

	<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): LEIDY CAROLINA APELLIDOS: SEPÚLVEDA CONTRERAS

FACULTAD: INGENIERÍA

PLAN DE ESTUDIOS: INGENIERÍA CIVIL

DIRECTOR:

NOMBRE(S): ALIX BELÉN APELLIDOS: MARTÍNEZ ROJAS

NOMBRE(S): JORGE APELLIDOS: SÁNCHEZ MOLINA

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

Este proyecto evaluó el comportamiento a nivel de laboratorio de tres prototipos de bloque de construcción H-10, cada uno de estos con una parte de arcilla y otra de cisco de café en porcentajes de 2.5%, 5% y 7.5%. Los laboratorios realizados fueron el análisis físico-cerámico, resistencia mecánica a la compresión y absorción de agua, en el marco de la normativa establecida en la NTC 4017 y NTC 4205. Además, se presenta un diagnóstico del sector productivo del café en Norte de Santander, en los resultados se obtuvo que para el año 2020 hubo una producción en el departamento de 4.889.410,8 kilos de cisco de café. Del análisis físico-cerámico se observó que el bloque disminuye considerablemente su peso a medida que se incrementaba la cantidad de cisco de café. Finalmente, los resultados de la resistencia mecánica a la compresión y la absorción de agua fueron comparados con la tabla de Propiedades Físicas de las Unidades de Mampostería no Estructural de la NTC 4205.

PALABRAS CLAVES: Cisco de café, arcilla, bloque de construcción H-10, economía circular.

CARACTERÍSTICAS:

PÁGINAS: 110 PLANOS:      ILUSTRACIONES: 32 CD ROOM:     

\*\*Copia No Controlada

EVALUACIÓN DE MEZCLAS DE ARCILLA ADICIONANDO CISCO DE CAFÉ PARA LA  
FABRICACIÓN DE BLOQUE DE CONSTRUCCIÓN

LEIDY CAROLINA SEPULVEDA CONTRERAS

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 CISCO DE CAFÉ PARA LA  
FABRICACIÓN DE BLOQUE DE CONSTRUCCIÓN

LEIDY CAROLINA SEPÚLVEDA CONTRERAS

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

Director: MSc.Ing. Alix Belén Martínez Rojas

Codirector: PhD.MSc.Ing Jorge Sánchez Molina

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:* 22 DE OCTUBRE DE 2021 *HORA:* 8:00 a. m.

*LUGAR:* VIDEOCONFERENCIA – GOOGLE MEET

*PLAN DE ESTUDIOS:* INGENIERIA CIVIL

*TITULO DE LA TESIS:* "EVALUACIÓN DE MEZCLAS DE ARCILLA ADICIONANDO CISCO DE CAFÉ PARA LA FABRICACIÓN DE BLOQUE DE CONSTRUCCIÓN".

*JURADOS:* ING. JAVIER ALFONSO CARDENAS GUTIERREZ  
ING. LEIDY KATHERINE PEÑALOZA ISIDRO

*DIRECTOR:* ING. ALIX BELEN MARTINEZ ROJAS  
*CODIRECTOR:* MSc. JORGE SANCHEZ MOLINA

<i>NOMBRE DE LOS ESTUDIANTES:</i>	<i>CODIGO</i>	<i>CALIFICACION</i>	
		<i>NUMERO</i>	<i>LETRA</i>
<i>LEIDY CAROLINA SEPULVEDA CONTRERAS</i>	<i>1113009</i>	<i>4,6</i>	<i>CUATRO, SEIS</i>

# MERITORIA



ING. JAVIER ALFONSO CARDENAS GUTIERREZ



ING. LEIDY KATHERINE PEÑALOZA ISIDRO



Vo. Bo.

JAVIER ALFONSO CARDENAS GUTIERREZ  
Coordinador Comité Curricular

Betty M.

*Por toda su inspiración y amor, este trabajo está dedicado a mis padres, gracias por  
tanto.*

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradezco a Dios por su gracia y las bendiciones dadas a mi vida y a mi familia, por darme la salud y la fortaleza para alcanzar mis sueños.

A mi familia, mi motivación y mi fuerza en cada etapa de mi vida.

Mis amigos, esa compañía fundamental con quienes pude disfrutar este proceso.

A la Universidad Francisco de Paula Santander y mis docentes de Ingeniería Civil, por su formación integral y de calidad en el transcurso del estudio de mi carrera profesional.

Mis directores, la ingeniera Alix Belén Martínez Rojas y el ingeniero Jorge Sánchez Molina quienes junto con el Centro de Investigación de Materiales Cerámicos– CIMAC, hicieron posible este proyecto.

A mi querido tío el caficultor Domingo Torres y al señor Ricardo Mendoza Valero, director y representante legal de la Federación Nacional de Cafeteros de Colombia – Comité Departamental de Norte de Santander, ya que de manera atenta y amable, me dieron la información sobre la producción del cisco de café para cumplir el primer objetivo de este proyecto. También, la Cooperativa de Caficultores del Catatumbo (Cooperacafé) en Ragonvalia y la empresa Cerámica Támesis S.A., quienes aportaron el material necesario para los respectivos laboratorios.

## TABLA DE CONTENIDO

Introducción	16
1. Descripción del Problema	18
1.1. Título	18
1.2. Planteamiento del Problema	18
1.3. Formulación del Problema	19
1.4. Objetivos	19
1.4.1. Objetivo General	19
1.4.2. Objetivos Específicos	19
1.5. Justificación	20
1.6. Alcances y Limitaciones	21
1.6.1. Alcances	21
1.6.2. Limitaciones	21
2. Marco Referencial	23
2.1. Antecedentes y Estado del Arte	23
2.1.1. Antecedentes Internacionales	23
2.1.2. Antecedentes Nacionales	24
2.1.3. Antecedentes Regionales	25
2.2. Marco Teórico	26
2.2.1. El papel de la Industria de la Construcción en la Contaminación Ambiental	27

2.2.2. Economía Circular	28
2.2.3. Cisco de Café	29
2.2.4. Proceso de Producción del Cisco de Café	30
2.3. Marco Conceptual	34
2.4. Marco Contextual	36
2.5. Marco Legal	37
3. Diseño Metodológico	40
3.1. Tipo de Investigación	40
3.2. Población y Muestra	40
3.2.1. Población	40
3.2.2. Muestra	40
3.3. Instrumentos para la Recolección de Información	41
3.3.1. Fuentes Primarias	41
3.3.2. Fuentes Secundarias	41
3.4. Fases y Actividades Específicas	41
4. Metodología	43
4.1. Materias Primas Utilizadas	43
4.1.1. Arcilla	44
4.1.2. Arcillas Cerámicas	46
4.1.3. Arcillas Comunes	46

4.1.4. Cisco de Café	46
4.2. Proceso de Conformado	48
4.3. Ensayos Realizados	51
4.3.1. Análisis Físico-cerámico	51
4.3.2. Determinación de la Absorción de Agua en Unidades de Mampostería	52
4.3.3. Determinación de la Resistencia Mecánica a la Compresión en Unidades de Mampostería	56
4.4. Normas Aplicadas	57
4.4.1. Propiedades Físicas	58
5. Informe Final	60
5.1. Diagnóstico del Sector Productivo del Cisco de Café en Norte de Santander	60
5.2. Desarrollo del Bloque H-10 Utilizando Diferentes Porcentajes del Nutriente a Nivel de Laboratorio	64
5.2.1. Bloque con 2.5% de Cisco de Café	67
5.2.2. Bloque con 5% de Cisco de Café	69
5.2.3. Bloque con 7.5% de Cisco de Café	71
5.3. Evaluación de Propiedades (Físicas, Químicas y Mecánicas) de Cada Bloque Desarrollado a Nivel de Laboratorio	73
5.3.1. Absorción de Agua Para cada Espécimen Analizado	73
5.3.2. Absorción de Agua de la Muestra	73

5.4. Costos del Bloque H-10 Normal y del Bloque Fabricado con Nutriente Tecnológico	79
5.4.1. Determinación de las Relaciones entre Costo y Actividad	82
6. Conclusiones	86
7. Recomendaciones	88
8. Referencias Bibliográficas	89
Anexos	95

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Semillas de Café en el Germinador	31
Figura 2. Chapolas de Café	31
Figura 3. Recolección de Café	32
Figura 4. Proceso Hidráulico	32
Figura 5. Beneficiadero	33
Figura 6. Secado del Café	33
Figura 7. Trillado y Cisco de Café	34
Figura 8. Fases de la investigación	42
Figura 9. Frente de Explotación de la Arcilla (Cerámica Támesis S.A.).	45
Figura 10. Patrón de Difracción del Cisco de Café.	47
Figura 11. Microfotografías (MEB) del Cisco de Café.	48
Figura 12. Extrusora de Laboratorio con Vacío	49
Figura 13. Apisonador de la Arcilla (Trituración)	49
Figura 14. Molino de Martillos (Molienda vía seca)	50
Figura 15. Tamiz Malla 10 (Tamizado)	50
Figura 16. Estufa de 128 litros	51
Figura 17. Horno Mufla	51
Figura 18. Pie de Rey Digital de 200 mm	52
Figura 19. Balanza Digital de 20 kg	53
Figura 20. Tanque para realizar Absorción de Agua por el Método de Inmersión	53
Figura 21. Termohigrómetro EXTECH	54
Figura 22. Crometro (Prensa de Presión)	56

Figura 23. Absorción de Agua en Bloque con 100% de Arcilla.	74
Figura 24. Resistencia Mecánica a la Compresión en Bloque con 100% de Arcilla	74
Figura 25. Absorción de Agua en Bloque con 2.5% de Cisco de Café.	75
Figura 26. Resistencia Mecánica a la Compresión en Bloque con 2.5% de Cisco de Café.	75
Figura 27. Absorción de Agua en Bloque con 5% de Cisco de Café.	76
Figura 28. Resistencia Mecánica a la Compresión en Bloque con 5% de Cisco de Café.	76
Figura 29. Absorción de Agua en Bloque con 7.5% de Cisco de Café.	77
Figura 30. Resistencia Mecánica a la Compresión en Bloque con 7.5% de Cisco de Café.	77
Figura 31. Resultados Promedio de Resistencia Mecánica a la Compresión.	78
Figura 32. Resultados Promedio de Absorción de Agua.	78

## LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Composición Estructural del Cisco de Café	47
Tabla 2. Composición Química del Cisco de Café	47
Tabla 3. Resultados Análisis N, C, H, S	48
Tabla 4. Propiedades Físicas de las Unidades de Mampostería Estructural	59
Tabla 5. Propiedades Físicas de las Unidades de Mampostería no Estructural	59
Tabla 6. Producción de Café Pergamino Seco (CPS) por Municipio en Norte de Santander para el Año 2020	62
Tabla 7. Mezclas Elaboradas y Ensayadas	64
Tabla 8. Resultados de Análisis Físico Cerámico de la Arcilla Patrón	65
Tabla 9. Resultados Absorción de Agua Bloque de 100% Arcilla	65
Tabla 10. Resultados Resistencia Mecánica a la Compresión Bloque de 100% Arcilla	66
Tabla 11. Análisis Físico Cerámico por Extruido	67
Tabla 12. Resultados Absorción de Agua Bloque 2.5 % de Cisco de Café	68
Tabla 13. Resultados Resistencia Mecánica a la Compresión 2.5% de Cisco de Café	68
Tabla 14. Análisis Físico Cerámico por Extruido	69
Tabla 15. Resultados Absorción de Agua 5 % de Cisco de Café	70
Tabla 16. Resultados Resistencia Mecánica a la Compresión 5 % Cisco de Café	70
Tabla 17. Análisis Físico Cerámico por Extruido	71
Tabla 18. Resultados Absorción de Agua 7.5% Cisco de Café	72
Tabla 19. Resultados Resistencia Mecánica a la Compresión 7.5% Cisco de Café	72
Tabla 20. Actividades de Empresa que Fabrica Bloque H-10	79
Tabla 21. Componente del Costo Vs Actividad	82

Tabla 22. Consolidado de los Costos de las Actividades de Producción en el Periodo

Analizado 84

Tabla 23. Costo del Bloque usando Cisco de Café 84

## **LISTA DE ANEXOS**

Anexo 1. Resultados Ensayos de Laboratorio	96
Anexo 2. Entrevista: Producción de Café de Norte de Santander	107

## Introducción

Con el paso de los años es cada vez más evidente el deterioro que sufre el ecosistema a raíz de las actividades antrópicas, que traen a las sociedades progreso y evolución, pero conllevan aspectos menos amables con el ambiente, como contaminación, emisiones de dióxido de carbono, deforestación y la explotación de recursos naturales. Estas actividades no se pueden eliminar, ni tampoco se puede revertir el daño ya hecho, lo que se propone es tratar de buscar un equilibrio, según el tipo de actividad que se realice, teniendo en cuenta la protección ambiental y la mitigación del impacto negativo lo máximo posible.

