ***1.4.2. Objetivos Específicos***

-Realizar un diagnóstico del sector cerámico para evaluar la cantidad de chamota de ladrillo disponible.

- Desarrollar el producto utilizando diferentes porcentajes del nutriente a nivel de laboratorio.
- Evaluar el producto desarrollado a nivel de laboratorio.
- Establecer los costos del producto normal y del nutriente tecnológico usado.

### **1.5. Justificación**

Esta investigación se hace necesaria principalmente por su carácter ambiental, ya que es de conocimiento público el gran impacto negativo que tiene la industria sobre el ecosistema, en este caso, el sector de la producción de bloques de arcilla; primeramente, afecta al medio ambiente por la explotación de recursos naturales y luego en el proceso de producción del material, genera contaminación. Estas actividades son necesarias y no se pueden eliminar ni reemplazar totalmente, lo que sí se puede hacer es mitigar este impacto ambiental, para lo que en este proyecto se propuso, un proceso de producción de los bloques nuevos, donde se mezcle la chamota de ladrillo, que es un residuo industrial, con la arcilla. De esta manera, se utilice menos arcilla y se aproveche un material reciclado.

Implementar el proyecto beneficia, además del medio ambiente, a la industria dedicada a la producción de materiales cerámicos. Ya que utilizaran un producto que están desechando (la chamota de ladrillo) para producir nuevos bloques, lo que disminuiría el gasto en materia prima (arcilla).

Ya se han hecho investigaciones para utilizar residuos industriales, de construcción o demolición y también de residuos orgánicos, estos estudios han llegado a diferentes resultados, dependiendo del material, su finalidad y el porcentaje que se agregue.

Con esta investigación se pretende obtener el comportamiento de la chamota de ladrillo con la arcilla, observando sus propiedades y características físicas y químicas, lo que genera conocimiento en este tema, para futuras investigaciones donde se quiera implementar este nutriente tecnológico. Además de que esta información puede ser utilizada a nivel empresarial para conocer los gastos de producción de un bloque con chamota de ladrillo y la resistencia mecánica y la calidad del mismo.

## **1.6. Alcances y Limitaciones**

### ***1.6.1. Alcances***

La investigación pretende obtener la información de la reacción de la chamota de ladrillo con la arcilla en la producción de bloques de arcilla, llegando a la obtención a nivel de laboratorio de un bloque prototipo H10. También la comparación entre los gastos de producción del bloque normal y del producido con la chamota.

### ***1.6.2. Limitaciones***

La limitante del proyecto fue la situación que ocurrió con la pandemia del covid-19, que afectó todos los sectores, entre estos y principalmente, el de la educación. Pues debido a esta pandemia, se suspendieron actividades en universidades y muchos lugares más cerraron su atención al público, lo que afectó eventualmente el normal desarrollo de la investigación. Además, de que se dificultó participar en el proceso a nivel de laboratorio y se atrasaron las entregas de los mismos. También la obtención de información a nivel de industria y producción de la chamota de ladrillo se vio afectada, pues toda la comunicación tuvo que ser de manera electrónica.

## 2. Marco Referencial

### 2.1. Antecedentes y Estado del Arte

#### 2.1.1. Antecedentes Regionales

**Sarabia, A., Sánchez, J., y Leyva, J. (2017).** Uso de nutrientes tecnológicos como materia prima en la fabricación de materiales de construcción en el paradigma de la economía circular. *Respuestas*, 22(1), 6-16. Este artículo ofrece información académica sobre la utilización de residuos industriales en la fabricación de materiales de construcción. Se demuestra que aparte del aporte a la disminución de la contaminación ambiental, se pueden mejorar propiedades tecnológicas de los materiales. La información aportada por este documento es de gran utilidad ya que además de ser una investigación local, tiene datos comprobados en laboratorio sobre la metodología de este tipo de investigación y los resultados de la misma.

**Buitrago, J., Rubio, M., Mojica, J., y Corredor, A. (2015).** Nuevos mercados y nuevos productos para los arcilleros de Norte de Santander. *Revista CONVICCIONES*, 2(3), 32-37. En este artículo se hizo un diagnóstico sobre la producción de arcilla en Norte Santander y las alternativas de sus derivados, analizando posibles mercados en los que se podría incursionar. La información que se encuentra aquí es importante ya aporta contexto regional a esta investigación.

**Velásquez, D. y Valencia, G. (2020).** Análisis del sector arcillero en Norte de Santander como propuesta de potencialidad de transformar la visión del desarrollo regional. *Revista Infometric@-Serie Ciencias Sociales y Humanas*. Vol, 3(2), 24. En este estudio se analizó la industria arcillera de Norte de Santander como desarrollo regional caracterizando las cuencas explotadoras. Da información sobre dinámica económica y la industria de la arcilla en Norte de Santander, lo cual aporta a esta investigación pues da una perspectiva sobre la producción de la materia prima a utilizar.

### **2.1.3. Antecedentes Nacionales**

**Gallón, S., López M. y García, C. (2018).** “Análisis de residuos de ladrillo como agregado grueso para la fabricación de concreto”. *Revista Colombiana de Materiales*, no. 12. pp. 53-69. En este artículo se tomaron cuatro muestras de residuos cerámicos de ladrillo, evaluando sus fases cristalinas mediante DRX y sus propiedades físicas por medio de análisis granulométricos, determinación de densidad, absorción de agua, masas unitarias, forma y pérdidas por calcinación, con base en las normas técnicas colombianas, también se establecieron las respectivas propiedades mecánicas. Además, de evaluar la morfología de las superficies de fractura mediante caracterización SEM. Obteniendo de los ensayos que, es viable utilizar triturado de ladrillo reciclado como agregado grueso en la elaboración de concreto, siempre y cuando este no supere el 20% en peso del agregado grueso natural. Aporta información sobre el comportamiento de los residuos de ladrillo a nivel de laboratorio.

**Escandón, J. (2011).** Diagnóstico técnico y económico del aprovechamiento de residuos de construcción y demolición en edificaciones en la ciudad de Bogotá. Bogotá, 2011. (p. 91). Trabajo de grado para optar por el título de ingeniero civil. Pontificia Universidad Javeriana. Facultad de ingeniería. Departamento de ingeniería civil. Tras el desarrollo de esta investigación y analizando los diferentes factores que le competen, el autor muestra que, aunque en Bogotá haya diferentes leyes y normativas ambientales que enmarcan la gestión integral de residuos de demolición y construcción, la falta de control hace que estos lineamientos sean deficientes. Además, el proyecto describe las diferentes formas de aplicación de materiales reciclados, como política de aprovechamiento de los mismos, por ejemplo, en la fabricación de concreto hidráulico. Aporta investigación sobre la reutilización de residuos en la construcción y el impacto ambiental que tienen estos.

**Beltrán, A. y Bonilla, J. (2003).** Guía de buenas prácticas para la implementación de producción más limpia para la pequeña industria del sector ladrillero. Universidad Libre de Colombia, proyecto de grado para optar por el título de ingeniero ambiental. Este proyecto incluye un diagnóstico de la actividad de extracción y distribución de la arcilla en Bogotá D.C. haciendo énfasis en las pequeñas ladrilleras, buscando una propuesta para minimizar el impacto ambiental de las mismas. Esta investigación aporta información sobre el proceso de producción del ladrillo, los tipos de hornos, la contaminación que estos producen, la normativa nacional de las ladrilleras y cómo implementar una producción más limpia y amigable con el medio ambiente.

### ***2.1.2. Antecedentes Internacionales.***

**Martínez, S. et al. (2018).** Desarrollo preliminar y estudio térmico de diferentes tipos de clinker del ecocemento sostenible con el medio ambiente utilizando residuos industriales y piedra caliza con alto porcentaje de óxido de magnesio en su composición. En Congreso Nacional del Medio Ambiente. CONAMA. Madrid, España. En este estudio se observó que la utilización de chamota y lodos de corte de bloque y pulido de tablas de mármol como sustituyente de materias primas (arcillas y piedra caliza) deriva a disminuir las emisiones de CO<sub>2</sub>. De esta manera la industria de la construcción se reivindicaría con el planeta disminuyendo la huella de carbono, pues al utilizar residuos industriales reciclables se necesita una menor cantidad de materias primas a extraer de la naturaleza para la fabricación de cementos. Aporta información sobre la viabilidad de utilizar productos reciclados como la chamota de ladrillo en la producción de cemento.

**Moreno, L., Ospina, M. y Rodríguez, K. (2019).** Resistencia de concreto con agregado de bloque de arcilla triturado como reemplazo de agregado grueso. Ingeniare. Revista chilena de

ingeniería, 2019, vol. 27, no 4, p. 635-642. El artículo se desarrolló primeramente observando las investigaciones referentes a la utilización de bloque de arcilla triturado en la elaboración de concreto como sustitución total del agregado grueso, analizando efectos de uso como: la durabilidad, resistencia a la compresión, la porosidad, el módulo de elasticidad, la tensión indirecta del concreto. Se llegó a la conclusión que los resultados son insuficientes sobre el efecto neto del uso de triturado de bloque de arcilla como agregado grueso. También se establece que los concretos derivados con agregados reciclados presentan menor resistencia a la compresión que las mezclas tradicionales. Aporta datos de resistencia del concreto en laboratorio cuando el agregado grueso es reemplazado por bloques de arcilla triturados.

**Bezerra, A., Schalch, V., Dal Molin, D. & Duarte, J. (2010).** Modelado de propiedades mecánicas de hormigón con agregado reciclado. *Construction and Building Materials*, 24(4), 421-430. Para mejorar la variabilidad observada en la composición de los residuos de construcción y demolición, en esta investigación se trabajó variando la relación agua cemento y el porcentaje de sustitución de agregados reciclados. El estudio muestra que, para la resistencia a la compresión y el módulo elástico del concreto, el agregado grueso reciclado fue más influyente que el agregado fino reciclado. Nos aporta información sobre la dosificación y los resultados que da el agregarle material reciclado a una mezcla de concreto.

## **2.2. Marco Teórico**

### ***2.2.1. ¿Cómo impacta negativamente la industria de la construcción el medio ambiente?***

El sector de la construcción es considerado mundialmente como una de las principales fuentes de contaminación medioambiental, pues produce enormes efectos negativos en el medioambiente ya sea directa o indirectamente. La generación de polvo, contaminación acústica,

operaciones con remoción de la vegetación y la contaminación atmosférica son los impactos ambientales más significativos de los proyectos de construcción. Además, tanto los trabajadores como quienes laboran en el sector de la construcción son quienes más se exponen diariamente a problemas de salud como afecciones respiratorias al hígado, cáncer, deterioro de la audición, hipertensión, molestias, trastornos del sueño y problemas cardiovasculares (Enshassi et al., 2014).

### ***2.2.2. Residuos industriales como material en la fabricación de materiales de construcción***

Se han estudiado diferentes metodologías y materiales que puedan llegar a ser empleados como material de relleno en reemplazo de los agregados o áridos, parcial o totalmente. Llegando a diferentes resultados según el tipo de material y el porcentaje que se emplee en la mezcla.

Por ejemplo, se ha evaluado la factibilidad técnica de utilización de cenizas resultantes del proceso de la quema de bagazo de caña de azúcar, para la generación de energía como adición mineral en morteros. Se concluye que las cenizas de bagazo de la caña de azúcar, pueden ser consideradas como material alternativo en la producción de morteros y probablemente en concretos, puesto que mejora diversas propiedades y, en particular, reduce el impacto ambiental causado por su inadecuada eliminación. Los resultados de resistencia a compresión mostraron elevados niveles para todas las proporciones de incorporación de este material (Camargo et al., 2014).

### ***2.2.3. Proceso Productivo del Ladrillo***

La materia prima en la producción de ladrillo es la arcilla, y el proceso de producción es básicamente el mismo en todas las industrias, para el caso de este proyecto se expone el proceso publicado por Manel Mola Pujol de Ingeniería en Organización Industrial de su estudio “Viabilidad, planificación e implantación de una industria de materiales cerámicos para la



construcción en Catalunya” de la Universidad Politécnica de Catalunya. Él divide el proceso de la siguiente manera:

- Explotación de la cantera
- Maduración
- Tratamiento mecánico previo
- Humidificación
- Moldeado
- Secado
- Cocción
- Control de calidad
- Descarga y almacenaje

#### ***2.2.4. Explotación de la Cantera***

Para iniciar el proceso se debe explotar el recurso para obtener la materia prima, que en este caso es la arcilla, por lo que se hace una exploración y se toman muestras en diferentes lugares para hacer la respectiva evaluación sobre la calidad y cantidad de material. Se hacen los respectivos trámites legales antes de la explotación. La capa vegetal es lo primero que se retira y luego se procede a extraer la arcilla.



**Figura 1.** Explotación de Materia Primas

*Nota.* Fuente: “La Industria De Los Chircales Artesanales Del Área Metropolitana De Cúcuta”

### **2.2.5. Maduración**

Se le hacen a la arcilla tratamientos de trituración, homogenización y reposo en el acopio para llegar a las características físicas y químicas requeridas. En los acopios se mezclan las diferentes capas naturales para tener una consistencia homogénea. El reposo se hace a la intemperie para facilitar del desmenuzamiento de la misma y también favorece la descomposición orgánica del material. Para aportar potencia calorífica a la propia masa durante la cocción, se llevan a las canteras lignito con un alto contenido de carbonato para mezclarlo con la arcilla. Luego de todo este proceso se transporta el material hasta la fábrica.

### **2.2.6. Tratamiento Mecánico Previo**

Se procede a purificar y afinar la materia prima, se deposita la arcilla en un silo, donde pasa por un desmenuzador para reducir su tamaño a no mayor que una pelota de tenis. Luego se transportan a otro silo de mayor capacidad y de ahí se lleva el material dosificado hacia los molinos donde las partículas quedan de un tamaño de 3 mm como máximo. Luego este material cae por gravedad hasta unos elevadores que transporte el material hasta otros silos, luego la carga cae en los tromeles, quienes tienen una malla exterior por donde se tamiza el material, por lo que pasan los granos de 2 mm y lo que quedan en la malla pasan nuevamente por el molino para hacer nuevamente el proceso. En las cintas que conectan cada silo, hay imanes para evitar que pasen elementos metálicos.



**Figura 2.** Tratamiento Mecánico Previo

*Nota.* Fuente: <https://www.yumpu.com/es/document/read/13157385/estudio-y-diseno-del-proceso-productivo-upcommons/87>



**Figura 3.** Molienda

*Nota.* Fuente: “*La industria de los chircales artesanales del área metropolitana de Cúcuta*”

### 2.2.7. Humidificación

Se saca la arcilla de los silos y pasa a una amasadora, donde esta es mezclada con agua hasta tener una mezcla uniforme, se transporta a una extrusora para colocar el molde de la pieza a fabricar.