La industria de la construcción emite dióxido de carbono en la fabricación de materiales, genera residuos de construcción o demolición, contribuye con la deforestación a medida que se expanden las ciudades y, explota gran cantidad de recursos naturales en la obtención de materias primas para fabricar materiales. A razón de lo anterior y como posible solución a dos de estas problemáticas, la contaminación y la explotación de recursos naturales, este proyecto de investigación propone utilizar el cisco de café en la producción de bloques de construcción; pues se utiliza un material reciclado, el cisco de café, lo que disminuye la contaminación, y además al agregarle el cisco al bloque, se disminuye un poco la cantidad de materia prima que se utiliza en un bloque normal, en este caso la arcilla, que es un recurso natural.

Para que este proyecto sea sostenible, no solo se tiene en cuenta su enfoque ambiental, sino también la viabilidad y el factor económico del mismo, por lo que para lo primero, se realizaron los respectivos ensayos de laboratorio donde se evaluaron el comportamiento del cisco y de la arcilla y la combinación de estos en el producto final que es el bloque de construcción, para dicha evaluación se tomaron cuatro muestras: una con 100% de arcilla, y las otras con 2.5%, 5% y 7.5% de cisco de café respectivamente, para hacer el análisis de absorción de agua y

resistencia mecánica a la compresión, además del análisis físico-cerámico y como fuente técnica para los laboratorios y la comparación de los resultados se tomó la norma NTC 4017 y NTC 4205. Para el factor económico, se hizo al final un estudio sobre la producción para Norte de Santander y un análisis de costos entre el bloque de construcción normal y el elaborado en el laboratorio.

## **1. Descripción del Problema**

### **1.1. Título**

Evaluación de Mezclas de Arcilla adicionando Cisco de Café para la Fabricación de Bloque de Construcción.

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

Los elementos para plantear un problema son fundamentalmente cinco y están relacionados entre sí: los objetivos que persigue la investigación, las preguntas de investigación, la justificación y la viabilidad del estudio, y la evaluación de las deficiencias en el conocimiento del problema (Hernández et al, 2014).

Para esta investigación se pretendía evaluar el comportamiento del cisco de café al ser utilizado en la producción de bloques de construcción, observando qué efectos, a nivel de laboratorio, tiene el cisco trabajando con la arcilla en la obtención del bloque y qué diferencias en costos tiene este con un bloque comercial. El estudio nació de la necesidad de aportar investigación donde se utilicen residuos que se puedan reciclar y dejar un legado ambiental. En ámbitos de viabilidad este estudio lo fue, ya que se contaba con el laboratorio (Centro de Investigación de Materiales Cerámicos– CIMAC), el tiempo distribuido ya en un cronograma de actividades, los materiales y los recursos económicos para realizarlo. Aunque en la región ya se han hecho estudios trabajando con nutrientes tecnológicos, no había específicamente del cisco de café como agregado en bloques H -10 de construcción.

Además, teniendo en cuenta la contaminación ambiental que dejan los diferentes procesos en la industria de la construcción, siendo de las mayores aportantes a esta problemática; pues desde los procesos de fabricación de los materiales de construcción, hasta las mismas

intervenciones de infraestructura en sus diferentes modalidades, dejan su huella ambiental. Y al ser esta industria tan grande, el impacto sobre el medio ambiente es en la misma proporción. Por lo que es importante tomar medidas al respecto y aportar investigación sobre cómo mitigar y disminuir esta afectación ambiental y buscar estrategias para equilibrar el sistema.

### **1.3. Formulación del Problema**

¿Cuál es la absorción de agua y la resistencia mecánica a la compresión del bloque de construcción H-10 si se varía su composición de arcilla con tres diferentes porcentajes de cisco de café y, qué diferencia de precio tiene con el bloque comercial?

### **1.4. Objetivos**

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

Evaluar mezclas de arcilla adicionando cisco de café en diferentes porcentajes para la fabricación de bloque de Construcción.

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

- Realizar un diagnóstico del sector productivo del Cisco de Café en Norte de Santander.
- Desarrollar el producto utilizando diferentes porcentajes del cisco de café a nivel de laboratorio.
- Evaluar propiedades (físicas, químicas y mecánicas) de cada bloque desarrollado a nivel de laboratorio.
- Establecer los costos del producto comercial y del elaborado con el cisco de café.

## 1.5. Justificación

A razón de todos los daños efectuados por el hombre contra el medio ambiente, y en especial la industria de la construcción; que es uno de los mayores aportantes a la evolución, pero también verdugo del ecosistema, nace esta propuesta de investigación para aportar información que ayude a resarcir un poco los perjuicios en contra del planeta.

De forma directa o indirectamente, el sector de la construcción ha sido reconocido mundialmente como una de las principales fuentes de contaminación ambiental (Enshassi et al, 2014), con los proyectos de desarrollo se busca mejorar la calidad de vida, pero las consecuencias son tanto positivas como negativas, por lo que la proyección debería hacerse, esperando que al final sea mayor el impacto positivo (Kaur & Arora, 2012), pues cada parte del proceso de construcción deja su huella sobre el medio ambiente. En este orden de ideas, se hacen necesarios pequeños ajustes en la sucesión de actividades que se realizan en este tipo de proyectos, buscando de alguna manera disminuir el impacto negativo, principalmente, sobre el ecosistema.

Es evidente que el mundo cambia y sólo los que se adaptan sobreviven, por lo que diferentes investigadores han abordado este tema de buscar cómo reciclar residuos e incluirlos en diferentes porcentajes a la elaboración de productos ya existentes, esta metodología se conoce como “economía circular”, donde su ideología fundamental es hacer de un “residuo” un “recurso”, ya que esto trae beneficios tanto ambientales como económicos, por lo que se hace necesario que en la región se aborden estudios, ya sea académicos o empresariales, donde se implementen residuos generados en diferentes sectores de la industria, para la producción de artículos o materiales de cualquier tipo ya existentes en el mercado.

Este estudio también es importante para dejar un precedente y se pueda seguir con este tipo de investigaciones; es importante aportar información de dichos residuos, en este caso el cisco de café, así se pueden tener en cuenta diferentes aspectos y propiedades, que pueden ser utilizadas en otros proyectos de investigación. En este caso, se utilizaron tres porcentajes de agregado de cisco de café, que fueron con 2.5%, 5% y 7.5% con estos rangos y el conocimiento de su comportamiento, se tiene un antecedente en futuras investigaciones, para de esta manera saber cuáles otros porcentajes se podrían utilizar y qué tan viable es aumentar o disminuir la cantidad de cisco.

## **1.6. Alcances y Limitaciones**

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

Este proyecto provee de información sobre el comportamiento, a nivel de laboratorio, del cisco de café como agregado en porcentajes de 2.5%, 5% y 7.5% en la fabricación de bloques de arcilla, lo que puede ser útil para otras investigaciones donde se pretenda utilizar este material. Específicamente, se aporta información sobre la absorción de agua, la resistencia mecánica a la compresión, la pérdida de masa seca y cocida y contracción seca y cocida de cada uno de los porcentajes y de la arcilla al 100%

También se realizó el estudio de costos, haciendo un paralelo entre el bloque normal y el bloque con 5% de cisco de café. Además, este estudio aporta información sobre la producción del cisco y el sector productivo del mismo para Norte de Santander.

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

Debido a la situación provocada por el COVID-19, sobre todo el confinamiento obligatorio, se hizo difícil el trabajo de recolección de información directamente con las

empresas o entidades que se relacionan con este proyecto. También la dificultad para acceder a un buen servicio de conexión a internet complicó la comunicación y la búsqueda de información. Además de que la relación con el proyecto en la parte de la vinculación del investigador con la realización de los laboratorios no fue tan directa, debido a que el acceso a la universidad se vio restringido.

## 2. Marco Referencial

### 2.1. Antecedentes y Estado del Arte

#### 2.1.1. Antecedentes Internacionales

Sierra, J., Roque, H., y Medrano, J. (2013). Aprovechamiento de la cascarilla de café en la elaboración de materiales de construcción. *El Higo Revista Científica*. En la investigación se presenta la cascarilla de café como alternativa en la fabricación de materiales de construcción. Se observó un comportamiento de la cascarilla en su estado natural similar al de los áridos, se comparó el comportamiento de la cascarilla entera con la cascarilla molida, siendo esta última más costosa, debido que al tener partículas más pequeñas se necesita más cantidad de cemento.

Díaz, M., y Fernández, J. (2019). Influencia de la adición de ceniza de cascarilla de café en la trabajabilidad y resistencia a compresión del concreto. Tesis para optar el título profesional de ingeniero civil, universidad nacional de Jaén, Perú. Se observó la influencia en la trabajabilidad y resistencia a compresión del concreto cuando a este se le adiciona ceniza de cascarilla de café. Los resultados mostraron que esta unión hace que el peso unitario disminuya y la temperatura y contenido de aire se aumentan, a medida que se le añade más ceniza de cascarilla. Además, la resistencia a compresión del concreto se incrementa respecto a la muestra patrón al adicionar 1% y 2% de ceniza de cascarilla.

González, E., y Lizárraga, L. (2015). Evaluación de las propiedades físico mecánicas de ladrillos de arcilla recocida, elaborados con incorporación de residuos agrícolas, caso Chiapas, México. Ingeniería. Los autores presentan residuos agrícolas como la cascarilla de café, la cáscara de coco y el olote de maíz incluidos en el proceso de fabricación de ladrillos de cerámica roja. Se evaluaron factores como la resistencia a la compresión y absorción. Los resultados muestran la factibilidad de utilizar residuos agrícolas en la fabricación de ladrillos.

Para cumplir con los requerimientos de resistencia a la compresión estipulados en la norma mexicana, para ladrillos estructurales, se tuvo que elevar la temperatura a 1000°C y para ladrillos no estructurales la temperatura a 900°C. El ladrillo estructural permite adición de cascabillo de café y olote hasta un 4% en peso, la cascara de coco no cumple los requerimientos mínimos de absorción.

### ***2.1.2. Antecedentes Nacionales***

Dorado, H. (2016). Uso de subproductos de la industria de café y caña de azúcar como fundente y formador de poros en la manufactura de ladrillos de arcilla roja. Proyecto de grado para optar al título de ingeniero de materiales. Universidad del Valle, Santiago de Cali, Colombia. En este estudio se analizó el comportamiento de ceniza de cisco de café y del polvillo de Bagazo de caña de azúcar haciendo reemplazos en peso del 2%, 4%, 5%, 8%, 10%, 12%, 15%, y 20% variando la temperatura de cocción en 850°C, 900°C, y 950°C para hacer ladrillos de arcilla roja. Se evaluó la resistencia a la compresión, absorción, densidad, porosidad, succión capilar, y transferencia térmica. Se encontró que agregar estos nutrientes es una opción viable y que se puede.

Salazar, J., García, C., y Olaya, J. (1984). Dosificación de hormigones ligeros con cascarilla de café. Ingeniería E Investigación. Los autores utilizaron el cisco de café en su estado natural, elaborando diferentes mezclas en la preparación del hormigón variando su relación agua-cemento. Las pruebas realizadas lo muestran como un material óptimo para ser utilizado como agregado liviano en el hormigón, pero advierten también el alto contenido de azúcar lo que retrasa el proceso de fraguado, por lo que se propone mineralizar el cisco para evitar este limitante.

Silvestre, A. (2014). Estudio experimental del comportamiento del cisco de café como aislante acústico en construcciones livianas. Trabajo de investigación en la universidad libre de Colombia, Pereira. En este proyecto el investigador presenta el cisco de café como aislante acústico en construcciones livianas comparándolo con otros materiales utilizados para el mismo fin. Los resultados lo muestran como un buen aislante, no produce ningún tipo de alergia e inmune al ataque de elementos que puedan producir descomposición.

Rojas, J., Gutiérrez, Y., y Vargas, E. (2020). Estabilización de afirmado con ceniza proveniente de desechos de cascarilla de café para aplicar en suelos de construcción de vías. Trabajo de Grado bajo la Modalidad de seminario para Optar por el Título de Ingenieros Civiles, Universidad cooperativa de Colombia, Ibagué. Se analizaron por medio de ensayos de laboratorio las propiedades del suelo mezclado con ceniza de cascarilla de café, evaluando la viabilidad técnica y el valor óptimo para estabilizar la muestra. En los resultados se observó que la adición de ceniza al 0%,4%,8% y 14 %, puede aumentar la resistencia a la compresión no confinada del suelo.

### ***2.1.3. Antecedentes Regionales***

Sánchez, J., Álvarez, D., Gelves, J., (2018). Cisco de café como posible material sustituto de arcilla en la fabricación de materiales cerámicos de construcción en el área metropolitana de Cúcuta. Respuestas. En este artículo se propuso reutilizar cisco de café en la fabricación de materiales cerámicos de construcción. Sustentando dicha propuesta con los laboratorios correspondientes. Se observó que el cisco de café puede ser potencialmente utilizado en dicha producción ya que se evidenciaron propiedades como la reducción térmica del material lo que lo hace apto para ser utilizado en revestimiento y pavimento de uso residencial.

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*. Este artículo contiene información sobre el reciclaje de residuos industriales y la aplicación que se le puede dar en la fabricación de materiales de construcción. Haciendo énfasis en el término de economía circular. Se encontró que no solo ayuda a la protección ambiental al reutilizar dichos residuos, sino que aporta propiedades tecnológicas a los materiales.

Cáceres, V., Chaparro, A., y Sánchez, J. (2017). Evaluación de arcillas caoliniticas-illíticas provenientes de la formación guayabo del Área Metropolitana de Cúcuta, Norte de Santander, Colombia. *Revista Ion*, 30(1), 117-127. En este artículo se muestran los resultados obtenidos para determinar las propiedades de las arcillas de la formación Guayabo para potenciar su uso en la fabricación de materiales de construcción. Los análisis se hicieron mediante caracterización química Fluorescencia de Rayos X (FRX), caracterización mineralógica mediante Difracción de Rayos X (DRX) e infrarrojo con transformada de Fourier (FTIR), caracterización térmica mediante análisis térmico gravimétrico (TGA) y calorimetría diferencial de barrido (DSC) y caracterización físico – cerámica. En los resultados obtenidos se encontró que están constituidos por aluminosilicatos hidratados con presencia de algunas impurezas como sodio, hierro, potasio, calcio, titanio por lo que presentan capacidad de ser sometidas a esfuerzos para su conformado a través de procesos de extrusión.

## **2.2. Marco Teórico**

Haciendo conciencia de la contaminación ambiental y el papel que cumple la industria en esta problemática, se evidencia que el progreso y la expansión de las ciudades, afectan negativamente, deterioran y destruyen el medio ambiente. A razón de lo anterior y como una

posible solución en pequeña medida para disminuir la contaminación y la explotación de los recursos naturales, nacen iniciativas como el reciclaje o la economía circular, en este caso específico, se propone utilizar el cisco de café en la producción de bloques de arcilla, de esta manera mitigar el impacto ambiental que tiene el sustraer los recursos áridos de la naturaleza y el procesamiento de los mismos, además se le daría uso a este residuo orgánico.

### ***2.2.1. El papel de la Industria de la Construcción en la Contaminación Ambiental***

La industria de la construcción resuelve una necesidad elemental para el hombre, como lo es tener una vivienda, lo que indiscutiblemente mejora la calidad de vida, además de las infraestructuras hidráulicas y de transporte, fundamentales para el desarrollo de la sociedad. La ingeniería está en todo; resuelve problemáticas sociales con respuestas eficientes y tangibles, es estructurada y organizada, sigue un proceso sistemático y que se actualiza constantemente.

A pesar del progreso y desarrollo social que trae la ingeniería, es innegable el fuerte impacto negativo sobre el ecosistema; desde la ocupación del espacio, la explotación de los recursos y la contaminación y generación de residuos, las obras de ingeniería son de las principales y más importantes fuentes de contaminación ambiental (Acosta, 2009).

Sobre todo, el factor de la explotación de recursos es trascendental, pues recursos no renovables como la minería y los recursos energéticos, son finitos y es un acto egoísta con las futuras generaciones, utilizarlos indiscriminadamente (Acosta, 2009). Además, sacar los minerales del suelo para fabricación de materiales de construcción o la deforestación para ocupar el espacio con obras ingenieriles, debilita el ecosistema, destruye el paisaje y aumenta la vulnerabilidad de los asentamientos humanos (Acosta, 2009).

En el impacto sobre el ecosistema se pueden citar desechos, ruido, polvo, residuos sólidos, generación de tóxicos, contaminación del aire y del agua, malos olores, cambio

climático, uso del suelo, operaciones con remoción de la vegetación y emisiones peligrosas las cuales contienen CO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub> y SO<sub>2</sub> (Kaur & Arora, 2012) estos gases son los principales causantes del cambio climático, la lluvia ácida y la contaminación atmosférica. Según estudios previos, la construcción estadísticamente es responsable de un 12-16 % del consumo de agua; un 25% de la madera cosechada; un 30-40 % del consumo energético; un 40% de los materiales vírgenes extraídos y un 20-30% de las emisiones de gases de efecto invernadero (Macozoma, 2002).

### ***2.2.2. Economía Circular***

Es un tema que actualmente ha adquirido importancia y cada vez es más conocido, pues es aplicable a diferentes sectores de la sociedad. Una economía circular es reconstituyente y regenerativa por diseño, y se propone mantener siempre los productos, componentes y materiales en sus niveles de uso más altos. (Cerdá & Khalilova, 2016).

La economía circular se apoya en tres principios fundamentales: el primero, preservar y aumentar el capital natural, controlando los stocks finitos y equilibrando los flujos de recursos renovables. Segundo, optimizar el rendimiento de los recursos, circulando siempre productos, componentes y materiales en su nivel más alto de utilidad, en los ciclos técnico y biológico. Y tercero, promover la efectividad del sistema, haciendo patentes y proyectando eliminar las externalidades negativas. (Cerdá & Khalilova, 2016).

La importancia de la economía circular está principalmente en que los materiales extraídos del medio ambiente se puedan utilizar nuevamente de manera cíclica, también va en contra de la economía lineal y la sociedad de consumo, pues se enfatizan temas como la conciencia ambiental, el consumo responsable y necesario, y el reciclaje. Este sistema busca incrementar la durabilidad de los productos, su reparación en caso de fallas para ser reutilizados

y/o el reciclaje de las materias primas y biomasa de productos inservibles para la fabricación de otros nuevos. Por lo que se cataloga la economía circular como un factor de responsabilidad social (González & Vargas, 2017).

### **2.2.3. *Cisco de Café***

Colombia es reconocida a nivel internacional como uno de los mayores productores de café; junto a Vietnam y Brasil representan una tercera parte de las exportaciones mundiales de café (Revista Semana, 2019). Esto hace del café, no solo un producto característico y destacable del país, sino que también deja claro que hay gran cantidad y que es un factor importante en la economía nacional. Para el 14 de enero del 2020 se registró una producción con la que se cerró el 2019 de 14,8 millones de sacos de 60 kilos (Federación Nacional de Cafeteros, 2020). Tanto para los colombianos como para algunos extranjeros, el café de Colombia es reconocido, pero mayormente solo se hace énfasis en el producto que se saca del grano de la pulpa, ignorando otros subproductos como el cisco o cascarilla del café. El fruto o la cereza del café está compuesto un 40 % de la almendra y un 60% a otros componentes que son eliminados, lo que hace que más de la mitad del producto no se aproveche o genere beneficio (Gómez, 2019). El cisco es la parte que envuelve al grano, constituye una excelente fuente de celulosa, y lignina, pentosanos, sílice y cenizas, así como otros compuestos en menor proporción (Akhtar et al, 2012).

Dicha cascarilla actualmente ha sido producto de investigación, para evaluar sus propiedades y sus posibles aplicaciones en diferentes sectores; se ha observado su comportamiento en generación de energía eléctrica (Arenas, 2009) además de otros estudios como el encapsulamiento acústico de cisco de café para la atenuación del nivel de presión sonora

de una compresora (Arango & Chauca, 2019) o el comportamiento del concreto con cascarilla de café y posibilidades ante textura y color (Coral, 2019).

#### ***2.2.4. Proceso de Producción del Cisco de Café***

El proceso de producción del cisco de café consta de varias fases; ya cultivada la planta, se recoge la cereza de café, luego se desbaba y se fermenta, después se lava y se deja secar, en este punto del proceso se obtiene lo que se llama café pergamino, luego este se trilla y de esta manera se obtiene el cisco. Un kilo de café en cereza, genera doscientos gramos de café pergamino aproximadamente, esto varia, ya que depende de la calidad del café. Y, un kilo de café pergamino merma el 20% aproximadamente en cisco.

La información sobre todo el proceso de producción hasta obtener el cisco de café, fue proporcionada muy amablemente a este estudio por el caficultor Domingo Torres, ganador en dos categorías del Concurso Nacional Tierra de Diversidad 2021, quien mostró dicho proceso; que se detalla a continuación, en su finca “El roble” del municipio de Ragonvalia, Norte de Santander.

**Cultivar la Planta.** Se escogen las semillas del café y se clasifican, luego estas pasan a un semillero que se denomina “germinador” y allí se cuidan hasta que estas ya germinen, a la planta inicial se le llama “chapola”, la cual se coloca en bolsas y se cuida hasta que esté lista para pasar a tierra.