**Figura 4.** Humectación de la Arcilla

*Nota.* Fuente: “*La industria de los chircales artesanales del área metropolitana de Cúcuta*”

### 2.2.8. Moldeado

Se pasa la mezcla de arcilla por un molde al final de la extrusora, el moldeado se hace en caliente utilizando vapor saturado, esto para obtener una mezcla más compacta. De la extrusora va saliendo el material y el cortador primario se encarga de la dimensión deseada, las barras ya cortadas pasan a otro cortador que las empuja por hilos de hierro para que el bloque tenga las medidas comerciales. Cuando el diseño de la pieza está listo, se agrupan y se colocan sobre vagonetas.



**Figura 5.** Moldeado

*Nota.* Fuente: <https://www.yumpu.com/es/document/read/13157385/estudio-y-diseno-del-proceso-productivo-upcommons/87>

### **2.2.9. Secado**

Se lleva el material a los secaderos, donde se hace circular aire de un extremo a otro, insuflando superficialmente el material con aire caliente, las temperaturas llegan a los 170°C, este aire caliente proviene de los hornos de cocción. Ya secas las piezas pasan a los hornos. El secado también puede ser natural donde se dejan las piezas a temperatura ambiente en un patio.



**Figura 6.** Secado

*Nota.* Fuente: “*La industria de los chircales artesanales del área metropolitana de Cúcuta*”

### **2.2.10. Cocción**

Se introducen las vagonetas con el material ya seco al horno túnel. Se hacen tres procesos, el primero es el precalentamiento, donde se aumenta la temperatura a medida que van entrando las vagonetas, el segundo es la cocción al aumentar a una temperatura máxima de 910°C y lo vagones van circulando dentro manteniendo la temperatura. Desde que entran al horno hasta que salen es un proceso que dura 10 horas como mínimo. El tercer paso es el enfriamiento de las piezas. Una vez que salen del horno, un transbordador lleva las vagonetas a la zona de descarga.



**Figura 7.** Cocción

*Nota. Fuente: “La industria de los chircales artesanales del área metropolitana de Cúcuta”*

### **2.2.11. Control de Calidad**

Se seleccionan aleatoriamente ladrillos de cada lote y se envían al laboratorio para hacer el respectivo análisis de calidad. También se hace un análisis superficial para detectar grietas o fisuras en el producto.



**Figura 8.** Control de Calidad

*Nota.* Fuente: <https://pt.slideshare.net/Luisachandia/produccion-de-ladrillos-cermicos>

### **2.2.12. Descarga y almacenaje**

Se descargan y se organizan los bloques, que luego se envuelven en plástico y se atan con flejes para luego distribuir y vender el producto. En estos dos últimos procesos se sacan los productos defectuosos de los que se puede sacar la chamota de ladrillo.



**Figura 9.** Empaquetado

*Nota.* Fuente: “La industria de los chircales artesanales del área metropolitana de Cúcuta”



**Figura 10.** Almacenaje del Producto

*Nota.* Fuente: “La industria de los chircales artesanales del área metropolitana de Cúcuta”

### **2.2.13. Tipos de Unidades de Mampostería de Arcilla Cocida**

Según la norma técnica colombiana NTC 4205, hay tres tipos de unidades, según la disposición de sus perforaciones y el volumen que éstas ocupen:

Perforación vertical (ladrillos y bloques) (PV): unidad cuyas celdas o perforaciones son perpendiculares a la cara o superficie en que se asientan en el muro.

Perforación horizontal (ladrillos y bloques) (PH): unidad cuyas celdas o perforaciones son paralelas a la cara o superficie en que se asientan en el muro.

Macizos (M): mampuestos aligerados con pequeñas perforaciones que ocupan menos del 25 % de su volumen o, también, que no contienen ninguna perforación.

## **2.3. Marco Conceptual**

**Chamota.** La industria de fabricación de elementos de cerámica estructural genera una serie de piezas que pueden presentar defectos y roturas. Cuando estos elementos cerámicos se llevan a tamaño de partícula pequeño se le conoce como chamota (Martínez et al., 2016).





**Figura 11.** Chamota de ladrillo

*Nota.* Fuente: <https://jonnipunni.blogspot.com/2018/03/punase-tellise-tolm-maagias.html>

**Dióxido de Carbono.** El dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) es un gas incoloro, denso y poco reactivo. El cemento es la fuente de aproximadamente el 8% de las emisiones de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) del mundo, según el centro de estudios británico Chatham Hous. Es el proceso de producción de clínker, el componente clave del cemento que se forma tras calcinar caliza y arcilla, lo que emite la mayor cantidad de CO<sub>2</sub> en la fabricación. Debido a esto, el experto de Chatham House argumenta que el sector necesita con urgencia seguir una serie de estrategias de reducción de CO<sub>2</sub>.

**Materiales de Construcción.** Se definen como materiales de construcción a todos los elementos o cuerpos que integran las obras de construcción, cualquiera que sea su naturaleza, composición y forma, de tal manera que cumplan con los requisitos mínimos para tal fin. Que cumplan con las propiedades técnicas, como Resistencia Mecánica, Desgaste, Absorción, y Resistencia a la Compresión. La mayoría de los materiales de construcción se elaboran a partir de materiales de gran disponibilidad como arena, arcilla o piedra. Se pueden clasificar principalmente en dos: materiales naturales y materiales artificiales; los primeros se toman de la

naturaleza directamente, o sea, sin experimentar cambios en su composición química ni en constitución física, aunque se haya alterado su forma física natural. Los artificiales pasan un proceso de transformación antes de emplearse en las construcciones, experimentando cambios físicos y químicos por ejemplo el cemento y el acero

**Reciclaje.** Consiste en obtener una nueva materia prima o producto, mediante un proceso fisicoquímico o mecánico, a partir de productos y materiales ya en desuso o utilizado. Se beneficia directamente el medio ambiente a razón de que disminuye la producción de residuos. Incluye también la economía circular, que trata sobre el sistema de aprovechamiento de recursos donde prima la reducción de los elementos: minimizar la producción al mínimo indispensable, y cuando sea necesario hacer uso del producto, apostar por la reutilización de los elementos que por sus propiedades no pueden volver al medio ambiente.

**Sostenibilidad.** Se enfatiza en garantizar las necesidades del presente sin comprometer a las futuras generaciones. Enfocada en tres ejes fundamentales: la protección medioambiental, el desarrollo social y el crecimiento económico. Asumir que la naturaleza y el medio ambiente no son una fuente inagotable de recursos, siendo necesario su protección y uso racional, promover el desarrollo social buscando la cohesión entre comunidades y culturas para alcanzar niveles satisfactorios en la calidad de vida, sanidad y educación, e incentivar un crecimiento económico que genere riqueza equitativa para todos sin dañar el medio ambiente.

#### **2.4. Marco Contextual**

Centro de Investigación de Materiales Cerámicos (CIMAC) se encuentra ubicado en: Avenida Gran Colombia N° 12E-96 Barrio Colsag, Cúcuta, Norte de Santander, Colombia. El Centro de Investigación de Materiales Cerámicos (CIMAC) de la Universidad Francisco de

Paula Santander (UFPS) se encarga de centralizar todo tipo de información relacionada con el sector cerámico. Esta información se refiere básicamente a: estudios e investigaciones realizadas por instituciones públicas y privadas a nivel regional, nacional e internacional, tesis, normas técnicas de calidad nacionales e internacionales, revistas científicas, boletines de novedades, recopilación de artículos y catálogos, entre otras.

Cuenta con un equipo interdisciplinario de Profesionales altamente capacitados, con amplia experiencia y comprometidos con su labor, que hacen uso eficiente de los recursos, herramientas, instrumentos y equipos de medición, análisis y comparación de última tecnología, para lograr la consecución de los objetivos propuestos y alcanzar los resultados esperados por el cliente, ciñendo siempre sus acciones y actividades a los requerimientos y exigencias de las normas técnicas y de calidad.

La chamota a utilizar en este proyecto, proviene de la empresa cerámica Támesis, Km 12, Vía Pamplona, antes de entrada a vereda Agualinda.

El sector que se vincula de manera directa es el de la construcción, en fase de producción de materiales, como en materia de costos en ejecución de las obras. En este caso específico, afecta la producción de ladrillo, quienes se podrían beneficiar al poderse utilizar la chamota de ladrillo en obtención de concreto. La industria de la construcción es uno de los pilares fundamentales en indicadores de evolución y calidad de vida, siendo muy importante para el crecimiento de las sociedades, además de generar empleos de diferentes tipos. También es una de las principales contribuyentes a la contaminación ambiental, ya que afecta negativamente en diferentes maneras al entorno. A razón de esto, se hace necesario una conciencia ambiental, donde se pueda aprovechar de una mejor forma los recursos naturales y teniendo en cuenta factores como el reciclaje, que ayudan a disminuir la huella de carbono dejada por el mismo.

Entre varias soluciones a esta problemática, está la de sustituir parte del agregado en la producción de concreto, por un nutriente tecnológico, en este caso, por chamota de ladrillo, así disminuir la explotación de recursos naturales y aprovechar material que puede reutilizarse.

## **2.5. Marco Legal**

NTC 4017:2018 Método para Muestreo y Ensayos de Unidades de Mampostería y otros Productos de Arcilla. Esta norma establece los procedimientos de muestreo y ensayo, para todo tipo de ladrillos de arcilla cocida, incluidas las tejas, los adoquines y los bloquelones. En esta norma se incluyen los ensayos de: módulo de rotura, resistencia a la compresión, absorción de agua, coeficiente de saturación, resistencia al congelamiento y descongelamiento, eflorescencias, tasa inicial de absorción, determinación del peso, tamaño, alabeo, uniformidad dimensional, área de las perforaciones, análisis térmico-diferencial, térmico-dilatométrico y expansión por humedad, aunque no todos los ensayos son aplicables necesariamente a todos los tipos de unidades o están referidos a otras normas complementarias. Todas las especificaciones que contengan las respectivas normas de productos relacionadas con métodos de muestreo y ensayos priman sobre lo establecido en esta norma.

NTC 4205:2000 Ingeniería Civil y Arquitectura. Unidades de Mampostería de Arcilla Cocida. Ladrillos y Bloques Cerámicos. Esta norma establece los requisitos que deben cumplir los ladrillos y bloques cerámicos utilizados como unidades de mampostería y fija los parámetros con que se determinan los distintos tipos de unidades.

NTC 4205:2009 Unidades de mampostería de arcilla cocida. Ladrillos y bloques cerámicos. Parte 1: Mampostería Estructural. Establece los requisitos que deben cumplir los ladrillos de arcilla cocida, utilizados como unidades de mampostería estructural en muros

interiores o exteriores y establece los parámetros con lo que se determinan los distintos tipos de unidades.

NTC 4205:2009 Unidades de mampostería de arcilla cocida. Ladrillos y bloques cerámicos. Parte 2: Mampostería No Estructural. Establece los requisitos que deben cumplir los ladrillos de arcilla, utilizados como unidades de mampostería no estructural en muros interiores divisorios y cortafuegos no estructurales o muros exteriores que tengan un acabado de protección con revoque.

NTC 4205:2009 Unidades de mampostería de arcilla cocida. Ladrillos y bloques cerámicos. Parte 3: Mampostería de Fachada. Reúne los requisitos de las unidades de arcilla cocida utilizadas para muros en ladrillo a la vista interiores o exteriores (fachadas). Las unidades para fachadas pueden ser fabricadas tanto para usosen muros divisorios o de cierre, no estructurales.

### **3. Diseño Metodológico**

#### **3.1. Tipo de Investigación**

El proyecto “Evaluación de Mezclas de Arcilla adicionando Chamota de Ladrillo para la Fabricación de Bloque de Construcción, se enmarca según el propósito en una investigación aplicada; según el nivel en exploratoria y descriptiva y finalmente según la estrategia en investigación experimental.

Es Investigación Aplicada porque se utilizaron los conocimientos que se tienen y se llevan a la práctica, aplicándolos en los diferentes procedimientos del proceso productivo de la fabricación del bloque, para finalmente enriquecer el conocimiento según el comportamiento que arroje el material de construcción con la adicción del nutriente utilizado.

La investigación aplicada recibe el nombre de “investigación práctica o empírica”, que se caracteriza porque busca la aplicación o utilización de los conocimientos adquiridos, a la vez que se adquieren otros, después de implementar y sistematizar la práctica basada en investigación (Vargas, 2008, p.5).

Es de tipo exploratorio porque el proyecto se enfoca en un problema que no se ha abordado ampliamente en la región, ni se encuentran datos específicos sobre la fabricación de un prototipo de bloque de construcción a nivel de laboratorio, para ser empleado en construcciones sostenibles.

“Los estudios exploratorios se realizan cuando el objetivo es examinar un tema o problema de investigación poco estudiado, del cual se tienen muchas dudas o no se ha abordado antes”. (Hernández et al., 2014, p. 91)

Es de tipo descriptiva porque en el proyecto se evaluarán las mezclas de arcilla a nivel de laboratorio, simulando las etapas del proceso productivo para la fabricación de un prototipo de

bloque de construcción, mediante la formulación de diferentes porcentajes de nutriente tecnológico en las muestras. Así mismo, la investigación en el laboratorio permitirá obtener la información necesaria para la fabricación del bloque y el desarrollo de los objetivos propuestos.

“Con los estudios descriptivos se busca especificar las propiedades, las características y los perfiles de personas, grupos, comunidades, procesos, objetos o cualquier otro fenómeno que se someta a un análisis”. (Hernández et al., 2014, p.92)

Los diseños experimentales nacen del término experimento que se refiere a “elegir o realizar una acción” y después observar las consecuencias (Hernández et al., 2014, p. 129). Con la elaboración del proyecto se mostrarán los datos obtenidos de la realización de los ensayos requeridos, para así efectuar la acción de analizar los resultados y evaluar según los criterios establecidos en las normas indicadas.

### **3.2. Población y Muestra**

La población es el conjunto de todos los casos que concuerdan con una serie de especificaciones, es decir, lo que va ser estudiado y sobre el cual se pretende generalizar los resultados. Las poblaciones deben situarse claramente por sus características de contenido, lugar y tiempo (Hernández et al., 2014, p. 174).

La muestra es, en esencia, un subgrupo de la población, es decir, un subconjunto de elementos que pertenecen a ese conjunto definido en sus características al que llamamos población (Hernández et al., 2014, p. 175).