**Figura 1.** Semillas de Café en el Germinador

**Siembra.** Se pasa la chapola a la tierra, se cultiva y se abona hasta que esta crece y se forma en una planta de café, del cuidado que se le tenga a la planta y al suelo en el que está, depende la producción y la resistencia a las plagas que la planta pueda tener. Una planta que esté bien fertilizada puede dar de un kilo a un kilo con trescientos gramos de café pergamino por año.



**Figura 2.** Chapolas de Café

**Recolección del Café.** Cuando el café ya ha producido y su fruto ha pasado el proceso natural de maduración, que es cuando tiene un tono de color que tiende a rojo, se hace la

recolecta del mismo. Esta producción se da cada veinte días y con 12 kilos de este café en rojo se producen 3 kilos de café pergamino.



**Figura 3.** Recolección de Café

**Proceso Hidráulico.** La producción recolectada se pasa a un proceso hidráulico, que es donde se clasifica el café; la pepa de café que flota, es la de menor calidad y se saca aparte, la que tiene mayor densidad y permanece en el fondo, es la de alta calidad y que se procesa para comercialización.



**Figura 4.** Proceso Hidráulico

**Beneficiadero.** Este proceso consta de varias partes, donde el propósito es quitarle todas las cubiertas al grano de café, primero pasa por la “desbabadora”, donde se le quita la capa superficial o la concha de la pepa de café, de ahí pasa a los tanques para su fermentación que dura de 24 a 30 horas, por último, se pasa el café por un proceso de lavado.



**Figura 5.** Beneficiadero

**Secado.** El café ya lavado se lleva a la “marquesina”, que es una estructura de plástico especialmente diseñada para el secado del café, el secado del café depende del clima por lo que este proceso puede durar de ocho a quince días, al grano de café ya seco se le llama “café pergamino” y este es el que los caficultores llevan para comercializar.



**Figura 6.** Secado del Café

**Cisco de Café.** El café pergamino se pasa por un proceso de molienda donde sale el cisco de café, para este estudio, se tomó el cisco de café que se trilla para hacer el control de calidad; de cada carga de café que el productor lleva a la cooperativa de caficultores del Catatumbo en Ragonvalia, se toma un kilo y se trilla, según la cantidad de cisco que salga, se calcula el factor de rendimiento de café.



**Figura 7.** Trillado y Cisco de Café

### 2.3. Marco Conceptual

**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.). Se las puede considerar como unas acumulaciones naturales, consolidadas o no, de tamaño de grano fino y constituidas por variados minerales arcilloso (Díaz, L. A., & Torrecillas, R. (2002). “Substancia mineral, ordinariamente blanca, combinación de sílice y alúmina; empapada en agua, da olor característico y se hace muy plástica, y por la calcinación pierde esta propiedad y se contrae” (Real Academia Española).

**Bloque de Construcción.** Pieza de mortero o arcilla con un grueso superior al del ladrillo normal que se emplea en construcción. También llamado bloque, ladrillo grueso.

**Café Pergamino.** Es el producto del beneficio del grano el cual se obtiene después de quitarle la cáscara y el mucílago, lavarlo y secarlo hasta una humedad del 12%. / Nombre del café que comercializa el caficultor al interior del país. El contenido de agua está entre 10-12%. (Federación de cafeteros, 2020).

**Café Castillo.** Es una variedad de café muy típica en Colombia, que posee propiedades de suavidad, aroma y acidez cítrica y proviene del cruce entre dos plantas: Caturra e Híbrido de Timor, además es resistente a roya del cafeto, que es una de las principales amenazas para este tipo de cultivos (cafeuniqua, 2020)

**Cisco de Café.** Es la parte que envuelve el grano inmediatamente después de la capa mucilaginoso y representa alrededor de 12 % del grano de café en base seca. (Manals et al, 2018).

**Conductividad Térmica.** Los materiales transfieren el calor a distintas tasas. La conductividad térmica describe el transporte de energía, en forma de calor, a través de un cuerpo con masa como resultado de un gradiente de temperatura. De acuerdo con la segunda ley de la termodinámica, el calor siempre fluye en la dirección de la temperatura más baja.

**Mampostería.** Se conoce como el sistema tradicional de construcción que consiste en erigir muros y paramentos, para diversos fines, mediante la colocación manual de los elementos o los materiales que los componen (denominados mampuestos) que pueden ser ladrillos, bloques de cemento prefabricados, piedras talladas en formas regulares o no, entre otros. Este sistema permite una reducción en los desperdicios de los materiales empleados y genera fachadas

portantes; es apta para construcciones en alturas grandes. La mayor parte de la construcción es estructural (Cementos Cibao, 2018).

**Materiales de Construcción.** Son los productos, subproductos y materias primas empleados en la fabricación de edificaciones y obras civiles. Sus características y propiedades son determinantes en la definición de las cualidades físicas de la construcción en sí, así como el método constructivo, equipos y mano de obra necesarios para desarrollarla.

**Reciclaje.** Es un proceso de transformación mediante técnicas fisicoquímicas o mecánicas cuyo resultado es la obtención de nuevas materias primas a partir de materiales usados o desechados.

**Residuos Orgánicos.** Los residuos orgánicos o biorresiduos domésticos son residuos biodegradables de origen vegetal o animal, susceptibles de degradarse biológicamente generados en el ámbito domiciliario y comercial.

## 2.4. Marco Contextual

El cisco de café como nutriente tecnológico que se agregará al bloque de arcilla en este proyecto, proviene el municipio de Ragonvalia, Norte de Santander. Municipio que cuenta con una extensión de 95,847 Km<sup>2</sup> y un área rural de 95,3584 Km<sup>2</sup>. Altitud de 1.550 m.s.n.m. y temperatura media de 20 °C. En cobertura natural y usos de suelo: Bosque natural intervenido, bosque natural en rastrojado, bosque natural secundario, cultivos transitorios, cultivos permanentes, potreros mixtos, pastos naturales, cultivos permanentes con sombrío, potreros arbolados y matorrales. El café es el cultivo predominante en la región especialmente en las veredas la Alhambra, Santa Bárbara, Sombrerito, San José y Caliche con un 76.6% del total en la región. (Alcaldía Municipal de Ragonvalia, Norte de Santander).

El municipio cuenta con 450 hectáreas sembradas de café y 330 cafeteros cedulados (Cooperativa de cafeteros del Catatumbo, seccional Ragonvalia) Además, se agrega que en Ragonvalia se cultiva el mejor café de Norte de Santander, según la premiación de la novena versión del Incentivo Departamental a la Calidad del Café (La Opinión, 2019) y que no sólo hay cultivos de café castillo sino se están incorporando cafés especiales como el Gesha.

Los laboratorios programados para evaluar la eficiencia del cisco de café, se realizarán en el Centro de Investigación de Materiales Cerámicos (CIMAC) de la Universidad Francisco de Paula Santander (UFPS), ubicado en la Avenida Gran Colombia N° 12E-96 Barrio Colsag, Cúcuta, Norte de Santander, Colombia. Cuenta con un Área de Innovación y Desarrollo Tecnológico, en la cual se realizan experimentos a nivel de laboratorio y posterior reproducción a nivel semi-industrial en la Planta Piloto del Centro de Investigación. Además, el CIMAC se asocia con empresas del sector, con el Grupo de Investigación de Tecnología Cerámica (GITEC) y otros grupos de investigación de la Universidad Francisco de Paula Santander (UFPS) para la formulación de proyectos con el objetivo de generar y mejorar nuevas técnicas y tecnologías en beneficio del sector.

La población que potencialmente se beneficiaría con la elaboración de este proyecto son los caficultores, ya que podrían sacar provecho de un subproducto del café que normalmente se desperdicia. También las fábricas de bloques de arcilla, ya que tienen la alternativa de incluir este nutriente y reemplazar parcialmente la materia prima.

## **2.5. Marco Legal**

La certificación alcanzada por el Laboratorio del Centro de Investigación de Materiales Cerámicos CIMAC, el 17 de julio del 2015, para su sistema de gestión de calidad, contempla la

prestación de servicios de ensayos técnicos a materiales cerámicos, realizados dentro de sus instalaciones físicas permanentes, conforme a los criterios establecidos en la Norma NTC-ISO 9001:2008.

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 usos en muros divisorios o de cierre, no estructurales.

### **3. Diseño Metodológico**

#### **3.1. Tipo de Investigación**

Según los parámetros estipulados en el formato de anteproyecto de ingeniería civil, este proyecto de investigación se clasifica según su propósito, como investigación aplicada, pues se trabajan a nivel de laboratorio métodos ya establecidos. Según el nivel, exploratoria y descriptiva, exploratoria porque no es un estudio que se haya profundizado en la región, y descriptiva, ya que se expone el comportamiento del cisco de café al ser mezclado con la arcilla para realizar bloques de construcción. Según la estrategia, experimental, porque se trabaja a nivel de laboratorio donde se medirá el comportamiento de los materiales tratados.

#### **3.2. Población y Muestra**

##### ***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 el cisco de café como nutriente tecnológico.

##### ***3.2.2. Muestra***

El tamaño de la muestra se seleccionará 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.

La muestra de cisco de café con que se realizarán los laboratorios establecidos para el desarrollo de este proyecto de investigación proviene del municipio de Ragonvalia, Norte de Santander. Se tomarán inicialmente 50 kilos de cisco de café que ha sido trillado, pero este luego se molerá obteniendo 15 kilos de cisco de café molido aproximadamente.

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

#### ***3.3.1. Fuentes Primarias***

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

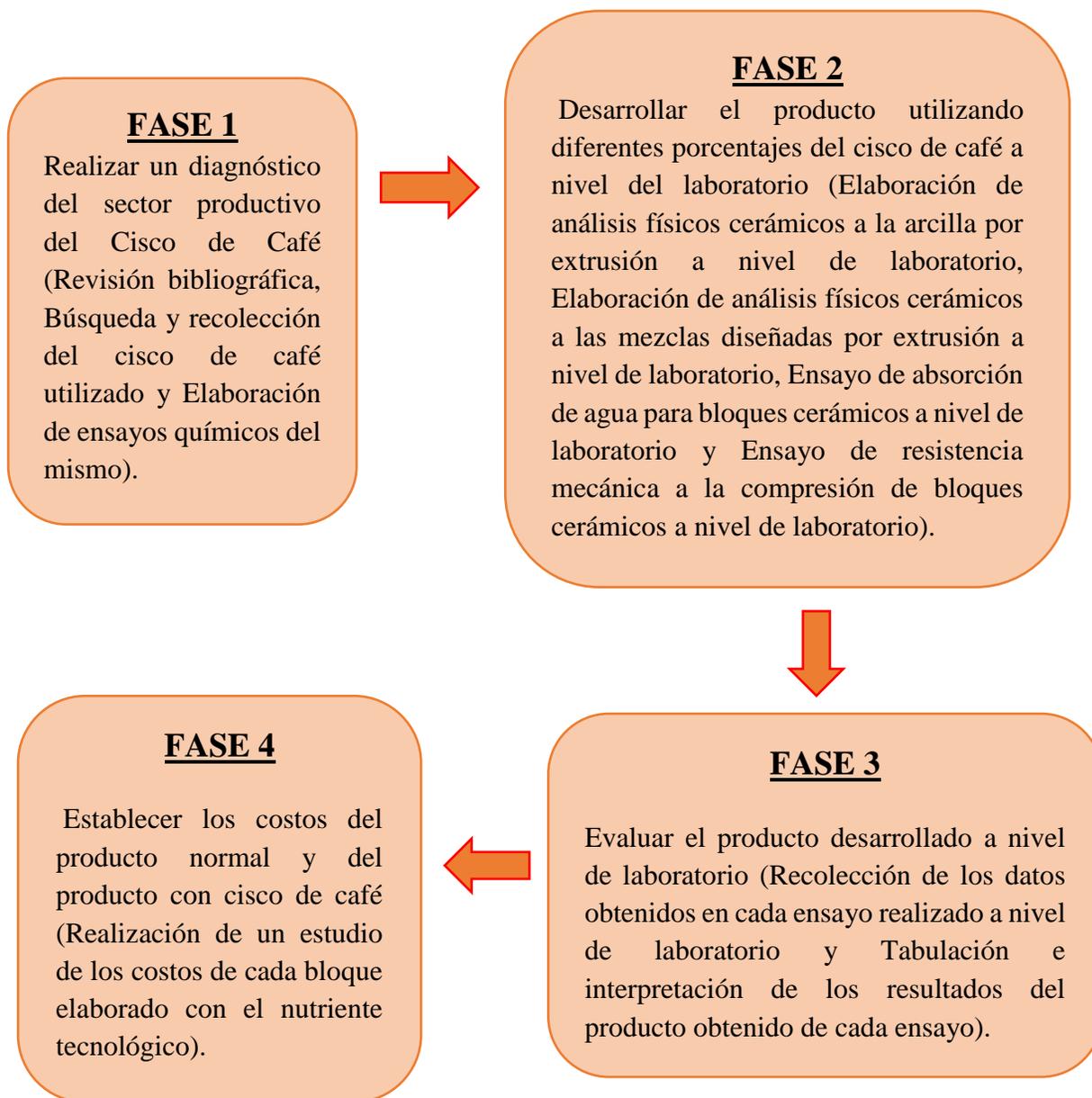
#### ***3.3.2. Fuentes Secundarias***

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 que se obtendrán según los resultados arrojados por el laboratorio de la caracterización físico cerámica de las diferentes formulaciones, serán tabulados y presentados en 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 utilizará en la evaluación del producto desarrollado se emplearan las siguientes técnicas:



**Figura 8.** Fases de la Investigación

## **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, en este caso el cisco de café, fue tomado del municipio de Ragonvalia, Norte de Santander. 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 cisco de café en diferentes porcentajes.

### **4.1. Materias Primas Utilizadas**

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 et al, 2018).

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.

#### ***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; Liberto, 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; Liberto, 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 & Martín, 1995).



**Figura 9.** 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***

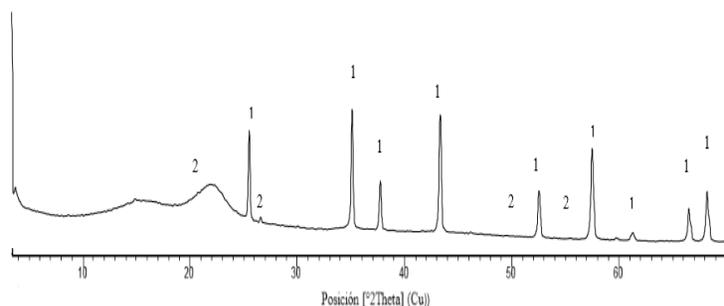
Los principales usos a los que se destinan estas arcillas son para la industria de la construcción, como ladrillos huecos o caravista, tejas, azulejos para gres y revestimientos. También se emplean en el sector de la alfarería, en las industrias del cemento y como agregados ligeros. El color del producto 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).

#### ***4.1.4. Cisco de Café***

Se le conoce como el endocarpio del fruto, constituido por la cascarilla y la película plateada y es un subproducto del café, utilizado comúnmente como combustible. En peso representa el 4.2% del fruto seco y representa una capacidad calórica de 17.90 MJ/kg (Rodríguez & Zambrano, 2013). En Colombia, este subproducto representa oportunidad energética equivalente a 49106 TJ/año (Manrique, 2018).

La siguiente información tomada de la tesis doctoral de Sánchez et al (2018) “Aplicaciones de los nutrientes tecnológicos en la industria cerámica del área metropolitana de Cúcuta”.

### Composición Mineralógica.



**Figura 10.** Patrón de Difracción del Cisco de Café.

*Nota.* 1) Corindón; 2) cuarzo. Fuente: Sánchez et al., 2018.

**Tabla 1.**

*Composición Estructural del Cisco de Café*

Fase	No. Tarjeta pdf-2	Nombre	Cuantitativo (%)
Cristalino	SiO <sub>2</sub> 000-85-0796	Cuarzo	0,4
Total cristalino			0,4
Amorfos y otros			99,6

*Nota.* Fuente: Sánchez et al., 2018.

### Composición Química.

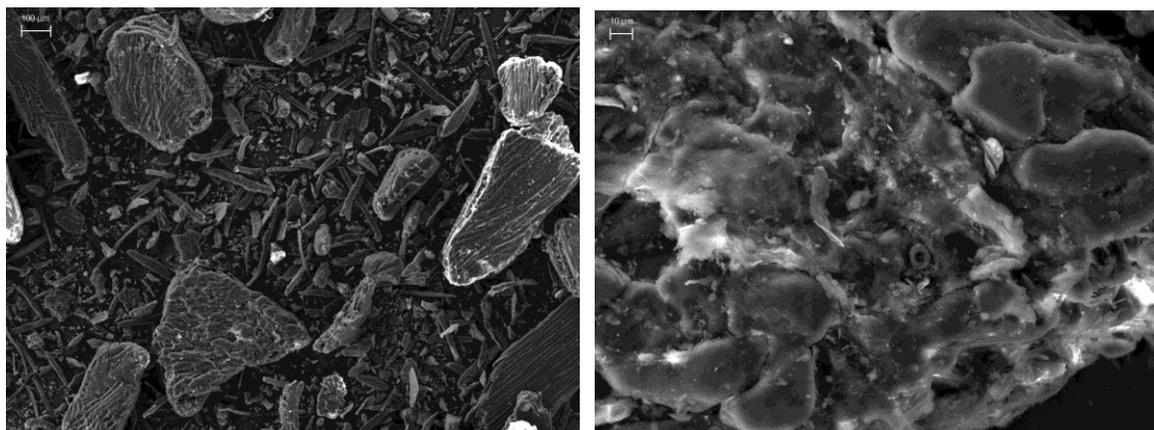
**Tabla 2.**

*Composición Química del Cisco de Café*

Elemento	Número atómico (Z)	Concentración (% peso)	Óxido	Concentración (% peso)
Si	14	0,29%	SiO <sub>2</sub>	0,62
K	19	0,20%	K <sub>2</sub> O	0,24
Ca	20	0,17%	CaO	0,24
Mg	12	0,14%	MgO	0,24
Al	12	0,14%	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,17
S	16	0,05%	SO <sub>3</sub>	0,11
Fe	26	0,03%	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,07
P	15	0,03%	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,05
* L.O.I				98,24

*Nota.* Fuente: Sánchez et al., 2018.

### Caracterización Morfológica.



**Figura 11.** Microfotografías (MEB) del Cisco de Café.

*Nota.* Fuente: Sánchez et al., 2018.

### Análisis Elemental N, C, H, S.

**Tabla 3.**

*Resultados Análisis N, C, H, S*

<b>Muestra</b>	<b>Nitrogen %</b>	<b>Carbon %</b>	<b>Hydrogen %</b>	<b>Sulphur %</b>
1	0,6305	46,3535	6,3019	0,0000
2	0,6206	46,1579	6,3926	0,0000

*Nota.* Fuente: Sánchez et al., 2018.

### 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 12).



**Figura 12.** Extrusora de Laboratorio con Vacío

Inicialmente las mezclas conformadas fueron sometidas al proceso de reducción de tamaño de partícula, se trituraron con el apisonador de arcilla (Figura 13), seguidamente se molturaron por vía seca en el molino de martillos (Figura 14), y finalmente el material molido se le realizó un proceso de tamizado utilizando el tamiz malla 10 (Figura 15), para obtener una distribución granulométrica uniforme. Seguidamente se realizaron las diferentes mezclas para fabricar el bloque H-10, adicionando 2,5%; 5% y 7,5% de cisco de café. 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.



**Figura 13.** Apisonador de la Arcilla (Trituración)



**Figura 14.** Molino de Martillos (Molienda vía seca)



**Figura 15.** Tamiz Malla 10 (Tamizado)

Los bloques conformados de las mezclas se secaron en una estufa de secado de 128 litros (Figura 16) de resistencia eléctrica comenzando a temperatura ambiente ( $30^{\circ}\text{C}$ ), durante las primeras 5 horas del proceso, se realizaron incrementos de temperatura de  $10^{\circ}\text{C}/\text{hora}$ , finalmente se llevó a la temperatura de  $110^{\circ}\text{C}$  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 17) con calentamiento eléctrico, sometiendo cada bloque a temperaturas de cocción de  $1000^{\circ}\text{C}$ .

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 16.** Estufa de 128 litros



**Figura 17.** 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 12)**

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 16)**

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 18.** 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 18), y pesar con balanza digital (Figura 19), 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 16)

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 19.** 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 20.** Tanque para realizar Absorción de Agua por el Método de Inmersión

- **Termohigrómetro**

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



**Figura 21.** 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  $15,5\text{ }^{\circ}\text{C}$  y  $30\text{ }^{\circ}\text{C}$ , durante  $24\text{ h}$  (sin inmersión parcial preliminar). Mantener el nivel de agua  $5\text{ cm}$  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 18)**

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 22.** 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**

Para el desarrollo de la investigación fueron empleados los ensayos definidos en la siguiente normativa: 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 4 y 5.

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 4 y 5, cuando se ensayan según el promedio descrito en la NTC 4017.

**Tabla 4.***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 4205.

<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 5.***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 4205.

<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

### 5.1. Diagnóstico del Sector Productivo del Cisco de Café en Norte de Santander

Norte de Santander es un departamento donde se puede producir diferentes tipos de cultivos como cítricos, mora, fresa, tomate de árbol, banano, papaya, durazno, curuba, piña y lulo (ICA, 2011), pero también hay una importante representación de cultivos de café, que son el sustento para miles de familias campesinas. De los 40 municipios que tiene el departamento, 36 son productores de café. Aproximadamente hay 23.500 hectáreas, y por una hectárea se logran recoger casi 22 sacos de café, la compra del café está garantizada por la Cooperativa de Caficultores del Catatumbo (Cooperacafé), la cual tiene 27 agencias que cubren toda la región (La Opinión, 2020). Según cifras del Comité Departamental de Cafeteros, el 65 % de hectáreas cultivadas en el departamento están bajo semisombra, el 14 % bajo sombra y el 21 % a exposición solar, mientras que la zona óptima de cultivo está entre 1.200 y 1.800 metros sobre el nivel del mar. (La Opinión, 2019).

Una de las empresas pertenecientes al gremio cafetero de la Federación Nacional de Cafeteros de Colombia es Almacafé, creada el 8 de mayo de 1965, es la encargada de almacenar el café comprado a los productores, adelantar los procesos de trilla con los estándares exigidos para la exportación del grano y llevar a cabo los controles de calidad del producto, que garantizan café 100% colombiano (Paisaje Cultural Cafetero, 2021). Esta empresa cuenta con oficinas en los departamentos de Magdalena, Bolívar, Cesar, Norte de Santander, Santander, Antioquia, Caldas, Risaralda, Quindío, Valle del Cauca, Tolima, Nariño, Cundinamarca, Cauca y Huila (Almacafé, 2021).