#### **3.2.1. Población**

La población a tener en cuenta para la realización del proyecto, involucra a las materias primas utilizadas para la fabricación del bloque, entre las que se tiene, la arcilla de la formación

Guayabo de Norte de Santander, y la chamota de ladrillo. En la población también se incluyen 29 empresas que producen ladrillo en Norte de Santander.

### **3.2.2. Muestra**

El tamaño de la muestra de arcilla y chamota, se seleccionó a convenir de la empresa Cerámica Támesis S.A., porque es la mejor mina explotada en el Área Metropolitana de Cúcuta, cumpliendo con los requisitos ambientales y sistema de explotación adecuado, con patios de almacenamiento de materias primas, botadero de los residuos y con sistema siembra de árboles en zonas explotadas. Además, esta mina es utilizada para una empresa del sector cerámico reconocida del Área Metropolitana de Cúcuta, debido a sus propiedades químicas y a su comportamiento en la industria cerámica para elaboración de productos de construcción.

## **3.3. Instrumentos para la Recolección de Información**

### **3.3.1. Fuentes Primarias**

Para este estudio, se llevó a cabo inicialmente la observación directa, la entrega de los resultados de cada ensayo realizado por el personal del laboratorio.

### **3.3.1. Fuentes Secundarias**

La búsqueda de información en bases de datos, proyectos de investigación, artículos de investigación, NTC 4017, NTC 4205 y, conocimientos adquiridos por el personal del laboratorio que es idóneo y capacitado para el desarrollo de los mismos.

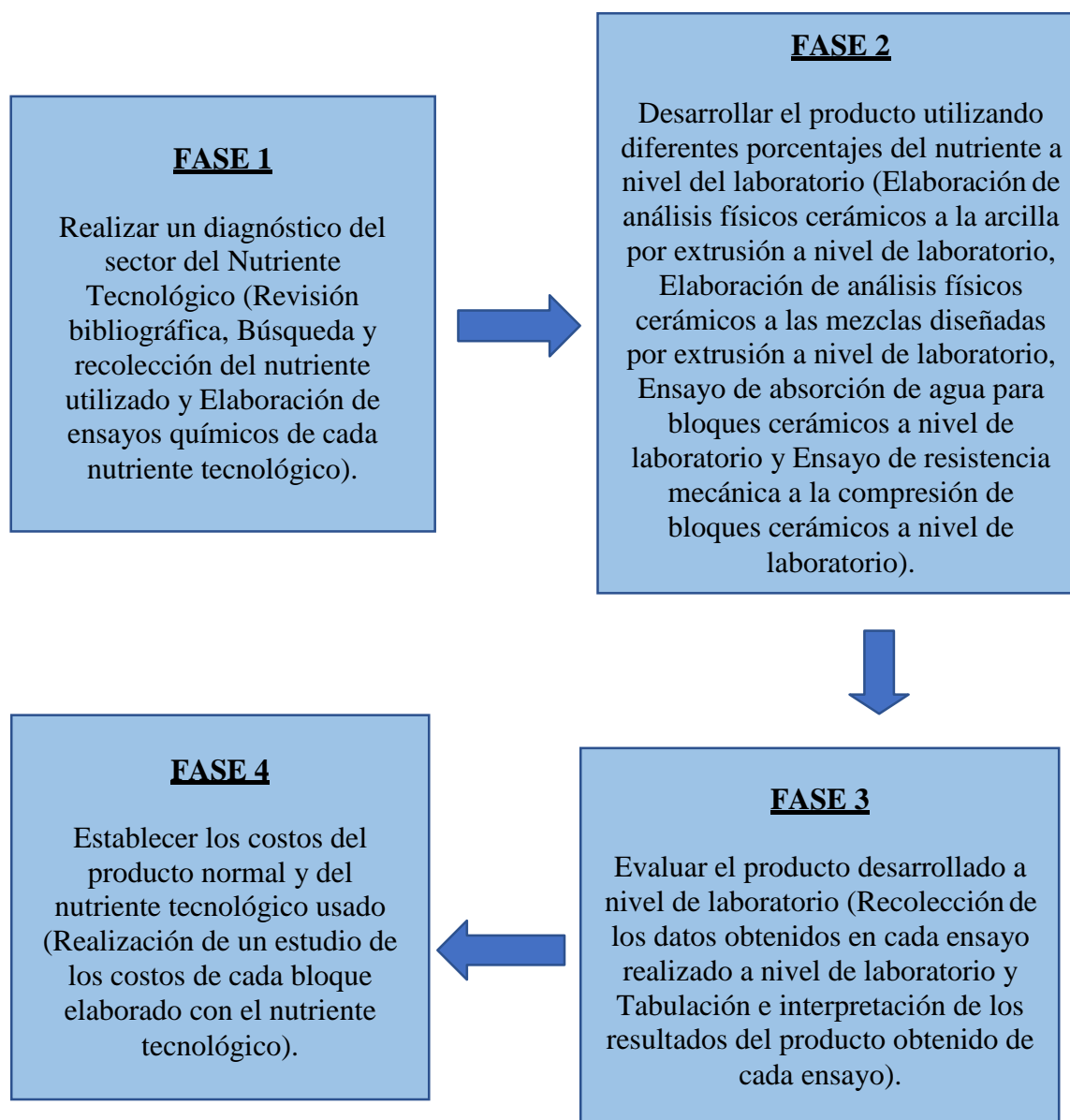
## **3.4. Fases y Actividades Específicas**

Los datos obtenidos por el laboratorio de la caracterización físico-cerámica de las diferentes formulaciones, se tabulan y se presentan en el desarrollo de los objetivos, con cuadros



comparativos con el fin de evaluar las muestras a nivel de laboratorio, obteniendo la muestra apropiada para fabricar un prototipo de bloque de construcción.

Para el análisis de la información que se utilizó en la evaluación del producto desarrollado se emplearon las siguientes técnicas:



**Figura 12.** Fases y Actividades Específicas

## **4. Metodología**

La investigación que se llevó a cabo en este proyecto fue de tipo aplicada, descriptiva y de campo. El estudio se enfocó en la evaluación de la arcilla del Área Metropolitana de Cúcuta con los diferentes porcentajes de nutriente tecnológico utilizado en cada mezcla.

El área de estudio donde se realiza el proyecto, es una arcilla de la mina de Cerámica Tamices S.A. y el nutriente tecnológico también es tomado del mismo lugar. La recolección de información se realizó en dos fases.

En la primera se tuvo en cuenta los estudios químicos de la arcilla y del nutriente utilizado, complementando la información con la observación de reconocimiento en el área de estudio y con asesorías técnicas de profesionales con conocimiento en el tema (tomado de tesis de grado, proyectos realizados en el CIMAC, artículos de investigación).

Durante la segunda fase se hizo la recolección de información de los resultados de los análisis de laboratorio realizados por el laboratorio del Centro de Investigación de Materiales Cerámicos CIMAC, el cual se encuentran relacionados en el desarrollo de los objetivos planteados. Las técnicas de análisis que se contemplaron son los ensayos requeridos según la norma NTC 4205, para clasificación del bloque, según sus requisitos técnicos.

Finalmente, se presenta un estudio de costos del bloque normal H-10, comparado con la mejor mezcla de las tres que se realizaron utilizando el nutriente tecnológico en diferentes porcentajes

### **4.1. Materias Primas Empleadas**

Las principales arcillas explotadas en el departamento de Norte de Santander se encuentran en el área metropolitana de Cúcuta, la cual cuenta con una superficie de 2.196 km<sup>2</sup>, que ocupa el 10,1% de la extensión departamental. De todo el departamento, la zona

metropolitana de Cúcuta es el área donde mayoritariamente se encuentran yacimientos arcillosos, además de ser el lugar donde se concentra casi la totalidad de la industria dedicada a la explotación y transformación de este material. “En vecindades de la ciudad de Cúcuta se explotan las arcillas estratificadas de la parte superior del Grupo Guayabo y la Formación León, de edad Neógena, de origen continental (Ngc) y de excelente calidad como un gres típico” (Sánchez, 2014).

Estas arcillas se encuentran formando parte de la litología de las formaciones terciarias de León y Guayabo. En algunos sectores de Cúcuta los estudios sobre la composición mineralógica y química de las arcillas de Cúcuta las muestran como materiales de primera calidad, desde el punto de vista cerámico (Pedroza, 1996).

#### ***4.1.1. Arcilla***

El término “arcilla” encierra en sí mismo un significado bastante ambiguo que requiere varias acepciones para su comprensión (tamaño de partícula, mineralogía, petrografía, propiedades físicas, etc.). Las arcillas son fruto de los agentes de meteorización físico-químicos actuantes sobre la roca madre original, se las puede considerar como unas acumulaciones naturales, consolidadas o no, de tamaño de grano fino ( $< 1 \mu\text{m}$  según los químicos que estudian los coloides,  $< 2 \mu\text{m}$  según los mineralogistas e investigadores del suelo, y  $< 4 \mu\text{m}$ , según los sedimentólogos), constituidas por variados minerales arcillosos (silicatos alumínicos hidratados, con iones principalmente de Mg, Fe, K y Na) y otros minerales acompañantes como el cuarzo, los feldespatos, los carbonatos, etc. Además, salvo excepciones, poseen un comportamiento físico muy peculiar frente al agua el cual es la plasticidad, e incluso endurecen cuando son secadas o sometidas a tratamientos térmicos a alta temperatura (Alonso, 1961; Bernal et al., 2003; Diaz & Torrecillas, 2002; De Pablo, 1964).

Mineralógicamente están constituidas en su mayoría por filosilicatos, los cuales son un subgrupo de la familia de los silicatos que tienen por principal característica la disposición planar de las redes poliméricas de tetraedros de sílice. Este es un grupo variado, y la principal característica de los filosilicatos arcillosos es su alto contenido de aluminio (Bernal et al., 2003; De Pablo, 1964).

Los principales minerales que componen la arcilla son:

- Caolinita:  $\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$
- Illita:  $(\text{K}, \text{H}_3\text{O}) (\text{Al}, \text{Mg}, \text{Fe})_2 (\text{Si}, \text{Al})_4\text{O}_{10}[(\text{OH})_2, (\text{H}_2\text{O})]$
- Montmorillonita:  $(\text{Na}, \text{Ca})_{0.33}(\text{Al}, \text{Mg})_2(\text{Si}_4\text{O}_{10})(\text{OH})_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$
- Vermiculita:  $(\text{Mg}, \text{Fe}, \text{Al})_3(\text{Al}, \text{Si})_4\text{O}_{10}(\text{OH})_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$

Las arcillas tienen otros minerales diferentes de los anteriores, que se denominan minerales asociados (cuarzo, feldespatos, calcita, pirita) y ciertas fases asociadas no cristalinas, que pueden o no impartir plasticidad, y la materia orgánica (Guggenheim et al., 1995).



**Figura 13.** Frente de Explotación de la Arcilla (Cerámica Támesis S.A.)

#### **4.1.2. Arcillas Cerámicas**

El término de arcillas cerámicas se refiere a los materiales arcillosos que usualmente son utilizados por la industria para la elaboración de piezas cerámicas. Como se sabe, la industria

cerámica es la encargada de generar diferentes productos a partir de procesos especializados o artesanales utilizando como materia prima la arcilla. Las arcillas cerámicas se han clasificado según el uso en la industria de los productos que se pretende realizar, lo cual es una consecuencia de su composición química, su mineralogía y su distribución textural (Díaz & Torrecillas, 2002).

#### 4.1.3. Arcillas Comunes

Los principales usos a los que se destinan estas arcillas son para la industria de la construcción, como ladrillos huecos o caravista, tejas, azulejos para gres y revestimientos. También se emplean en el sector de la alfarería, en las industrias del cemento y como agregados ligeros. El color del producto acabado lleva una componente roja característica, originada por los altos contenidos en óxidos de hierro que suelen estar por encima del 2-2,5%, estas son las arcillas usadas por Cerámica Italia (Díaz & Torrecillas, 2002).

**Tabla 1**

*Composición Estructural del Material Arcilloso*

	<b>Fase</b>	<b>No. Tarjeta PDF-2</b>	<b>Nombre</b>	<b>Cuantitativo (% peso)</b>
	SiO <sub>2</sub>	000-85-0796	Cuarzo	34.8
	KAl <sub>3</sub> Si <sub>3</sub> O <sub>10</sub> (OH) <sub>2</sub>	000-84-1302	Moscovita	11.7
	TiO <sub>2</sub>	000-71-1166	Anatasa	0.8
Cristalino	Al <sub>2</sub> (Si <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )(OH) <sub>4</sub>	000-89-6538	Caolinita	23.2
	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	000-85-0599	Hematita	0.9
	K(AlSi <sub>3</sub> O <sub>8</sub> )	000-87-1787	Microclina	1.8
	Na(AlSi <sub>3</sub> O <sub>8</sub> )	000-89-6424	Albita	1.5
	Total cristalino			74,7
	Amorfos y otros			25,3

*Nota.* Fuente: *Aplicaciones de los nutrientes tecnológicos en la industria cerámica del área metropolitana de Cúcuta*, por J. Sánchez et al., 2018, Ecoe Ediciones Limitada.

#### 4.1.4. Chamota de Ladrillo Cocido

##### Composición Química

**Tabla 2**

*Resultados Análisis FRX Cuantitativo*

<b>vb</b>	<b>Concentración %</b>
LOI	3.27
SiO <sub>2</sub>	71.44
TiO <sub>2</sub>	0.952
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	16.70
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	4.87
Mn <sub>3</sub> O <sub>4</sub>	0.015
MgO	0.72
CaO	0.27
Na <sub>2</sub> O	0.278
K <sub>2</sub> O	1.132
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.091
SO <sub>3</sub>	0.020
V <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.047
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.013
SrO	0.037
ZrO <sub>2</sub>	0.034
BaO	0.050
NiO	0.002
CuO	0.000
ZnO	0.017
PbO	0.000
HfO <sub>2</sub>	0.043

*Nota. Fuente: Aplicaciones de los nutrientes tecnológicos en la industria cerámica del área metropolitana de Cúcuta, por J. Sánchez et al., 2018, Ecoe Ediciones Limitada.*

#### 4.2. Proceso de Conformado

Para el desarrollo del proyecto se contó con una extrusora de laboratorio con vacío modelo NEW WAVE fabricada por la empresa Metal Souza Ltda. (Figura 14).

Inicialmente las mezclas conformadas fueron sometidas al proceso de reducción de tamaño de partícula, se trituraron con el apisonador de arcilla (Figura 15), seguidamente se

molturaron por vía seca en el molino de martillos (Figura 16), y finalmente el material molido se le realizó un proceso de tamizado utilizando el tamiz malla 10 (Figura 17), para obtener una distribución granulométrica uniforme. Después se obtuvo las diferentes mezclas para fabricar el bloque H-10, adicionando 2,5%; 5% y 7,5% de chamota de cerámica esmaltada. Cada mezcla elaborada se humectó manualmente y se mantuvo por 12 horas para conseguir una buena homogenización. Posteriormente se realizó el proceso de extrusión de las pastas cerámicas obtenidas y se obtuvo bloque cerámico H-10 por cada mezcla.

Los bloques conformados de las mezclas se secaron en una estufa de secado de 128 litros (Figura 18) de resistencia eléctrica comenzando a temperatura ambiente (30°C), durante las primeras 5 horas del proceso, se realizaron incrementos de temperatura de 10 °C/hora, finalmente se llevó a la temperatura de 110°C hasta completar 24 horas de secado. Una vez alcanzaron la temperatura ambiente, los bloques se pesaron y se midieron.

Los bloques secos se llevaron a un horno mufla de laboratorio (Figura 19) con calentamiento eléctrico, sometiendo cada bloque a temperaturas de cocción de 1000°C.

Después del ciclo de cocción, cada bloque se pesó y se midió, una vez alcanzaron la temperatura ambiente, para mejor manipulación. Finalmente se realizó la prueba de absorción de agua por inmersión y resistencia mecánica a la compresión, utilizando la metodología establecida en la norma Técnica Colombia NTC 4017.



**Figura 14.** Extrusora de Laboratorio con Vacío



**Figura 15.** Apisonador de la Arcilla  
(Trituración)



**Figura 16.** Molino de Martillos (Molienda  
Vía Seca)



**Figura 17.** Tamiz Malla 10 (Tamizado)



**Figura 18.** Estufa de 128 litros





**Figura 19.** Horno Mufla

### **4.3. Ensayos Realizados**

#### **4.3.1. Análisis Físico-cerámico**

**Objeto.** Establecer el método de ensayo para realizar el análisis físico cerámico de productos estructurales, con el fin de obtener las especificaciones de producto.

#### **Equipos.**

##### **• Extrusora (Figura 14)**

Se utilizó la extrusora de laboratorio para conformar los bloques cerámicos mezclados con cisco de café y se obtuvo bloque cerámico H-10 por cada mezcla.

##### **• Estufa de secado (Figura 18)**

Elimina la humedad de los bloques, debido a que se programa su secado a una temperatura de 110 °C, durante 24 horas.

##### **• Pie de Rey**

Mide los largos, anchos y espesores de cada bloque.



**Figura 20.** Pie de Rey Digital de 200 mm

### **Reactivos y/o Materiales.**

- ACPM
- Paño de limpieza
- Cortador de bloques
- Marcador para rotular

**Procedimiento.** Se inicia con el proceso de conformado por extrusión para elaborar los bloques en condiciones húmedas, los cuales se deben medir con calibrador pie de rey (Figura 20), y pesar con balanza digital (Figura 21), obteniendo dimensiones de longitud entre 80 y 100 mm y masa entre 150 y 190 g. Posteriormente los bloques se secan en la estufa de secado iniciando a temperatura ambiente de 30°C hasta llegar a temperatura de 110 °C durante 24 horas. Luego se dejan secar a temperatura ambiente para ser manipulados, con el fin de tomar de nuevo medias en condiciones secas. Finalmente se queman en el horno mufla a temperatura de 1000 °C, se deja enfrían cada bloque para obtener las medidas finales de en condiciones cocidas. Después de tener todos los datos mencionados en las 3 condiciones, se calcula la contracción seca y cocida, las pérdidas de masa seca y cocida de cada mezcla.

#### **4.3.2. Determinación de la Absorción de Agua en Unidades de Mampostería**

**Objeto.** Establecer el método de ensayo para determinar la absorción de agua en bloques cerámicos, con el fin de obtener las especificaciones de producto.

## Equipos.

### • Estufa de secado (Figura 18)

Se secan los bloques a una temperatura entre 105 °C y 115 °C, en un secadero durante no menos de 24 horas, hasta que, en dos pesajes sucesivos a intervalos de 2 horas, no se presente un cambio superior al 0,2% del último peso del bloque determinado previamente.

### • Balanza

Balanza, con precisión 0,1 g.



**Figura 21.** Balanza Digital de 20 kg

### • Tanque de absorción

Equipo para determinar la absorción de agua por inmersión, está fabricado en plástico, con apoyos inferiores que permiten la libre circulación del agua por todas las caras, evitando que cualquiera de sus caras quede apoyada directamente sobre el fondo del recipiente. Por ende, el tanque tiene canastillas o rejillas con capacidad de soportar los especímenes por debajo del agua.



**Figura 22.** Tanque para realizar Absorción de Agua por el Método de Inmersión

• **Termohigrómetro**

Registrador de datos de temperatura (°C) y humedad relativa (%) de Extech.



**Figura 23.** Termohigrómetro EXTECH

**Reactivos y/o Materiales.**

- Agua destilada o des ionizada
- Paño absorbente
- Paño de limpieza
- Brocha o cepillo duro
- Marcador para rotular

## **Procedimiento.**

### **a) Preparación de los Especímenes de Ensayo**

Se retira cualquier partícula que éste mal adherida o suelta de cada espécimen de ensayo con un cepillo duro, una brocha o un trapo de limpieza.

Se rotula cada espécimen con el código interno dado a la muestra y el respectivo número de espécimen.

### **b) Secado de los Especímenes**

Se pesa cada espécimen de ensayo y se registra la masa inicial como  $m_1$  en la hoja de ensayo, posteriormente se introducen en la estufa de secado, la cual se mantiene a una temperatura entre  $105\text{ }^{\circ}\text{C}$  y  $115\text{ }^{\circ}\text{C}$ ; después de 24 horas de secado, se sacan los especímenes de la estufa de secado, se dejan enfriar a temperatura ambiente, y se pesan registrando la masa como  $m_2$ .

Seguidamente se introducen los especímenes a la estufa de secado y se mantiene durante 2 horas más, se retiran y se dejan enfriar a temperatura ambiente; se pesan nuevamente y se registra la masa como  $m_3$ . Se verifica si los especímenes han alcanzado una masa constante, es decir, cuando la diferencia entre dos pesajes  $m_2$  y  $m_3$ , sea menor que  $0,2\%$ ; de lo contrario se repite el procedimiento de secado.

### **c) Aplicación del Ensayo**

Cuando los especímenes se han enfriado en el cuarto hasta mantener la temperatura de  $24\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 8\text{ }^{\circ}\text{C}$ , con una humedad relativa entre  $30$  y  $70\%$ ., se colocan verticalmente, sin contacto entre ellos, en el tanque de absorción, de forma que exista una altura de  $5\text{ cm}$  de agua destilada por encima y por debajo de las piezas a través de todo el ensayo.

Seguidamente se sumergen completamente los especímenes en agua destilada a una temperatura entre 15,5 °C y 30 °C, durante 24 h (sin inmersión parcial preliminar). Mantener el nivel de agua 5 cm por encima de los especímenes que se están ensayando.

Finalmente se prepara el paño absorbente humectándolo y exprimiéndolo a mano, se coloca sobre una superficie plana y suavemente se seca cada lado de los especímenes uno a la vez.

Inmediatamente después de este procedimiento, se pesa cada espécimen  $m_4$  y se registra los resultados, en la hoja de ensayo.

El valor de  $m_4$  se registra como masa húmeda del espécimen en el reporte interno.

#### ***4.3.3. Determinación de la Resistencia Mecánica a la Compresión en Unidades de Mampostería***

**Objeto.** Establecer el método de ensayo para determinar la resistencia mecánica a la compresión en bloques cerámicos, con el fin de obtener las especificaciones de producto.

##### **Equipos.**

- **Pie de Rey (Figura 20)**

Mide los largos, anchos y espesores de cada bloque.

- **Crometro o Prensa de Flexión**

La máquina de ensayo debe tener suficiente capacidad para fallar todos los especímenes de ensayo, pero la escala o capacidad de la misma debe ser tal que la carga de rotura aplicada sea mayor de un quinto de la lectura de la escala completa.



**Figura 24.** Crometro (Prensa de Presión)

### **Materiales.**

- Paño de limpieza
- Brocha o cepillo duro para limpiar el crometro
- Marcador para rotular

**Procedimiento.** Se ensayan los bloques en una posición tal que la carga sea aplicada en la dirección en que van a estar puestos en servicio. Centre los bloques bajo el soporte esférico superior con una tolerancia de 1,6 mm.

Limpie los platos de la máquina de ensayo con un trapo, elimine todas las impurezas sueltas que existan en las caras de apoyo del bloque. Alinee cuidadosamente el bloque con el centro del plato, de manera que queda asentado uniformemente. Las piezas que tengan una sola hendidura deben colocarse con ésta hacia arriba. En el caso en que la pieza tenga hendiduras en ambas caras, la cara que tenga la hendidura de mayor tamaño debe colocarse hacia arriba.

Se debe aplicar la carga con una velocidad adecuada hasta la mitad de la máxima esperada de acuerdo con el estimativo previsto para el producto o en su defecto con base en el requisito de resistencia propio de él acorde a la norma respectiva. Luego de aplicada esta carga inicial se deben ajustar los controles de la máquina de tal forma que la carga faltante se aplique a una velocidad uniforme en no menos de 60 segundos ni más de 120 segundos.

### **4.4. Normas Aplicadas**

a) NTC 4017:2018 Norma Técnica Colombiana NTC 4017. Métodos para muestreo y ensayos de unidades de mampostería y otros productos de arcilla 2008-05-23 ICONTEC.

b) NTC 4205:2000 Norma Técnica Colombiana NTC 4205. Ingeniería civil y arquitectura. Unidades de mampostería de arcilla cocida. Ladrillos y bloques cerámicos 200-10-25.

#### **4.4.1. Propiedades Físicas**

**Absorción de Agua.** Las unidades de mampostería de arcilla cocida, ensayadas según el procedimiento descrito en la NTC 4017 (ASTM C67), deben cumplir con los requisitos de absorción de agua en 24 h de inmersión (promedio y máximo individual) que se da en la Tabla 6 y 7.

En general, no se pueden tener absorciones inferiores al 5% en promedio, ni superficies vidriadas o esmaltadas en las caras en que se asientan o en las que se vayan a pañetar.

Si en razón de la materia prima utilizada, las unidades de mampostería de uso exterior (fachada) resultan con absorción mayor a la especificada, se puede acudir al análisis termo diferencial conjunto de la arcilla y el producto cocido, para demostrar si la temperatura de cocción es suficiente o no, y para evitar la rehidratación de la arcilla cuando las piezas estén expuesta a la intemperie. También se puede tomar como criterio de estabilidad a la intemperie, la relación de módulos de rotura, establecida entre una pieza saturada de agua durante 24 horas a temperatura ambiente y el de una pieza seca. Dicha relación no puede ser inferior a 0,8. Este ensayo se efectúa sobre cinco muestras para cada estado, según el método descrito en la NTC 4017.



**Resistencia Mecánica a la Compresión.** Las unidades de mampostería de arcilla cocida deben cumplir con la resistencia mínima a la compresión que se especifica en la Tabla 3 y 4, cuando se ensayan según el promedio descrito en la NTC 4017.

**Tabla 3.**

*Propiedades Físicas de las Unidades de Mampostería Estructural*

Tipo	Resistencia mínima a la compresión Pa (Kgf/cm <sup>2</sup> )		Absorción de agua máxima en %			
			Interior *		Exterior	
	Prom 5 U	Unid	Prom 5 U	Unid	Prom 5 U	Unid
PH <sup>a</sup>	5,0 (50)	3,5 (35)	13	16	13,5	14
PV <sup>b</sup>	18,0 (180)	15,0 (150)	13	16	13,5	14
M <sup>c</sup>	20,0 (200)	25,0 (150)	13	16	13,5	14

*Nota.* Fuente: NTC 4017.

<sup>a</sup>PH = unidad de mampostería de perforación horizontal (ladrillo y bloque)

<sup>b</sup>PV = unidad de mampostería de perforación vertical (ladrillo y bloque)

<sup>c</sup>M = unidad de mampostería maciza (ladrillo)

**Tabla 4.**

*Propiedades Físicas de las Unidades de Mampostería no Estructural*

Tipo	Resistencia mínima a la compresión Pa (Kgf/cm <sup>2</sup> )		Absorción de agua máxima en %			
			Interior *		Exterior	
	Prom 5 U	Unid	Prom 5 U	Unid	Prom 5 U	Unid
PH	3,0 (30)	2,0 (20)	17	20	13,5	14
PV	14,0 (140)	10,0 (100)	17	20	13,5	14
M	14,0 (140)	10,0 (100)	17	20	13,5	14

*Nota.* Fuente: NTC 4017.

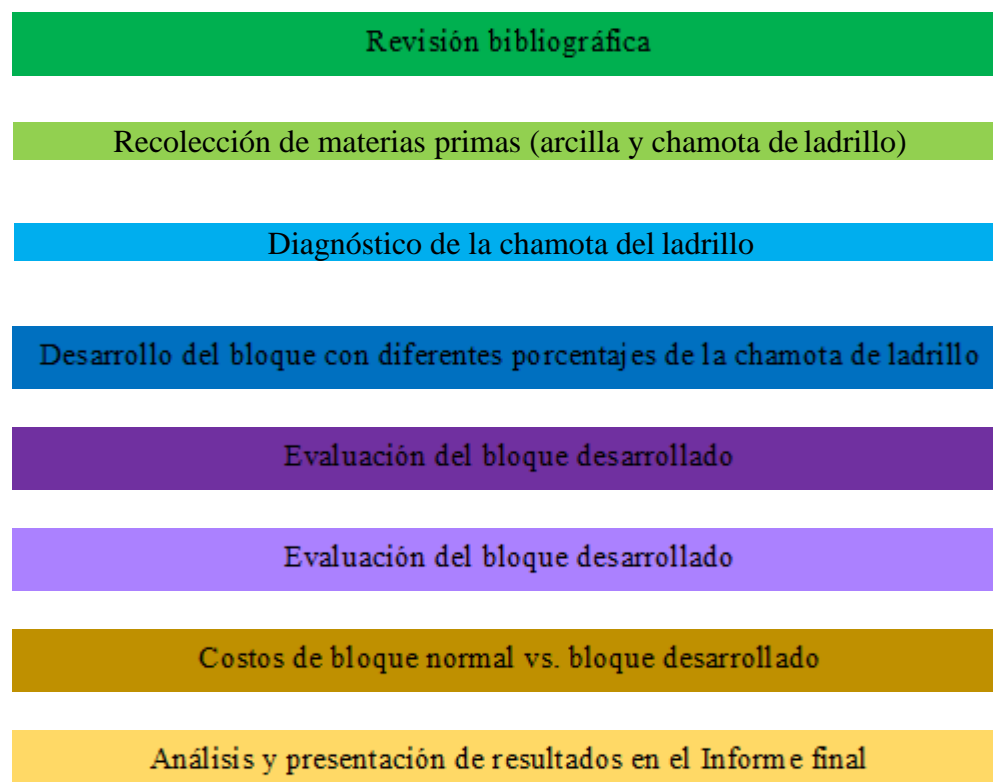
<sup>a</sup>PH = unidad de mampostería de perforación horizontal (ladrillo y bloque)

<sup>b</sup>PV = unidad de mampostería de perforación vertical (ladrillo y bloque)

<sup>c</sup>M = unidad de mampostería maciza (ladrillo)

## 5. Informe Final

La metodología que se desarrolló en el trabajo investigativo se presenta en la siguiente figura, y se describe a continuación:



**Figura 25.** Metodología Desarrollada en el Proyecto

### 5.1. Diagnóstico del Sector del Nutriente Tecnológico

Norte de Santander tiene una de las tasas de desempleo e informalidad más grandes de Colombia, el índice de informalidad alcanzó el 72,5 % para el primer trimestre del año 2021 y la tasa de desempleo un índice de 22,5 %, siendo Cúcuta la segunda ciudad con mayor desempleo del país (Alerta Santanderes, 2021). Según datos de la cámara de comercio de Cúcuta para el año 2018 se encontraban 44.000 empresas privadas, siendo el 95% microempresas, 3.4% empresas pequeñas y el 0.22% grandes empresas. Ahora bien, con lo que respecta al sector de la industria

de la cerámica para Norte de Santander constituye el 21% del sector manufacturero, pagó el 37% de los salarios, produjo el 38% del empleo, aportó el 12,8% al PIB y fue de lejos el subsector más importante de la región (Departamento Administrativo Nacional de Estadística, 2017).