La muestra de este proyecto es del municipio de Ragonvalia, el café que allí se cosecha es llevado a la Cooperativa de Caficultores del Catatumbo – sede Ragonvalia, es el centro de

acopio principal de café del municipio, donde llega café mayormente de las veredas El sombrero y La Alhambra, pero también un 20% llega del municipio de Herrán y de la vereda Palo gordo (Villa del Rosario). Cada vez que un agricultor lleva su cosecha de café pergamino a la cooperativa, se toma un kilo de ese café pergamino y se trilla, lo que produce de 200 a 250 gramos de cisco, aproximadamente, esto se hace para verificar el factor de rendimiento y así mismo la calidad del café. En el 2020 se comercializaron en la cooperativa 438.796 kilos de café, del tipo castillo principalmente, esta cantidad es vendida a Almacafé.

De acuerdo a la anterior producción nombrada, se genera cisco de café cada vez que se toma la muestra del factor de rendimiento en las cooperativas seccionales de cada municipio. Dicho cisco es utilizado como abono para plantas y cama para pollos, aunque también se utiliza como combustible, pero no tiene ningún tipo de comercialización dentro de los municipios, sino que se entrega sin ningún costo a las personas que lo necesitan.

Toda la información que se obtuvo en este estudio para responder el primer objetivo de esta investigación, y que se detalla a continuación, fue obtenida en una entrevista, que está en el anexo 2, con el director y representante legal de la Federación Nacional de Cafeteros de Colombia – Comité Departamental de Norte de Santander, el señor Ricardo Mendoza Valero utilizando una encuesta no estructurada

La Cooperativa de Caficultores ejerce la garantía de compra y brazo logístico de la Federación Nacional de Cafeteros, la cual tiene agencias de compra de café en cada municipio cafetero y en puntos cercanos de las veredas cafeteras de Norte de Santander dichas agencias se encargan de la recolección del producto para luego ser transportado y entregado a la empresa Almacafé en Cúcuta, quien una vez recibido y realiza los análisis físicos y de taza para verificar la calidad del café que ingresa. Almacafé, tiene la maquinaria para procesar el café y entregarlo

ya molido, por lo que en algunas ocasiones trilla el café en Cúcuta, el trillado se hace para que quede libre la almendra del café y se pueda tostar. Además, cuenta con una bodega de almacenamiento en Pamplona que sirve para la conservación del café antes de despacharse. El valor del cisco de café está alrededor de los 20 pesos por kilo y se usa como combustible para secadores mecánicos. En la tabla 6 se puede observar la cantidad de café que se produjo por Municipio en Norte de Santander para el año 2020. Entonces, si un kilo de café pergamino produce 200 gramos de cisco de café (Mendoza, 2021), y con la información de la tabla 6, se concluye que la producción de cisco de café en Norte de Santander para el año 2020 fue de 4.889.410,8 kilos de cisco.

**Tabla 6.**

*Producción de Café Pergamino Seco (CPS) por Municipio en Norte de Santander para el Año 2020*

<b>Municipio</b>	<b>Producción de café (kg)</b>
Ábrego	329.876
Arboledas	1.680.301
Bochalema	429.678
Bucarasica	1.308.618
Cáchira	974.513
Cácota	2.945
Chinácota	376.795
Chitagá	211.038
Convención	1.352.451
Cúcuta	17.086

---

Cucutilla	1.357.556
Durania	579.556
El Carmen	1.041.720
El Tarra	3.876
El Zulia	769.540
Gramalote	1.233.374
Hacarí	967.701
Herrán	208.831
La Esperanza	258.088
La Playa	161.539
Labateca	853.661
Los Patios	137.716
Lourdes	1.445.210
Ocaña	748.963
Pamplona	46.830
Pamplonita	317.561
Ragonvalia	438.796
Salazar	1.673.824
San Calixto	1.428.688
San Cayetano	37.904
Santiago	299.305
Sardinata	1.392.000
Teorama	230.545

---

Toledo	1.554.870
Villa Caro	510.511
Villa del Rosario	65.589
Total	24.447.054

*Nota.* Fuente: Mendoza (2021). Federación Nacional de Cafeteros de Colombia, Comité departamental de norte de Santander.

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

Para dar respuesta y cumplimiento al presente objetivo de investigación se contó con el apoyo del laboratorio del Centro de Investigación de Materiales Cerámicos CIMAC de la Universidad Francisco de Paula Santander, donde se entregaron 50 Kg de cisco de café, material para iniciar el desarrollo de elaboración de mezclas de arcilla, las cuales se referencian en la tabla 7, y fueron tomados de esta manera teniendo en cuenta los antecedentes y la cantidad de cisco que se aceptable para que el bloque cumpla con lo requisitos de la norma.

### Tabla 7.

*Mezclas Elaboradas y Ensayadas*

Mezcla	Cisco de café	Arcilla
M1 <sup>a</sup>	2,5%	97,50%
M2 <sup>b</sup>	5%	95%
M3 <sup>c</sup>	7,5%	92,50%

*Nota.*

<sup>a</sup>Primera mezcla

<sup>b</sup>Segunda mezcla

<sup>c</sup>Tercera mezcla

Para la elaboración de los 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, para poder comparar los resultados con las mezclas desarrolladas.

A continuación, se muestran los resultados que se obtuvieron de la Arcilla Patrón.

**Tabla 8.**

*Resultados de Análisis Físico Cerámico de la Arcilla Patrón*

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

El ensayo de absorción de agua se realizó por triplicado basado en la Norma Técnica Colombiana NTC 4017, obteniendo así los resultados presentados en el Anexo 1 y resumidos en la Tabla 9.

**Tabla 9.**

*Resultados Absorción de Agua Bloque de 100% Arcilla*

A1 <sup>a</sup>	10,7
A2 <sup>b</sup>	11,3
A3 <sup>c</sup>	11,1
Promedio	11.03

*Nota.*

<sup>a</sup>Absorción de agua en el primer ensayo

<sup>b</sup>Absorción de agua en el segundo ensayo

<sup>c</sup>Absorción de agua en el tercer ensayo

El ensayo de resistencia mecánica a la compresión se realizó por triplicado basado en la Norma Técnica Colombiana NTC 4017, obteniendo así los resultados mostrados en el Anexo 1 y resumidos en la Tabla 10.

**Tabla 10.***Resultados Resistencia Mecánica a la Compresión Bloque de 100% Arcilla*

R1	31,99
R2	31,95
R3	30,22
Promedio	31.39

*Nota.*

<sup>a</sup>Resistencia mecánica a la compresión en el primer ensayo

<sup>b</sup>Resistencia mecánica a la compresión en el segundo ensayo

<sup>c</sup>Resistencia mecánica a la compresión en el tercer ensayo

Con la información de la tabla 8 y de la tabla 9, se puede observar que el bloque con 100% de arcilla cumple correctamente con lo establecido en la norma NTC, pues a revisar el promedio de la absorción de agua, está 2.47 puntos porcentuales por debajo de lo máximo establecido en la norma y la resistencia mecánica a la compresión tiene 1.39 kgf/cm<sup>2</sup> por encima de la mínima de la norma. Por lo que es un bloque de calidad y seguro.

Después de obtener los resultados con la arcilla al 100%, se realizaron los respectivos laboratorios para los bloques con 2.5%, 5% y 7.5% de cisco de café. Los cuales se detallan a continuación en tablas con los promedios de los tres ensayos realizados por muestra.

### 5.2.1. Bloque con 2.5% de Cisco de Café

**Tabla 11.**

*Análisis Físico Cerámico por Extruido*

Probeta	Temp.	Condición húmeda			Condición seca		Condición cocida			Masa de absorción de agua	Contracción		Perdidas de masa		Absorción de agua
		Long.	Masa	Empuje	Long.	Masa	Long.	Masa	Empuje		Seca	Cocida	Seca	Cocida	
		° C	mm	g	g	mm	G	mm	G		G	g	%	%	
1		81.59	148.35		78.08	120.06	77.42	112.03		126.02					
2		78.85	144.35		75.12	116.67	74.50	108.80		122.90					
3		80.22	146.43		76.74	118.35	76.05	110.40		124.55					
4		80.36	145.57		76.65	117.96	76.06	110.03		124.14					
5	1000	80.74	147.11	NA	77.16	118.99	76.46	111.01	NA	124.73	4.407	0.853	19.093	6.719	12.658
6		83.10	152.94		79.44	123.51	78.82	115.21		129.75					
7		77.73	142.67		74.83	115.28	74.11	107.53		120.98					
8		81.33	149.23		77.90	120.88	77.04	112.78		126.52					
9		79.30	144.32		75.46	116.84	74.94	108.97		123.19					
10		82.62	150.04		78.94	121.61	78.35	113.42		127.90					
										111.02 ± 0,06		± 0,02		± 0,03	

Se obtuvo para el bloque con 2.5% de cisco de café una contracción seca de 4.407% y una contracción cocida de 0.853%, además se puede observar que la pérdida de masa seca fue de 19.093% y la cocida de 6.719%. El peso de este bloque ya cocido fue de 111.02 gramos, 11.34 gramos menos que el bloque con 100% de arcilla.

**Tabla 12.***Resultados Absorción de Agua Bloque 2.5 % de Cisco de Café*

A1	12.6
A2	12.2
A3	12.6
Promedio	12.5

*Nota.*<sup>a</sup>Absorción de agua en el primer ensayo<sup>b</sup>Absorción de agua en el segundo ensayo<sup>c</sup>Absorción de agua en el tercer ensayo**Tabla 13.***Resultados Resistencia Mecánica a la Compresión 2.5% de Cisco de Café*

R1	26.50
R2	25.36
R3	23.77
Promedio	25.21

*Nota.*<sup>a</sup>Resistencia mecánica a la compresión en el primer ensayo<sup>b</sup>Resistencia mecánica a la compresión en el segundo ensayo<sup>c</sup>Resistencia mecánica a la compresión en el tercer ensayo

De la tabla 12 se toma el promedio de 12.5% de absorción de agua y de la tabla 13 la resistencia mecánica a la compresión promedio de 25.21 kgf/cm<sup>2</sup> para el bloque con 2.5% de cisco de café. Por lo que se afirma que este bloque no cumple con los requisitos de la norma, pues la absorción se encuentra 1% por encima de la máxima y la resistencia está 4.79 kgf/cm<sup>2</sup> por debajo de la mínima.