Como las demás industrias para esta zona fronteriza, la industria de la cerámica se beneficiaba de intercambio comercial con el país de Venezuela, pero debido a la situación actual que presenta dicho país, el Plan Regional de Competitividad proyecta una visión de la necesidad de ampliarse a otros mercados e impulsar esta industria para elevar los niveles de competitividad dentro y fuera del país.

Como proveedores de materia prima para el sector cerámico se señala a la industria minera (arcilla, caolines, feldespato, cuarzo, carbonato de calcio, dolomita, bentonita y mica), petroquímica (lubricantes), metalmecánica (maquinaria y herramientas), maderera (estibas) y la industria del plástico (aligerantes y embalaje de producto terminado) (Pineda et al., 2007) y, también se encontró que los principales aliados estratégico e impulsores de esta industria son: Universidad Francisco de Paula Santander, Banco del comercio exterior S.A., Findeter S.A., Finagraria, Icetex, Fonade, Fogafin, Fondo de garantías, Fondo Nacional del ahorro, Fondo nacional de garantías S.A., Bancoldex, Proexport, Cámara de Comercio de Cúcuta, Comité Asesor Regional de Comercio Exterior (CARCE), Asociación de Industriales de Norte de Santander, Induarcillas, Corporación Autónoma Regional de la Frontera Nororiental CORPONOR, Cooperativa Multiactiva de Arcilleros del Norte (Coomuanor), Gobernación de Norte de Santander, Alcaldía de Cúcuta, Departamento Administrativo Planeación Nacional (DPN), Secretaria de Planeación Distrital, Instituto de Desarrollo Urbano (IDU), Instituto Colombiano de Normas Técnicas (Icontec), Servicio Nacional de Aprendizaje (Sena), entre otros (Sanchez et al., 2019). Para el año 2017 el sector se encontraba conformado por chircales (75%),

medianas empresas (7%) y pequeñas empresas (13%) que no poseen procesos productivos estandarizados altamente competitivos (López y pineda, 2017). Se considera que la industria le falta inversión en innovación, aun con los desarrollos tecnológicos que ya se han implementado como el aprovechamiento de energía solar en materiales cerámicos, sistema cerámico con sensores eléctricos y sistema de calefacción con cerámica integrada, pues hace falta un mayor interés en la investigación para sistematizar y dar eficiencia a los sistemas de producción (Sánchez, 2019).

Según la cámara de comercio de Cúcuta, para el año 2012, el clúster de cerámica del departamento de Norte de Santander, estuvo conformada por 67 empresas productoras que estaban dedicadas a producir y comercializar productos derivados de la arcilla proveniente de formaciones geológicas como el Guayabo y León. Siendo los productos más representativos de la empresa, el bloque, el ladrillo multiperforado y la teja española. Además de los productores, la cadena de valor del clúster de la cerámica en el departamento está conformada por cerca de 1.338 actores, asaber: proveedores de materia prima, de energía, embalaje y maquinaria, empresas de transporte de carga, intermediarios de ventas, clientes intermedios, mercados, entidades del gobierno, centros de formación e investigación, banca y entidades financieras, sindicatos, asociaciones, medos de comunicación y las demás instituciones de apoyo tanto del sector público como privado (Sánchez, 2019).

En el estudio del año 2013 de Sánchez y Ramírez para una población de 59 empresas de productos derivados de la arcilla y 42 empresas que comercializan o compran materiales cerámicos de construcción registradas en la Cámara de Comercio de Cúcuta para 2009, se encontró que:

1. El 46% de las empresas tienen activos en un rango de 501 a 5.000 salarios mínimos mensuales legales vigentes (SMMLV) y el 75% cuenta con 11-50 empleados. Esto las cataloga como pequeñas empresas según la clasificación de la ley 905 de 2004.

2. El 56% de las empresas reportan ingresos entre 50 y 250 millones de pesos mensuales.

3. El 48% de las empresas tiene una capacidad instalada entre 51 y 1.000 toneladas/mes.

Además, “se identificó que la mayor proporción de productos fabricados en las empresas corresponde a bloque (15%), ladrillo perforado (14%), teja española (11%), tableta colonial (9%) y enchapes y revestimientos (9%) y, en menor proporción, los tubos (0%), el Tabelaon (1%), y la tableta esmaltada (0%)”. Venezuela es el mercado tradicional de estos productos.

Con respecto al tipo de bloque que se produce en Cúcuta y su área metropolitana, se destaca el bloque H-10, el cual viene en presentaciones de seis huecos cuadrado y ocho huecos mixto los cuales tienen propiedades similares. Aunque, respecto a sus medidas, varían según la empresa que los produce (Rozo et al., 2013).

En el área metropolitana de Cúcuta se producen 15.000.000 de bloques mensualmente de 4,5 kg; es decir se producen 67.500 ton/ mensuales de producto.

El 67.500 ton/ mensuales se produce el 5% de residuo; es decir de chamota de ladrillo se produce 3.375 ton/mensuales.

## **5.2. Desarrollo del Bloque H-10 Utilizando Diferentes Porcentajes del Nutriente a nivel de Laboratorio**

Las mezclas de arcillas con chamota de ladrillo empleadas para el estudio de los ensayos, se caracterizaron mediante la realización de análisis físicos-cerámicos, con el fin de observar el comportamiento individual de cada una de ellas. Los ensayos se realizaron en el Centro de

Investigación en Materiales Cerámicos CIMAC de la Universidad Francisco de Paula Santander y se mencionan a continuación.

- Contracción (seco y cocido).
- Perdidas de masa cocida.
- Pesos (húmedo, seco y cocido).
- Absorción de Agua.

### **5.2.1. Procedimientos de Ensayos Realizados a las Materias Primas**

Algunos de los ensayos considerados claves para establecer el comportamiento de las propiedades físicas fueron realizados siguiendo métodos internos del laboratorio del Centro de Investigación y Materiales Cerámicos CIMAC como se observa a continuación.

**Contracción en Cocido.** A continuación se enuncian los aparatos, equipos, reactivos e insumos utilizados.

- Calibrador pie de rey (+/- 0,01 mm)
- Recipiente
- Estufa de secado ( $\pm 5$  °C)
- Horno Mufla
- Pinzas
- Guantes Industriales

**Procedimiento.** Los bloques a nivel de laboratorio se secan completamente en una estufa a 110 °C, una vez secas, se mide la longitud de cada uno y se registra este valor (LS).

Posteriormente, se someten al ciclo de cocción correspondiente.

Finalmente, se vuelve a medir la longitud de las probetas se registra este valor (LC). La contracción se calcula a partir de la Ecuación 1.

$$\%CC = \frac{LS-LC}{LS} * 100 \quad (1)$$

Dónde:

CC = contracción cocida (%)

LS = longitud del bloque seco (mm)

LC = longitud del bloque cocido (mm)

**Perdidas de masa cocida.** A continuación se enuncian los aparatos, equipos, reactivos o insumos utilizados.

- Balanza de precisión ( $\pm 0,001$  g)
- Estufa de secado ( $\pm 5$  °C)
- Horno Mufla
- Guantes industriales
- Pinzas
- Recipientes

**Procedimiento.** Los bloques a nivel de laboratorio se pesan registrando el valor de dicha magnitud (masa en coccido mc), y se realiza el siguiente cálculo para determinar el porcentaje de pérdida de masa. Las pérdidas por calcinación se calculan a partir de la Ecuación 2.

$$PMC = \frac{ms-mc}{ms} * 100 \quad (2)$$

Dónde:

PMC = pérdidas de masa (%)

ms = masa de la pieza seca (g)

mc = masa de pieza cocida (g)

**Absorción de agua.** A continuación se enuncian los aparatos, equipos, reactivos e insumos utilizados.

- Balanza de precisión (+/- 0,01)
- Recipiente metálico
- Estufa eléctrica
- Paño absorbente
- Bandeja metálica
- Pinzas
- Agua desionizada o destilada
- Guantes industriales

**Procedimiento.** Se pesa cada bloque y se registra la masa inicial como  $m_1$ , posteriormente se introducen en la estufa de secado, después de 24 h, se sacan y se dejan enfriar a temperatura ambiente, y se pesan registrando la masa como  $m_2$ .

Se introducen los bloques a la estufa de secado y se mantiene durante 2 horas más, se retiran y se dejan enfriar a temperatura ambiente; se pesan nuevamente y se registra la masa como  $m_3$ . Se verifica si los bloques han alcanzado una masa constante, es decir, cuando la diferencia entre dos pesajes  $m_2$  y  $m_3$ , sea menor que 0,2 %; de lo contrario se repite el procedimiento. Cuando los bloques se han enfriado, se colocan verticalmente, sin contacto entre ellos, en el tanque de absorción, de forma que exista una altura de 5 cm de agua destilada por encima y por debajo de las piezas a través de todo el ensayo.

Seguidamente se sumergen completamente los especímenes en agua destilada durante 24 h (sin inmersión parcial preliminar). Finalmente se prepara el paño absorbente humectándolo y exprimiéndolo a mano, se coloca sobre una superficie plana y suavemente se seca cada lado de



los especímenes uno a la vez. Inmediatamente después de este procedimiento, se pesa cada bloque  $m_4$  y se registra los resultados.

Método de ebullición. Se colocan los bloques verticalmente, sin contacto entre ellos, en el recipiente metálico de forma que exista una altura de 5 cm de agua por encima y por debajo de las piezas a través de todo el ensayo. Se lleva el recipiente a la estufa y se calienta el agua hasta que ebulle y se continua con la ebullición durante 2 h. Se mantiene el nivel de agua 5 cm de las probetas que se están ensayando. Luego se retiran los bloques de la fuente de calor y se llevan a enfriamiento a temperatura ambiente, manteniéndolas completamente inmersa, durante 4 horas  $\pm 15$  min. Se prepara el paño absorbente humectándolo y exprimiéndolo. Se coloca sobre una superficie plana y suavemente se seca cada lado de la probeta una a la vez. Se golpean suavemente las superficies en relieve con el paño absorbente.

Inmediatamente después de este procedimiento, se pesa cada bloque (P2b) y se registran los resultados con la misma precisión que para el seco.

Para cada bloque, la absorción de agua (AA), expresado como porcentaje de la masa seca, se calcula empleando la Ecuación 3.

$$\%AA = \frac{P_h - P_c}{P_c} * 100 \quad (3)$$

Dónde:

%AA = absorción de agua (%)

$P_c$  = masa del bloque cocido (g)

$P_h$  = masa del bloque húmedo (g)

Para la realización de este proyecto se establecieron 3 mezclas representadas en los siguientes porcentajes.

## Tabla 5

*Mezclas Elaboradas y Ensayadas*

<b>Mezcla</b>	<b>Chamota de Cerámica Esmaltada</b>	<b>Arcilla</b>
M1	2,5 %	97,50 %
M2	5,0 %	95,00 %
M3	7,5 %	92,50 %

**5.2.1. Elaboración de Bloques**

Inicialmente se realizó el análisis físico cerámico para la Arcilla 100% utilizada como patrón, se determinó el porcentaje de absorción de agua y su resistencia mecánica a la compresión, con el fin de comparar los resultados con las mezclas desarrolladas. A continuación, se muestran los resultados obtenidos de la Arcilla Patrón.

**Tabla 6**

*Resultados de Análisis Físico Cerámico*

	<b>Ensayo</b>	<b>Resultado</b>	<b>Incertidumbre (<math>\mu</math>)</b>
Análisis físico cerámico por extruido (AFE)	Contracción en seco (%CS)	4,77 %	$\pm 0,01$
	Contracción en cocido (%CC)	3,00 %	$\pm 0,01$
	Perdidas de masas cocida (% PMC)	3,97 %	$\pm 0,02$
	Peso húmedo (g)	155,32 g	$\pm 0,05$
	Peso seco (g)	127,41 g	$\pm 0,05$
	Peso Cocido (g)	122,36 g	$\pm 0,05$

Para tener repetitividad y reproducibilidad en los resultados se realizaron por triplicado según la Norma Técnica Colombia NTC 4017, obteniendo los siguientes resultados en las tablas 7, 8, 9, 10, 11 y 12, mostrando los ensayos de absorción de agua en las tablas (7, 8 y 9) y resistencia mecánica a la compresión en las tablas (10, 11 y 12).

**Tabla 7***Resultado Absorción de Agua #1*

<b>Espécimen N.º</b>	<b>Masa seca del espécimen (g)</b>	<b>Masa húmeda del espécimen (g)</b>	<b>Absorción de agua (E) (%)</b>
1	119,90	133,02	10,9
2	121,69	134,46	10,5
3	119,44	132,16	10,6
4	117,24	129,89	10,8
5	116,70	129,29	10,8
Promedio de la muestra	119,0	131,8	10,7

**Tabla 8***Resultado de Absorción de Agua #2*

<b>Espécimen N.º</b>	<b>Masa seca del espécimen (g)</b>	<b>Masa húmeda del espécimen (g)</b>	<b>Absorción de agua (E) (%)</b>
1	118,28	131,6	11,3
2	119,92	133,5	11,3
3	120,74	134,5	11,4
4	114,86	127,8	11,2
5	146,14	162,5	11,2
Promedio de la muestra	124,0	138,0	11,3

**Tabla 9***Resultado de Absorción de Agua #3*

<b>Espécimen N.º</b>	<b>Masa seca del espécimen (g)</b>	<b>Masa húmeda del espécimen (g)</b>	<b>Absorción de agua (E) (%)</b>
1	118,42	131,5	11,0
2	119,85	133,4	11,3
3	121,25	134,5	10,9
4	116,49	129,7	11,4
5	118,44	131,4	10,9
Promedio de la muestra	118,9	132,1	11,1

**Tabla 10***Resultado Resistencia Mecánica a la Compresión #1*

Espécimen N°	Largo del espécimen (mm)	Ancho del espécimen (mm)	Alto del espécimen (mm)	Área neta del espécimen (mm <sup>2</sup> )	Área neta del espécimen (cm <sup>2</sup> )	Carga de rotura por compresión (kgf)	Resistencia a la compresión (kgf/cm <sup>2</sup> )
1	74,84	26,53	46,62	1985,5	19,86	681,48	34,32
2	75,65	26,47	47,21	2002,5	20,02	631,50	31,54
3	74,92	26,65	45,37	1996,6	19,97	509,52	25,52
4	72,74	26,69	46,02	1941,4	19,41	595,02	30,65
5	73,49	26,53	47,17	1949,7	19,50	739,58	37,93
Promedio	74,33	26,57	46,48	1.975,14	19,75	631,42	31,99

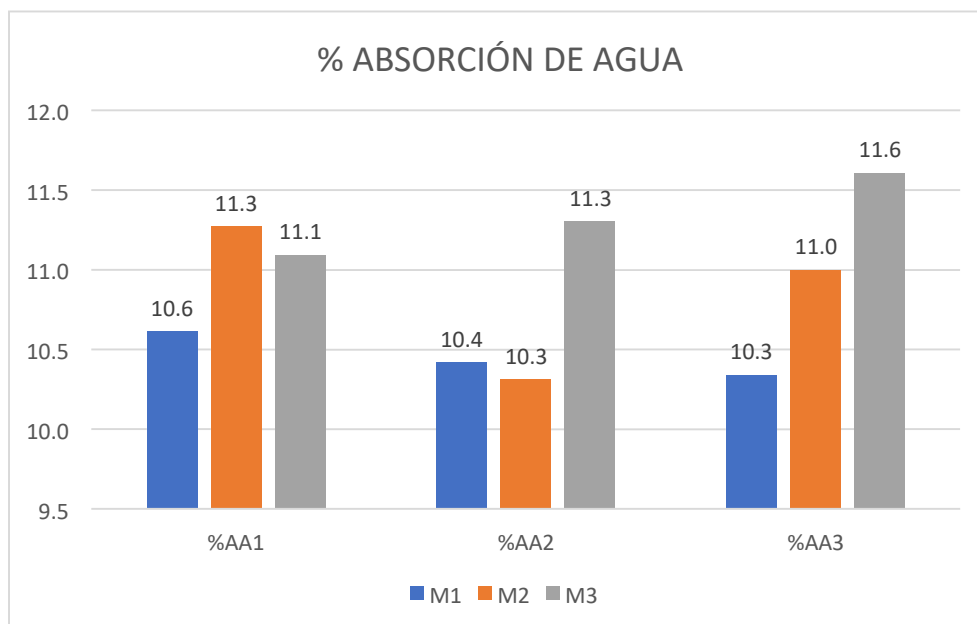
**Tabla 11***Resultado Resistencia Mecánica a la Compresión #2*

Espécimen N°	Largo del espécimen (mm)	Ancho del espécimen (mm)	Alto del espécimen (mm)	Área neta del espécimen (mm <sup>2</sup> )	Área neta del espécimen (cm <sup>2</sup> )	Carga de rotura por compresión (kgf)	Resistencia a la compresión (kgf/cm <sup>2</sup> )
1	73,85	25,83	47,39	1907,5	19,08	510,87	26,78
2	75,16	26,26	47,45	1973,7	19,74	602,16	30,51
3	75,58	26,23	47,44	1982,5	19,82	716,42	36,14
4	74,31	26,73	46,68	1986,3	19,86	583,63	29,38
5	73,40	26,51	47,34	1945,8	19,46	719,12	36,96
Promedio	74,46	26,31	47,26	1.959,17	19,59	626,44	31,95

**Tabla 12***Resultado Resistencia Mecánica a la Compresión #3*

Espécimen N°	Largo del espécimen (mm)	Ancho del espécimen (mm)	Alto del espécimen (mm)	Área neta del espécimen (mm <sup>2</sup> )	Área neta del espécimen (cm <sup>2</sup> )	Carga de rotura por compresión (kgf)	Resistencia a la compresión (kgf/cm <sup>2</sup> )
1	75,29	26,32	46,85	1981,6	19,82	692,68	34,95
2	73,84	26,98	47,00	1992,2	19,92	467,83	23,48
3	74,77	26,31	46,52	1967,2	19,67	748,26	38,04
4	70,31	26,49	47,62	1862,5	18,63	581,90	31,24
5	93,74	26,17	46,81	2453,2	24,53	573,40	23,37
Promedio	77,59	26,45	46,96	2.051,34	20,51	612,81	30,22

### 5.3. Evaluación del Bloque H-10 Desarrollado a Nivel de Laboratorio



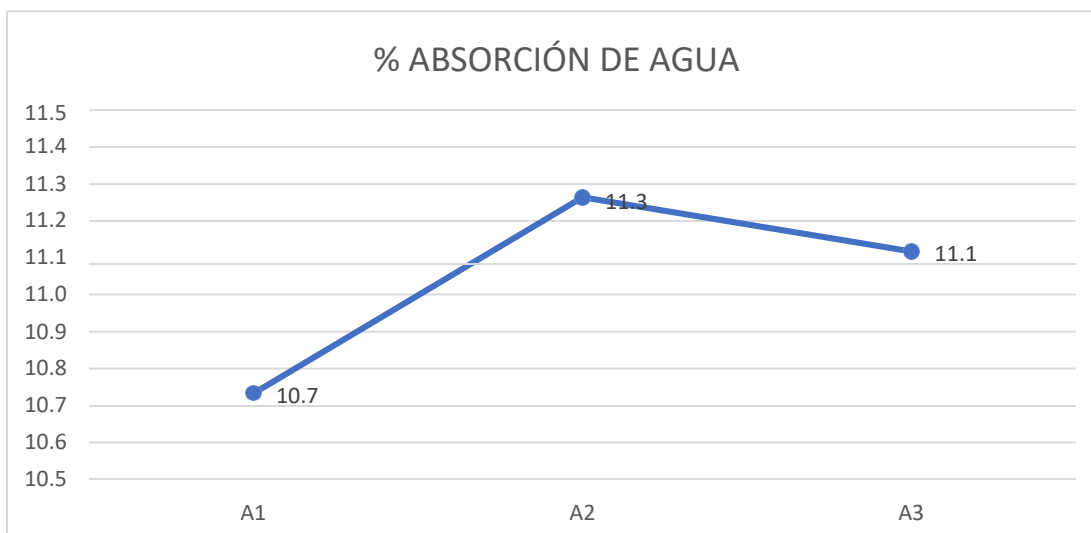
**Figura 26.** Absorción de Agua M1, M2 y M3

El porcentaje de absorción de agua se observa en la Figura 26, el cual reporta el histograma de las 3 mezclas utilizadas, que se hace para conocer cada porcentaje de cada una de ellas. Se puede observar que la mezcla M1 da menor porcentaje y la M3 da mayor porcentaje, lo que indica que a mayor cantidad de chamota aumenta la absorción.

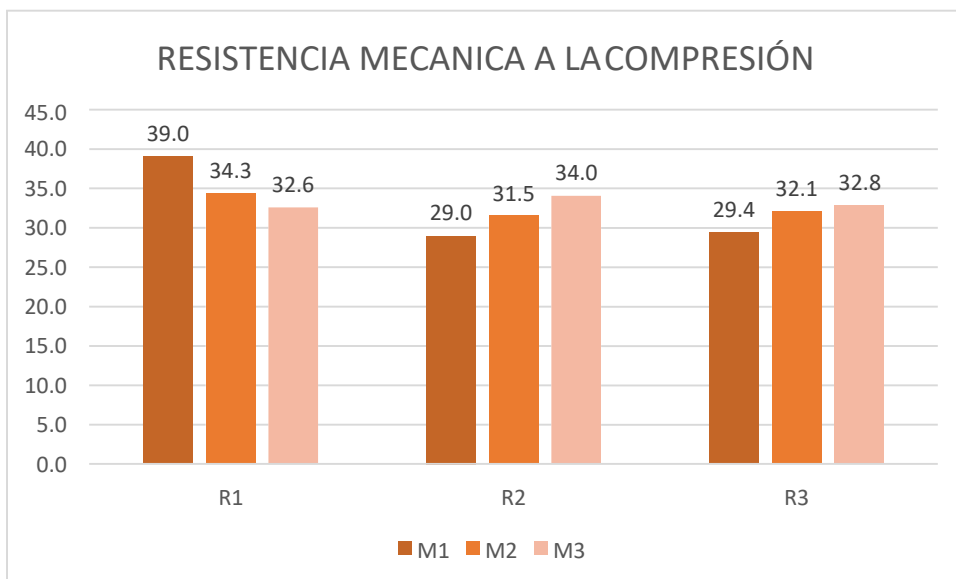
En la Figura 26 se muestra que la mezcla M2 presenta un comportamiento diferente a las otras 2 mezclas como se evidencia, en la mezcla de 2,5% y 7,5% de chamota de ladrillo presenta un porcentaje del 11%, mientras que en la mezcla de 5% de chamota de ladrillo disminuye.

Los resultados representados en tablas 7-9 se realizaron con la finalidad de visualizar una propiedad física, de acuerdo al comportamiento individual de cada mezcla. El ensayo de absorción de agua se llevó a cabo por triplicado empleando el procedimiento indicado, con el fin de evaluar el comportamiento de cada mezcla. Se empleó los promedios de las tres absorciones en la figura 26, en donde sólo varía la A1, comparada con la A2 y A3, es decir, si se promedian

los resultados anteriores de la Figura 26, se muestra que agregando menor porcentaje de chamota de ladrillo, menor será el porcentaje de absorción de agua.



**Figura 27.** Datos Promedio de las 3 Absorciones de Agua

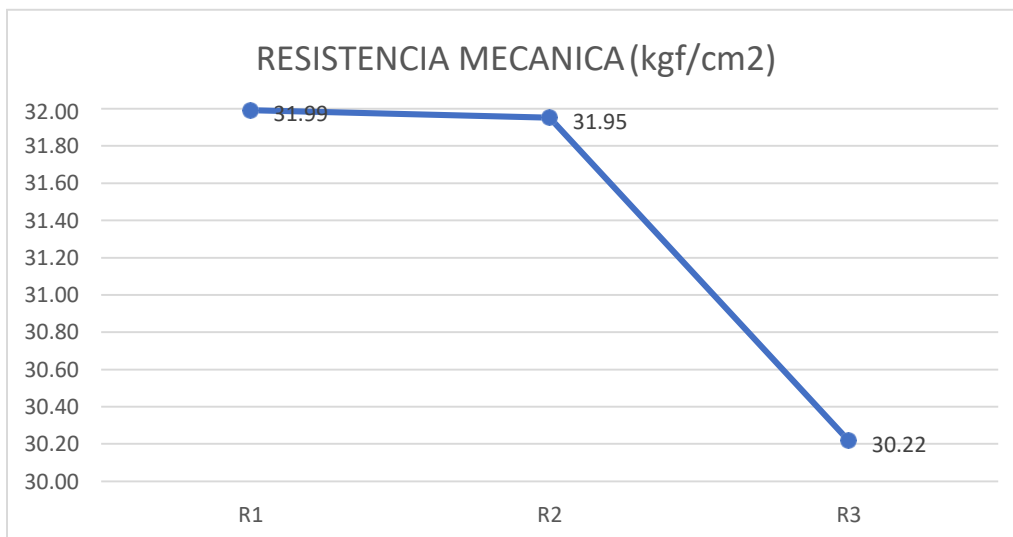


**Figura 28.** Resistencia Mecánica M1, M2 y M3

La resistencia mecánica a la compresión se muestra en la gráfica 27 y en las tablas 10, 11 y 12, donde se presentan los resultados con cada mezcla.

Las mezclas varían según el porcentaje de chamota de ladrillo agregado. Los bloques deben soportar según la tabla 2 de la NTC 4017 para unidades de mampostería de perforación horizontal 30 Kgf/cm<sup>2</sup> como mínimo, es por esta razón que se evidencia que la M2 y M3 cumplen con este requisito, mientras que la M1 para 5% y 7,5% no cumple, debido a lo anterior se promedia los resultados obteniendo la figura 27, y ahí se muestra que cumplen todas las mezclas con los requisitos de la norma.

Los resultados representados en tablas 10-12 se realizaron para determinar el comportamiento de cada mezcla. El ensayo de resistencia mecánica se llevó a cabo por triplicado empleando el procedimiento indicado. Se empleó los promedios de las tres resistencias mecánicas a la compresión en la figura 27, en donde a menor cantidad de chamota de ladrillo mezclada con la arcilla aumenta la resistencia mecánica a la compresión.



**Figura 29.** Datos Promedio de las 3 Resistencias Mecánicas

#### 5.4. Costos del Bloque H-10 Normal y del Bloque Fabricado con Nutriente Tecnológico

**Análisis de las actividades de la empresa “a”.** El centro de costo es una entidad a la que se asignan determinados gastos cuya gestión depende directamente de su responsable, de modo que se puede calcular el coste de funcionamiento del citado centro durante un determinado

periodo escogido como base de referencia. Estos centros de costes se dividen en centros de costos principales y auxiliares. La división por tanto de los costes indirectos de producción a través de centros de coste permite un mejor control de los diferentes costes en los que se incurre en el proceso productivo, proporcionando más información a la dirección en la toma de sus decisiones.

Una vez definidos los centros y componentes de costo de la empresa, se procedió a identificar las actividades que componen dichos centros, es decir aquellas partes del proceso que tienen una entrada, una salida y que consumen recursos, ya sea de mano de obra, maquinas, infraestructura, conocimientos, entre otros.