### 5.2.2. Bloque con 5% de Cisco de Café

**Tabla 14.**

*Análisis Físico Cerámico por Extruido*

Probeta	Temp.	Condición húmeda			Condición seca		Condición cocida			Contracción		Perdidas de masa		Absorción de agua	
		Long.	Masa	Empuje	Long.	Masa	Long.	Masa	Empuje	Masa de absorción de agua	Seca	Cocida	Seca		Cocida
		° C	mm	G	G	Mm	g	mm	g	g	G	%	%		%
1		80.62	139.57		76.99	109.27	76.14	100.13		115.71					
2		82.48	144.74		78.42	113.17	77.64	103.70		120.25					
3		79.10	138.74		75.00	108.52	74.17	99.42		115.33					
4		79.61	140.39		75.52	109.73	74.84	100.55		116.55					
5	1000	79.15	141.51	NA	75.11	110.40	74.28	101.20	NA	117.27	4.796	1.106	21.808	8.385	15.937
6		82.65	146.23		78.89	114.18	77.89	104.63		121.23					
7		79.35	140.10		75.74	109.48	75.07	100.26		116.42					
8		81.28	143.36		77.55	112.29	76.56	102.88		119.54					
9		82.82	146.03		78.91	114.28	78.05	104.66		121.53					
10		82.14	143.78		78.28	112.48	77.24	102.98		119.21					
							102.04	± 0,03			± 0,01	± 0,02			

En el bloque con 5% de cisco de se obtuvo que la contracción seca fue de 4.796% y la cocida de 1.106%, además la pérdida de masa seca fue de 21.808% y la cocida de 15.937%. Este bloque obtuvo un peso de 102.04 gramos, 20.32 gramos menos que el bloque con 100% de arcilla

**Tabla 15.***Resultados Absorción de Agua 5 % de Cisco de Café*

A1	16.0
A2	15.9
A3	15.9
Promedio	15.9

*Nota.*<sup>a</sup>Absorción de agua en el primer ensayo<sup>b</sup>Absorción de agua en el segundo ensayo<sup>c</sup>Absorción de agua en el tercer ensayo**Tabla 16.***Resultados Resistencia Mecánica a la Compresión 5 % Cisco de Café*

R1	20.76
R2	20.72
R3	21.15
Promedio	20.88

*Nota.*<sup>a</sup>Resistencia mecánica a la compresión en el primer ensayo<sup>b</sup>Resistencia mecánica a la compresión en el segundo ensayo<sup>c</sup>Resistencia mecánica a la compresión en el tercer ensayo

De la tabla 15 se toma el promedio de 15.9% de absorción de agua y 20.88 kgf/cm<sup>2</sup> de resistencia mecánica a la compresión de la tabla 16, para el bloque con 5% de cisco de café, con esta nueva muestra la absorción de agua aumento y la resistencia a la compresión disminuyó. Por lo que tampoco cumple con la norma NTC, pues la absorción esta 2.4% por encima de la máxima y la resistencia esta 9.12 kgf/cm<sup>2</sup> por debajo de la mínima.

### 5.2.3. Bloque con 7.5% de Cisco de Café

**Tabla 17.**

*Análisis Físico Cerámico por Extruido*

Probeta	Temp.	Condición húmeda			Condición seca		Condición cocida			Contracción		Perdidas de masa		Absorción de agua								
		Long.	Masa	Empuje	Long.	Masa	Long.	Masa	Empuje	Masa de absorción de agua	Seca	Cocida	Seca		Cocida							
		° C	Mm	G	g	Mm	g	mm	g	G	G	%	%		%	%	%					
1		79.93	135.10		76.38	104.43	75.22	93.19		110.14												
2		80.74	139.22		76.92	107.14	75.55	95.57		112.59												
3		82.75	141.06		78.76	108.73	77.33	96.98		114.20												
4		81.38	141.40		77.48	109.23	75.90	97.42		114.94												
5	1000	80.20	137.20	NA	76.26	106.50	74.70	95.04	NA	111.66	4.696	1.805	22.722	10.771	17.890							
6		81.43	139.37		77.74	107.69	76.55	96.09		113.15												
7		83.91	142.09		79.78	109.43	78.33	97.77		115.00												
8		79.77	136.62		75.91	105.01	74.16	93.74		110.53												
9		86.37	145.49		82.52	113.22	81.15	101.03		119.20												
10		77.88	131.52		74.37	102.07	73.23	91.00		107.75												
										± 0,02						± 0,03						

Por último, para el bloque con 7.5% de cisco de café se obtuvo una contracción en seco de 4.696% y la cocida de 1.805%, y la pérdida de masa seca fue de 22.722% y la cocida de 10.771%. Para este bloque el peso fue de 95.78 gramos, 26.58 gramos menos que el bloque con 100% de arcilla

**Tabla 18.***Resultados Absorción de Agua 7.5% Cisco de Café*

A1	17.9
A2	17.6
A3	17.4
Promedio	17.7

*Nota.*<sup>a</sup>Absorción de agua en el primer ensayo<sup>b</sup>Absorción de agua en el segundo ensayo<sup>c</sup>Absorción de agua en el tercer ensayo**Tabla 19.***Resultados Resistencia Mecánica a la Compresión 7.5% Cisco de Café*

R1	21.09
R2	16.30
R3	19.32
Promedio	18.90

*Nota.*<sup>a</sup>Resistencia mecánica a la compresión en el primer ensayo<sup>b</sup>Resistencia mecánica a la compresión en el segundo ensayo<sup>c</sup>Resistencia mecánica a la compresión en el tercer ensayo

De la tabla 18 se toma el promedio de 17.7% de absorción de agua y 18.90 kgf/cm<sup>2</sup> de resistencia mecánica a la compresión promedio de la tabla 19, para el bloque con 7.5% de cisco de café, con esta última muestra la absorción de agua aumento y la resistencia a la compresión disminuyó, por lo que a medida que se agrega cisco de café, se obtiene dicho comportamiento. Este bloque no cumple con la NTC pues la absorción de agua está 4.2% por encima de la máxima y la resistencia esta 11.1 kgf/cm<sup>2</sup> por debajo de la mínima.

### 5.3. Evaluación de Propiedades (Físicas, Químicas y Mecánicas) de Cada Bloque

#### Desarrollado a Nivel de Laboratorio

##### 5.3.1. Absorción de Agua Para cada Espécimen Analizado

La ecuación 1 representa el porcentaje de absorción de agua de cada espécimen.

$$E = \frac{m_4 - m_3}{m_3} \times 100 \quad (1)$$

Donde:

E = Absorción de agua en %

$m_3$  = Masa del espécimen seco, en g (antes del ensayo)

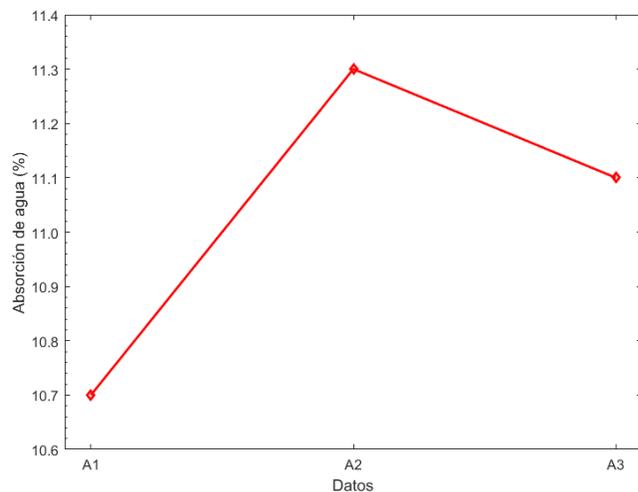
$m_4$  = Masa del espécimen impregnada con agua hirviendo, en g (después del ensayo)

##### 5.3.2. Absorción de Agua de la Muestra

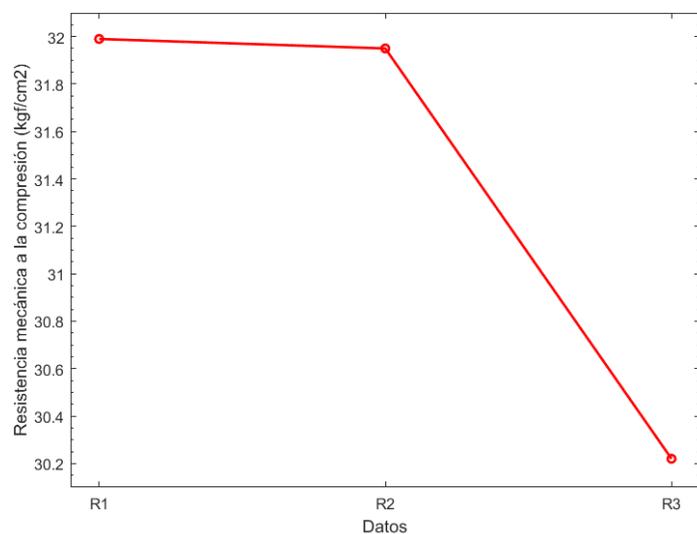
La absorción de agua promedio de la muestra, se calcula como el promedio de todos los resultados obtenidos de absorción de agua de cada espécimen analizado. Tal como se indica en la Ecuación 2.

$$\bar{x}E_i = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n E_i \quad (2)$$

En la figura 23 y 24 se muestra gráficamente el comportamiento de absorción de agua y resistencia mecánica a la compresión respectivamente, de cada uno de los ensayos hechos con la arcilla al 100% y se puede observar que la variación no es representativa.

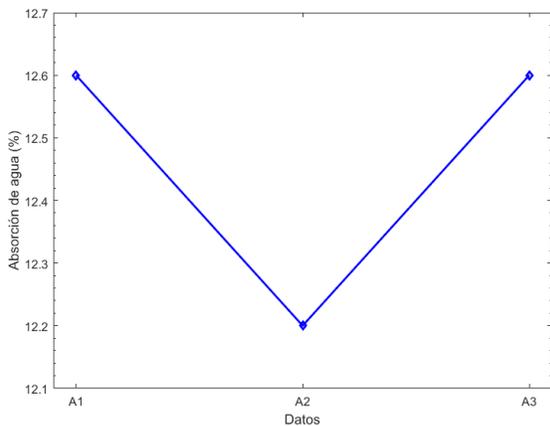


**Figura 23.** Absorción de Agua en Bloque con 100% de Arcilla.

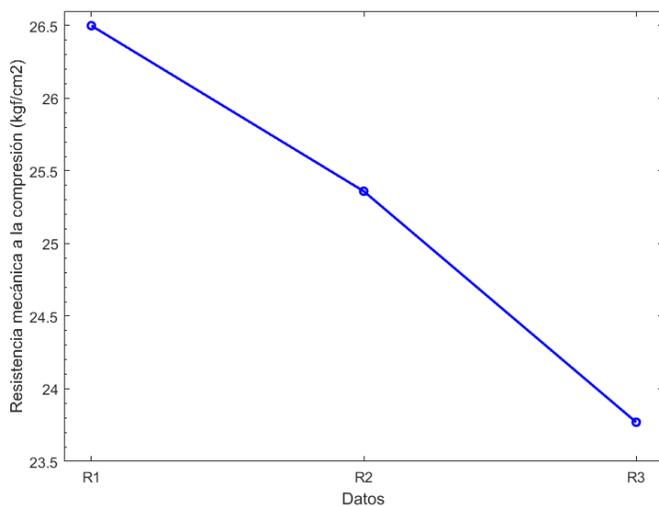


**Figura 24.** Resistencia Mecánica a la Compresión en Bloque con 100% de Arcilla

En la figura 25 y figura 26 se puede ver gráficamente el comportamiento con respecto a la absorción de agua y la resistencia a la compresión del bloque con 2.5% de cisco de café, la absorción de agua se mantuvo estable y la variación de la resistencia fue más notoria en el tercer ensayo.