**Tabla 13**

*Diccionario de Actividades de la Empresa A*

<b>Centro de Costo de Explotación y Preparación</b>		
<b>N°</b>	<b>Actividad</b>	<b>Descripción</b>
1	Arranque de materia prima	Extracción de arcilla de la mina de la empresa, con maquinaria pesada tipo retroexcavadora.
2	Cargue de volquetas	A través de la retro se deposita la arcilla en las volquetas.
3	Transporte de materia prima a planta	Uso de volquetas que llevan la arcilla hasta el patio de la planta.
4	Supervisión del proceso de explotación	Verificación del proceso en mina y del tiempo de trabajo de la maquinaria.
5	Almacenamiento de materia prima en zona de molienda	Disposición de la arcilla de forma adecuada, uso de cargador para el proceso.
6	Supervisión operaciones del centro; vigilancia.	Logística del proceso, toma de decisiones, acompañamiento, registro de datos.
<b>Centro de Costo de Molienda y Almacenamiento</b>		
1	Transporte de arcilla a cajón alimentador	Acercar la arcilla de forma manual hasta el cajón alimentador.
2	Llenado de cajón alimentador	Alimentar el cajón mediante el trabajo de operarios con palas.



3	Molienda de la arcilla	El sistema de molienda, conformado por el funcionamiento del cajón alimentador, banda transportadora y molino de martillos, permiten reducir el tamaño de grano de la arcilla. Funcionamiento con energía eléctrica
4	Tamizado de la arcilla	El sistema de tamizado, lo conforma el elevador de cangilones, banda transportadora y tamiz, funcionamiento automático, movido por energía eléctrica.

---

#### **Centro de Costo de Explotación y Preparación**

---

5	Transporte y almacenamiento de materia prima molida	La arcilla que pasa el tamiz es llevada a los silos de almacenamiento mediante una banda movida con energía eléctrica, este material se almacena hasta ser requerido.
6	Lubricación y mantenimiento de maquinas	Mantener en disponibilidad el equipamiento, cambio de martillos, aplicación de grasa en rodamientos, reparación de malla del tamiz.
7	Supervisión y control del proceso, vigilancia.	Logística del proceso, toma de decisiones, acompañamiento, registro de datos.

---

#### **Centro de Costo de Extrusión**

---

1	Preparación de maquinas	Limpieza de residuos del día anterior, cambios de boquilla, alambres y lubricación de mesas de corte.
2	Transporte de arcilla a amasador	Una banda transportadora impulsada con energía eléctrica lleva la arcilla desde el silo hasta la amasadora.
3	Humectación de la arcilla	Mediante un equipo que funciona con energía eléctrica, la arcilla se mezcla con el agua hasta alcanzar un grado de homogenización.
4	Extrusión de la arcilla	En el equipo de extrusión se coloca la boquilla de bloque o teja española, que da la forma parcial al producto.
5	Corte de material	En el caso de la teja española se requiere la manipulación de un operario de la máquina de corte.
6	Acomodo de las pieza en carretas o estibas	Las piezas cortadas son acomodadas por los operarios en carretas para su posterior transporte.
7	Lubricación y mantenimiento de maquinas	Mantener en disponibilidad los equipos, lubricación, cambio de hélice y dados.
8	Supervisión y control del proceso, vigilancia.	Logística del proceso, toma de decisiones, acompañamiento, registro de datos.

---

#### **Centro de Costo de Secado**

---

1	Transporte de material a patios de secado	Las carretas cargadas por los operarios de extrusión son llevadas a los patios de secado, ya sea cargadas con bloque o con tejas en estibas.
2	Endague del bloque o de estibas	El material una vez en patio de secado, es acomodado para que las condiciones ambientales actúen y la pieza pueda secarse.

#### **Centro de Costo de Explotación y Preparación**

1	Caracoleo del bloque/asoleado de bloques	El secado natural no es homogéneo, por tanto se requiere cambiar de posición los productos, los bloques son puestos al sol para acelerar el proceso.
2	Almacenamiento de bloques secos y de estibas	Los bloques una vez secos se retiran de las estibas y se almacenan de forma temporal para ser llevados al horno, las estibas se llevan a la zona de extrusión.
3	Limpieza de material de rotura	El material no conforme, es llevado hacia la zona de molienda, para su reproceso.
4	Supervisión y control del proceso, vigilancia.	Logística del proceso, toma de decisiones, acompañamiento, registro de datos.

#### **Centro de Costo de Cocción**

1	Llenado de carretas y transporte a los hornos	El material seco se carga en las carretas y se lleva a los hornos, para su posterior acomodo
2	Endague del material en el horno	El material llevado al horno se acomoda, de forma especial para cada tipo de producto elaborado, al final de la etapa se cierran las puertas del horno con bloques o ladrillos macizos y se recubren con barro para no dejar agujeros.
3	Quema	Comprende el cargue del carbón hacia el horno, llenar las hornillas y encender el carbón, revisión y control de la temperatura.
4	Enfriamiento	Abertura controlada de las puertas del horno, encendido y ubicación de ventiladores.
5	Supervisión y control del proceso, vigilancia.	Logística del proceso, toma de decisiones, acompañamiento, registro de datos.

#### **Centro de Descargue, Selección y Almacenamiento**

1	Cargue de carretas y transporte a patio	Ubicación del material en carretas para ser llevado al patio de almacenamiento, el horno debe dejarse limpio para una próxima quema
2	Clasificación de material	Selección del material que se lleva a patio de acuerdo a los criterios de calidad de la empresa.
3	Almacenamiento	Ubicación del material en módulos o secciones de acuerdo a los criterios de calidad.
4	Supervisión y control del proceso, vigilancia.	Logística del proceso, toma de decisiones, acompañamiento, registro de datos.

<b>Centro Administrativo</b>		
1	Dirección de la planta	Ubicación del material en carretas para ser llevado al patio de almacenamiento, el horno debe dejarse limpio para una próxima quema
2	Procesos contables	Selección del material que se lleva a patio de acuerdo a los criterios de calidad de la empresa.
3	Supervisión de ventas	Ubicación del material en módulos o secciones de acuerdo a los criterios de calidad.
4	Procesos de compra y logística	Logística del proceso, toma de decisiones, acompañamiento, registro de datos.
5	Seguridad y vigilancia de las instalaciones	Resguardo de las instalaciones de la empresa y de los inventarios de producto terminado.

#### **5.4.1. Determinación de las Relaciones entre Costo y Actividad**

Una vez establecido las diferentes actividades y los componentes del costo, se procedió a determinar la relación existente entre sí.

**Tabla 14**

*Componente del Costo Vs Actividad*

<b>Componente de costo</b>	<b>Actividad</b>
Energía eléctrica	Molienda y tamizado de arcilla
	Transporte a silos
	Transporte a amasador
	Extrusión de la arcilla
	Corte de material bloque
	Enfriamiento del horno
Agua	Iluminación y confort
	Humectación de la arcilla
Telefonía	Acueducto
	Compra de materiales, atención al cliente, contacto interno.
ACPM	Lubricación durante extrusión
	Quema
Lubricante	Molienda de arcilla
	Tamizado de arcilla
	Extrusión
	Molienda de arcilla
Repuestos	Tamizado de arcilla
	Extrusión
	Secado
	Quema

<b>Componente de costo</b>	<b>Actividad</b>	
Arriendo	Mobiliario oficina	
	Adecuaciones planta	
	Molienda de arcilla	
	Tamizado de arcilla	
	Extrusión	
Depreciación	-Galpón planta distribuido a todas las actividades menos explotación	
	-Carretas en transporte a secado	
	-Carretas transporte horno	
	-Carretas transporte a almacenamiento	
	-Estibas en transporte a secado	
	- Hornos durante la Quema	
	- Equipo de taller a todas las actividades menos explotación	
	- Equipo oficina en actividades administrativas	
	Carbón	Quema
Implementos de seguridad	Molienda de arcilla	
	humectación	
	quema	
	Explotación	
	Supervisión	
	Arranque de materia prima	
Impuestos	Molienda de arcilla	
	Tamizado de arcilla	
	Extrusión	
	Secado	
	quema	
Mantenimiento	Almacenamiento	
	Todos los centros	
Palas	Molienda	
	Quema	
Alambre de corte	Corte de material extruido	
Dados boquilla	Extrusión	
Martillos	Molienda de arcilla	

<b>Componente de costo</b>	<b>Actividad</b>	
Mano de obra indirecta	Supervisión Explotación	
	Molienda de arcilla	
	Extrusión de la arcilla	
	Secado de productos	
	Quema	
	Selección	
	Lubricación equipos	
	Administrativo	
	Papelería	Actividades contables y comerciales
	Análisis Isocinéticos	Quema
Materia prima	Arranque de materia prima	
Servicio retroexcavadora	Arranque de materia prima	
Servicio de volquetas	Transporte a planta	
Alquile cargador	Acomodo de materia prima en galpón	

#### **5.4.2. Cálculo del Costo por Actividades en la Empresa “a”**

Consiste en calcular el costo por cada una de las actividades asociadas a cada etapa del proceso, a continuación, se muestra la información recolectada durante el mes de marzo 2021, para la mano de obra directa, los costos indirectos de fabricación y, los materiales producidos por cada una de las actividades y en cada centro de costo de la empresa “A”

**Tabla 15**

*Consolidado de Costos del Centro de Explotación y Preparación*

<b>Mes</b>	<b>Elemento de costo</b>	<b>Arranque de materia prima y cargue de volquetas (\$)</b>	<b>Transporte de materia prima a planta (\$)</b>	<b>Acomodo de materia prima en la zona de molienda (\$)</b>	<b>Total (\$)</b>
	Transporte camabaja	300000,0	0,0	0,0	300000,0
	Retroexcavadora	2400000,0	0,0	0,0	2400000,0
	Transporte de arcilla	0,0	1650000,0	0,0	1650000,0
	Preparación arcilla	0,0	0,0	200000,0	200000,0

Marzo	mano de obra directa	200000,0	0,0	0,0	200000,0
	mano de obra indirecta	150366,5	150366,5	150366,5	451099,4
	Impuestos	911534,3	0,0	18602,7	930137,0
	Tapabocas	2310,0	0,0	2310,0	4620,0
	Materia prima	1100000,0	0,0	0,0	1100000,0
	<b>Total mes</b>	<b>5064210,7</b>	<b>1800366,5</b>	<b>371279,2</b>	<b>7235856,4</b>

#### 5.4.3. Costo del Centro de Molienda y Tamizado en el Periodo Analizado

Para este centro se ha establecido como actividades fundamentales el llenado del cajón alimentador (se realiza de forma manual) y el proceso de molienda-tamizado-almacenamiento. Los elementos de costo que intervienen en el centro son: Mano de obra directa e indirecta, energía eléctrica, arriendo equipos, depreciación infraestructura propia, impuestos, grupo de elementos de consumo rápido, repuestos, mantenimiento interno y externo.

**Tabla 16**

*Costo de la Mano de Obra Directa del Centro de Molienda y Tamizado*

Mes	Unidades producidas	Costo producción (\$)	Costo Molienda (\$)
Marzo	149600	5535748	2214299

El valor de la mano de obra directa solo se ha cargado a la actividad de llenado del cajón alimentador, puesto que es en ella donde consume prácticamente todas las horas-hombre trabajadas en este centro.

Las operaciones de molienda y tamizado, así como el movimiento de la arcilla requieren del apoyo de maquinaria para llevar a buen término el proceso, este equipamiento requiere del suministro de energía eléctrica para su funcionamiento. En la actualidad la empresa no cuenta con

instrumentos de medición de consumo en cada centro de costo, por lo tanto, se realizó una recopilación de información de la potencia y tiempo de uso de los equipos que trabajan en cada sección con miras de establecer las proporciones o representatividad del consumo en cada centro.

**Tabla 17**

*Costos de Energía Eléctrica en los Centros de Costo durante el Periodo Analizado*

Mes	Valor pagado (\$)	Explotación (\$)	Molienda (\$)	Extrusión (\$)	Secado (\$)	Cocción (\$)	Clasificación (\$)	Aditivo (\$)
Marzo	5451580,0	0,0	2021614,0	3143947,9	13246,1	251046,0	4126,5	17599,5

**Tabla 18**

*Consolidados Costos del Centro de Molienda y Tamizado*

Mes	Elemento de costo	Llenado del cajón alimentador (\$)	Molienda, tamizado y almacenamiento (\$)	Total (\$)
Marzo	Mano de obra directa	2214299,2	0,0	2214299,2
	Mano de obra indirecta	258801,0	258801,0	517602,0
	Energía eléctrica	0,0	2021614,0	2021614,0
	Arriendo equipos	0,0	3605000,0	3605000,0
	Depreciación infraest.	164940,8	164940,8	329881,7
	Impuestos	23797,5	23797,5	47595,0
	Elementos de consumo rápido	146300,0	90000,0	236300,0
	Mantenimiento interno	4403,4	39630,6	44034,0
	Mantenimiento externo	16000,0	144000,0	160000,0
	Repuestos	59702,1	537318,9	597021,0
	<b>Total mes</b>	<b>2888244,0</b>	<b>6885102,8</b>	<b>9773346,8</b>

**Tabla 19***Costo de la Mano de Obra Directa en el Centro de Extrusión*

Mes	Unidades producidas	Costo producción (\$)	Extrusión (\$)
Marzo	149600	5535748	2767874

**Tabla 20***Consolidado Costos del Centro de Extrusión*

Mes	Elemento de costo	Humectación-extrusión (\$)	Corte y acomodo de piezas (\$)	Total (\$)
Marzo	Mano de obra directa	922624,7	1845249,3	2767874,0
	Mano de obra indirecta	286302,0	429453,0	715755,0
	Energía eléctrica	3081069,0	62879,0	3143947,9
	Arriendo equipos	2551950,0	283550,0	2835500,0
	Depreciación infraest.	110700,2	110700,2	221400,4
	Impuestos	22297,5	22297,5	44595,0
	Elementos de consumo rápido	237405,0	41895,0	279300,0
	Mantenimiento inter.	59445,9	6605,1	66051,0
	Mantenimiento externo	144000,0	16000,0	160000,0
	Repuestos	371972,5	19577,5	391550,0
	Insumos	280000,0	120000,0	400000,0
	<b>Total mes</b>	<b>8067766,7</b>	<b>2958206,6</b>	<b>11025973,3</b>

**Tabla 21***Consolidado Costos del Centro de Secado*

Mes	Elemento de costo	Transporte-acomodo (\$)	Caracoleo (\$)	Total (\$)
Marzo	Mano de obra directa	387502,4	166072,4	553574,8
	Mano de obra indirecta	291826,5	291826,5	583653,0
	Energía eléctrica	6623,0	6623,0	13246,1
	Arriendo equipos	0,0	0,0	0,0
	Depreciación infraest.	1213746,1	165510,8	1379256,9
	Impuestos	34297,5	34297,5	68595,0
	Mantenimiento interno	10274,6	4403,4	14678,0
	Mantenimiento externo	10000,0	10000,0	20000,0
	Repuestos	160000,0	40000,0	200000,0
	<b>Total mes</b>	<b>2114270,1</b>	<b>718733,7</b>	<b>2833003,8</b>



#### 5.4.4. Costo del Centro de Cocción

Para este centro se ha establecido como actividades fundamentales el transporte-acomodo en horno, y la actividad de quema. Los elementos de costo que intervienen en el centro son:

Mano de obra directa e indirecta, energía eléctrica, depreciación infraestructura propia, impuestos, grupo de elementos de consumo rápido, repuestos, análisis isocinéticos, insumos, mantenimiento interno y externo.

El valor de la mano de obra directa del centro, está en función de las unidades cargadas a los hornos durante el mes, también por el número de quemas realizada en cada periodo. El valor de mano de obra directa para el centro de cocción se presenta a continuación en el cuadro 19.

Cada ítem corresponde a la mano de obra en cada una de las actividades propuestas como primordiales.

**Tabla 22**

*Consolidado Costos del Centro de Cocción*

Mes	Elemento de costo (\$)	Transporte-acomodo en horno (\$)	Quema (\$)	Total (\$)
Marzo	Mano de obra directa	1733609,0	2500000,0	4233609,0
	Mano de obra indirecta	291826,5	291826,5	583653,0
	Energía eléctrica	25104,6	225941,4	251046,0
	Arriendo equipos	0,0	0,0	0,0
	Depreciación infraest.	254832,7	4841820,7	5096653,3
	Impuestos	35263,1	669998,9	705262,0
	Elementos consumo rápido	0,0	95200,0	95200,0
	Mantenimiento interno	10274,6	4403,4	14678,0
Mantenimiento externo	10000,0	10000,0	20000,0	

Repuestos	8335,0	158365,0	166700,0
Análisis Isocinéticos	0,0	166667,0	166667,0
Insumos	0,0	10955000, 0	10955000, 0
<b>Total mes</b>	<b>2369245,5</b>	<b>19919222, 9</b>	<b>22288468, 3</b>

#### 5.4.5. Costo del Centro de Selección y Almacenamiento

Para este centro se ha establecido como actividades fundamentales el Descargue-transporte, y la actividad de clasificación y almacenamiento. Los elementos de costo que intervienen en el centro son: Mano de obra directa e indirecta, energía eléctrica, depreciación infraestructura propia, impuestos, repuestos, mantenimiento interno y externo.

El valor de la mano de obra directa del centro, está en función de las unidades descargadas de los hornos durante el mes.

**Tabla 23**

#### Consolidado Costos del Centro de Selección y Almacenamiento

Mes	Elemento de costo	Descargue y Transporte (\$)	Clasificación y almacenamiento (\$)	Total (\$)
Marzo	Mano de obra directa	866804,5	866804,5	1733609,0
	Mano de obra indirecta	357877,5	357877,5	715755,0
	Energía eléctrica	2063,3	2063,3	4126,5
	Depreciación infraest.	37930,0	37930,0	75860,0
	Impuestos	0,0	53595,0	53595,0
	Mantenimiento interno	7339,0	0,0	7339,0
	Mantenimiento externo	10000,0	10000,0	20000,0

Repuestos	30000,0	0,0	30000,0
<b>Total mes</b>	<b>1312014,3</b>	<b>1328270,3</b>	<b>2640284,5</b>

#### 5.4.6. Costo del Centro Administrativo

Para este centro se ha establecido como actividades fundamentales la actividad gerencial de planta, y las actividades de apoyo. Los elementos de costo que intervienen en el centro son: Mano de obra directa e indirecta, energía eléctrica, depreciación infraestructura propia, impuestos, elementos de consumo rápido, planes de telefonía móvil, papelería, repuestos y mantenimiento externo.

**Tabla 24**

*Consolidado de Costos del Centro de Administrativo*

Mes	Elemento de costo	Actividades gerenciales (\$)	Actividades contables, comercial y de apoyo (\$)	Total (\$)
Marzo	Mano de obra directa	1200000,0	933051,0	2133051,0
	Mano de obra indirecta	0,0	87000,0	87000,0
	Energía eléctrica	8799,8	8799,8	17599,5
	Depreciación infraest.	71807,2	71807,2	143614,4
	Impuestos	19297,5	19297,5	38595,0
	Elementos de consumo rápido	924,0	2156,0	3080,0
	Mantenimiento externo	10000,0	10000,0	20000,0
	Repuestos	15000,0	15000,0	30000,0
	Telefonía	277700,0	277700,0	555400,0
	Papelería	0,0	40000,0	40000,0
<b>Total mes</b>	<b>1603528,5</b>	<b>1464811,5</b>	<b>3068339,9</b>	

**Tabla 25**

*Consolidado de los Costos de las Actividades de Producción en el Periodo Analizado*

<b>Actividades</b>	<b>Código *</b>	<b>Marzo (\$)</b>
Arranque de materia prima y cargue	A	\$ 5,064,210.7
Transporte a planta	B	\$ 1,800,366.5
Acomodo de materia prima en galpón	C	\$ 371,279.2
Llenado cajón alimentador	D	\$ 2,888,244.0
Molienda y tamizado	E	\$ 6,885,102.8
Humectación -extrusión	F	\$ 8,067,766.7
Corte y acomodo de piezas	G	\$ 2,958,206.0
Transporte a patio de secado	H	\$ 2,114,270.1
Caracoleo	I	\$ 718,733.7
Transporte y acomodo en horno	J	\$ 2,369,245.5
Quema	K	\$ 19,919,222.9
Descargue y transporte	L	\$ 1,312,014.3
Clasificación y almacenamiento	M	\$ 1,328,270.3
Actividades gerenciales	N	\$ 1,603,528.5
Actividades contables. comerciales y de apoyo	O	\$ 1,464,811.5
<b>Total</b>		<b>\$ 58,865,272.7</b>

El costo del producto del bloque:

Costo - Producción                      \$ 58'865.272,7

Producción de Bloque                      180.000 Unid.

**Costo Bloque                                      \$ 327,02**

Posteriormente, se hace el análisis del costo del producto del bloque usando Chamota de Ladrillo, para lo cual en la Tabla 26 se especifica para cada actividad el costo para el mes de Marzo.

### 5.4.7. Costo del Bloque Usando Chamota

**Tabla 26**

*Costo del Bloque con 5% de Chamota*

<b>Actividades</b>	<b>Código *</b>	<b>Marzo (\$)</b>
Arranque de materia prima y cargue	A	\$ 3,000,000.0
Almacenamiento de (Poliestireno expandido)	A1	\$ 1,500,000.0
Transporte a planta	B	\$ 1,000,000.0
Transporte de (Poliestireno Expandido)	B1	\$ 500,000.0
Acomodo de materia prima en galpón	C	\$ 371,279.2
Molienda, trituración del (Poliestireno expandido)	C1	\$ 500,000.0
Llenado cajón alimentador	D	\$ 2,888,244.0
Molienda y tamizado	E	\$ 6,885,102.8
Humectación -extrusión	F	\$ 8,067,766.7
Corte y acomodo de piezas	G	\$ 2,958,206.0
Transporte a patio de secado	H	\$ 2,114,270.1
Caracoleo	I	\$ 718,733.7
Transporte y acomodo en horno	J	\$ 2,369,245.5
Quema	K	\$ 19,919,222.9
Descargue y transporte	L	\$ 1,312,014.3
Clasificación y almacenamiento	M	\$ 1,328,270.3
Actividades gerenciales	N	\$ 1,603,528.5
Actividades contables. comerciales y de apoyo	O	\$ 1,464,811.5
<b>Total</b>		<b>\$ 57.600.695,50</b>

El costo del producto del bloque con Chamota:

Costo - Producción	\$ 57'600.695,5
Producción de Bloque	180.000 Unid
<b>Costo Bloque</b>	<b>\$ 320.00</b>

Se disminuye \$7,00 por bloque, es decir hay un ahorro de \$ 1.260.000 mensuales, pero lo más importante es un producto que se puede utilizar en construcción sostenible, y ayuda para la obtención de la certificación Edge y leed.

#### 5.4.8. Análisis Comparativo de Resultados

**Tabla 27**

##### *Análisis Comparativo de Resultados*

<b>Laboratorio</b>	<b>Arcilla pura</b>	<b>2.5% Chamote</b>	<b>5% Chamote</b>	<b>7.5% Chamote</b>	<b>Norma</b>
Absorción de agua	11,0%	10,5%	10,9%	11,3%	13.5%
Resistencia mecánica a la compresión	31,39 kgf/cm <sup>2</sup>	32,46 kgf/cm <sup>2</sup>	32,65 kgf/cm <sup>2</sup>	33,15 kgf/cm <sup>2</sup>	30 kgf/cm <sup>2</sup>
Contracción en seco	4,771%	3,932 %	5,141%	4,715%	-
Contracción en cocido	3,001%	1,179%	0,638%	0,184%	-
Pérdida de masa seco	17,939%	16,343%	17,563 %	16,732%	-
Pérdida de masa cocido	3,971%	4,229%	3,058%	2,147%	-

## 6. Conclusiones

Después de analizados los resultados de los laboratorios y comparados respectivamente con la norma, se puede evidenciar que la mezcla con el mejor comportamiento fue la del 7.5% de chamota de ladrillo, ya que dio mayor resistencia mecánica y cumpliendo con la absorción de agua para interiores y exteriores.

Hacer el bloque agregándole 5% de chamota de ladrillo tiene una reducción de los costos con el bloque convencional en un ahorro de \$ 1.260.000 mensuales, lo cual es viable ya que los resultados de los análisis de laboratorio demuestran que se puede hacer el bloque y cumple con los requisitos de la norma, además de que se está aportado a la protección ambiental con la economía circular de hacer de un “residuo” un “recurso”.

Los resultados de los análisis de laboratorio demuestran que el bloque cumple con los requisitos de la norma, con respecto a resistencias mecánica a la compresión, absorción de agua, contracción y pérdida de masa.

También se pudo concluir que la industria de la cerámica es de gran importancia para la economía de Cúcuta y su área metropolitana, ya que incluye un recurso abundante en esta región como lo es la arcilla y también genera un 38% del empleo para la población.

## **7. Recomendaciones**

Se recomienda realizar más estudios con otros porcentajes de chamota en el bloque, para analizar hasta cuánto podría ser el límite de chamota como agregado en el bloque.

Hacer otros estudios donde se pueda agregar la chamota a otros materiales, por ejemplo, en mezclas de concreto.



## 8. Referencias Bibliográficas

- Allen, R. (1987). *Manual de Ingeniería y Organización Industrial*. París: Reverté.
- Areiza, R. (2014). *Modelado, simulación y desarrollo de un análisis de eficiencia energética en un horno ladrillero tipo bóveda en condiciones de estado estacionario*. Trabajo de grado, Universidad Tecnológica de Pereira, Pereira, Colombia.
- Bezerra, A., Schalch, V., Dal Molin, D. & Duarte, J. (2010). Mechanical properties modeling of recycled aggregate concrete. *Construction and Building Materials*, 24(4), 421-430.  
<https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2009.10.011>.
- Camargo, P., Pereira, A., Akasaki, J., Fioriti, C., Payá, J. & Pinheiro, J. (2014). Rendimiento de morteros producidos con la incorporación de ceniza de bagazo de caña de azúcar. *Revista ingeniería de construcción*, 29(2), 187-199. <https://dx.doi.org/10.4067/S0718-50732014000200005>
- De Pablo, L. (1964). Las arcillas: I. Clasificación, identificación, usos y especificaciones industriales. *Boletín de La Sociedad Geológica Mexicana*, 27(2), 49-91.  
<http://www.jstor.org/stable/44173956>
- Del Cid, A., Méndez, R. & Sandoval, F. (2011). *Investigación fundamentos y metodología*. Pearson: México.
- Díaz, L., & Torrecillas, R. (2002). Arcillas cerámicas: una revisión de sus distintos tipos, significados y aplicaciones. *Bol. Soc. Esp. Cerám. Vidrio*, 41(5), 459-470.
- Elías, X. (2015). *Nutrientes tecnológicos para la industria cerámica estructural*. Tesis doctoral,

Universidad de Jaén, España.

Enshassi, A., Kochendoerfer, B. & Rizq, E. (2014). Evaluación de los impactos medioambientales de los proyectos de construcción. *Chile: Revista ingeniería de construcción*, 29(3), 234-254.

Escandón, J. (2011). *Diagnóstico técnico y económico del aprovechamiento de residuos de construcción y demolición en edificaciones en la ciudad de Bogotá*. Trabajo de grado, Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá, Colombia.

Gallón, S., López, M. & García, C. (2018). Análisis de residuos de ladrillo como agregado grueso para la fabricación de Concretos. *Revista Colombiana de Materiales*, 12, 53-69

Hernández, R., Fernández, C. & Baptista, M. (2014). *Metodología de la investigación* (6 ed). México: McGraw-Hill.

Martinez, S., Pérez, L., Eliche, D., Sánchez, P., Christogerou, A., Kanellopoulou, D., Kamitsou, M. & Angelopoulos, G. (2018). Desarrollo preliminar y estudio térmico de diferentes tipos de clinker del ecocemento sostenible con el medio ambiente utilizando residuos industriales y piedra caliza con alto porcentaje de óxido de magnesio en su composición. *Congreso Nacional del Medio Ambiente, CONAMA 2018*, Madrid, España.

Moreno, L., Ospina, M. & Rodríguez, K. (2019). Resistencia de concreto con agregado de bloque de arcilla triturado como reemplazo de agregado grueso. *Revista Chilena de Ingeniería*, 27(4), 635-642..

Sánchez, J., Corpas, F. & Álvarez, D. (2018). Aplicaciones de los nutrientes tecnológicos en la industria cerámica del área metropolitana de Cúcuta. Bogotá: Ecoe Ediciones Limitada; San

José de Cúcuta: Universidad Francisco de Paula Santander

Sarabia, A., Sánchez, J. & Leyva, J. (2017). Uso de nutrientes tecnológicos como materia prima en la fabricación de materiales de construcción en el paradigma de la economía circular.

*Respuestas*, 22(1), 6-16. <https://doi.org/10.22463/0122820X.815>

Vargas, Z. (2009). La investigación aplicada: Una forma de conocer las realidades con evidencia científica. *Educación*, 33(1), 155-165.