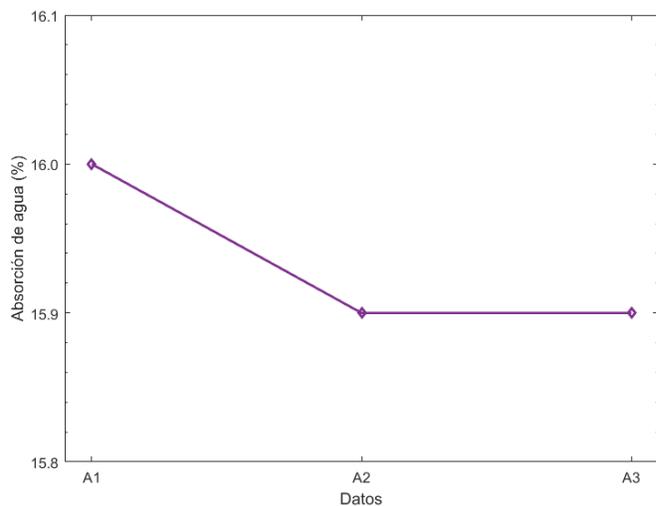


**Figura 25.** Absorción de Agua en Bloque con 2.5% de Cisco de Café.

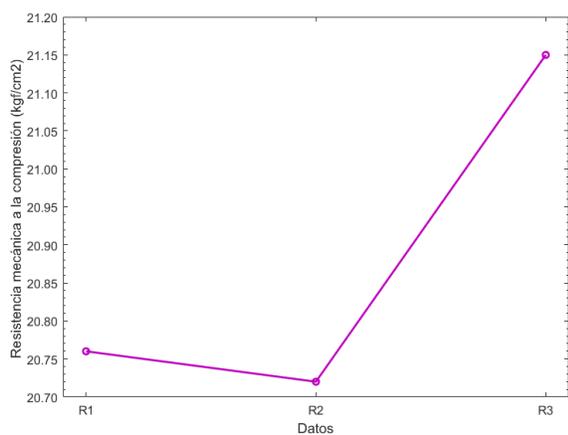


**Figura 26.** Resistencia Mecánica a la Compresión en Bloque con 2.5% de Cisco de Café.

En la figura 27 y figura 28 se detalla gráficamente el comportamiento de bloque con 5% de cisco de café, referente a la absorción de agua y la resistencia a la compresión, respectivamente, la absorción de agua se mantuvo casi constante en cada ensayo y la resistencia a la compresión también.

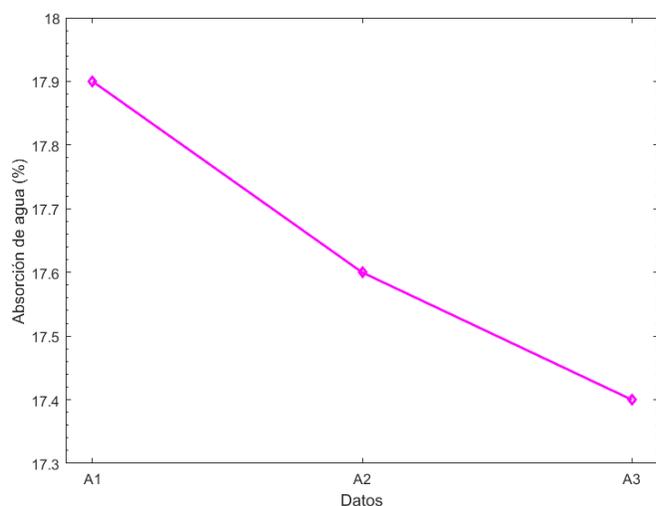


**Figura 27.** Absorción de Agua en Bloque con 5% de Cisco de Café.

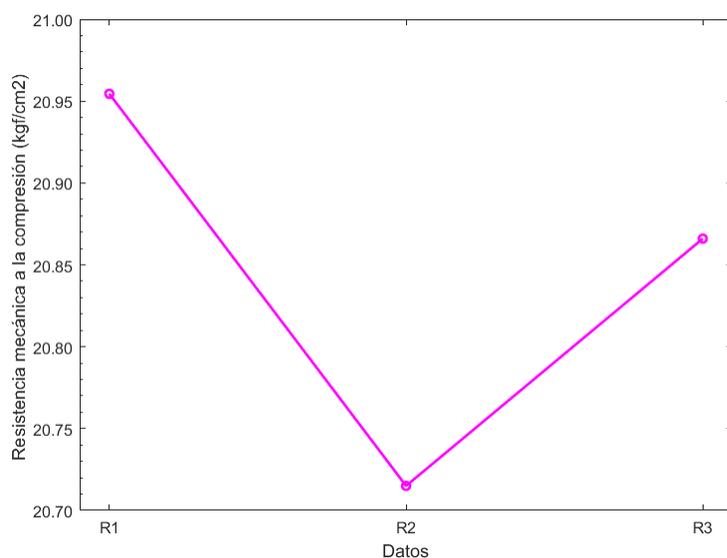


**Figura 28.** Resistencia Mecánica a la Compresión en Bloque con 5% de Cisco de Café.

Para el bloque con 7.5% se muestra en la figura 29 y figura 30 el comportamiento de la absorción de agua y la resistencia a la compresión al repetirse el laboratorio. La variación de la absorción de agua no es representativa y la resistencia a la compresión sí tuvo cambios en cada ensayo.

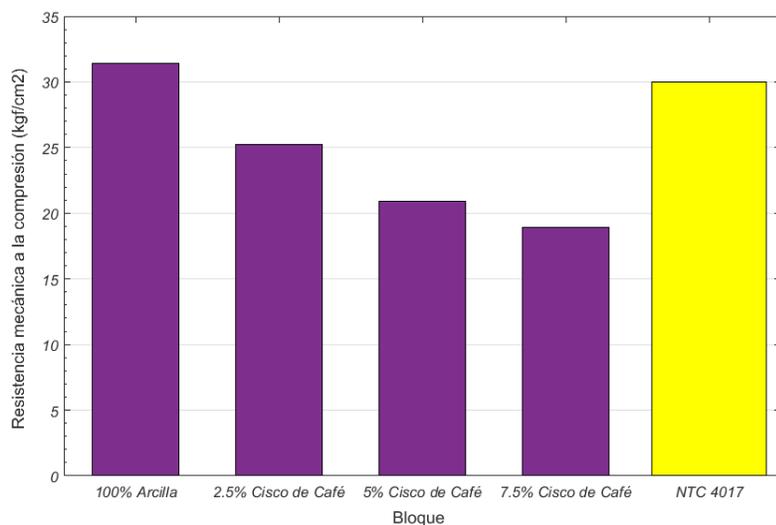


**Figura 29.** Absorción de Agua en Bloque con 7.5% de Cisco de Café.



**Figura 30.** Resistencia Mecánica a la Compresión en Bloque con 7.5% de Cisco de Café.

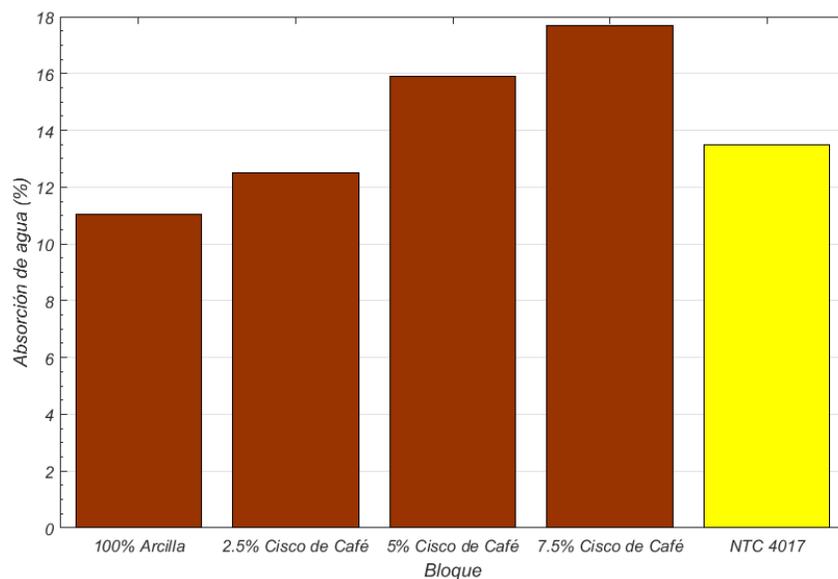
Al comparar los resultados promedios obtenidos con cada bloque con un porcentaje de cisco de café y el de la arcilla patrón con los datos conocidos de la norma, se muestra que solo el bloque con 100% cumple con la resistencia mínima a la compresión. Esto se detalla en la figura 31.



**Figura 31.** Resultados Promedio de Resistencia Mecánica a la Compresión.

*Nota.* El valor de la NTC 4205 representa la resistencia mecánica a la compresión mínima en unidad estructural de mampostería cocida.

En la figura 32 se muestra la absorción de agua máxima comparada con la norma, se puede observar que sólo el bloque con 100% de arcilla y el que contiene 2.5% de cisco de café cumplen con la norma NTC.



**Figura 32.** Resultados Promedio de Absorción de Agua.

*Nota.* El valor de la NTC 4205 representa el porcentaje de absorción de agua máxima.

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

A continuación, se muestra el cuadro que detalla cada etapa del proceso productivo del bloque cerámico de una empresa que fabrica bloque H-10.

**Tabla 20.**

*Actividades de Empresa que Fabrica Bloque H-10*

<b>Etapas proceso productivo</b>		
<b>1. 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>2. 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.
<b>3. Costo de explotación y preparación</b>		
1	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.

2	Lubricación y mantenimiento de maquinas	Mantener en disponibilidad el equipamiento, cambio de martillos, aplicación de grasa en rodamientos, reparación de malla del tamiz.
3	Supervisión y control del proceso, vigilancia.	Logística del proceso, toma de decisiones, acompañamiento, registro de datos.

---

#### 4. 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.

---

#### 5. 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.

---

#### 6. 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.
<b>7. Costo de cocción</b>		
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.
<b>8. Costo de descargue, selección y almacenamiento</b>		
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>9. Costo 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 establecidas las diferentes actividades del proceso productivo y los componentes del costo, se determinó la relación existente entre sí.

**Tabla 21.**

*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
Agua	Enfriamiento del horno
	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
Repuestos	Molienda de arcilla
	Tamizado de arcilla
	Extrusión
	Secado
Arriendo	Quema
	Mobiliario oficina
	Adecuaciones planta
	Molienda de arcilla
	Tamizado de arcilla
Depreciación	Extrusión
	-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 Molienda de arcilla Tamizado de arcilla
Impuestos	Extrusión Secado quema Almacenamiento
Mantenimiento	Todos los centros
Palas	Molienda Quema
Alambre de corte	Corte de material extruido
Dados boquilla	Extrusión
Martillos	Molienda de arcilla Supervisión Explotación Molienda de arcilla Extrusión de la arcilla
Mano de obra indirecta	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

---

**Tabla 22.***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****Tabla 23.***Costo del Bloque usando Cisco de Café*

<b>Actividades</b>	<b>Código *</b>	<b>Marzo (\$)</b>
Arranque de materia prima y cargue	A	\$ 4,150,000.0
Almacenamiento del cisco de café	A1	\$ 950,000.0
Transporte a planta	B	\$ 1,450,000.0
Transporte del cisco de café	B1	\$ 380,000.0
Acomodo de materia prima en galpón	C	\$ 380,000.0
Molienda, trituración del cisco de café	C1	\$ 1,450,000.0

Llenado cajón alimentador	D	\$ 288,244.0
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>\$ 57,789,416.3</b>

El costo del producto del bloque con cisco de café:

Costo - Producción	\$ 57,789,416.3
Producción de Bloque	180.000 Unid
<b>Costo Bloque</b>	<b>\$ 321.05</b>

El bloque con cisco de café disminuye el costo de producción en un 1.825% y la diferencia es de \$5.97 por bloque

## 6. Conclusiones

Norte de Santander produjo para el año 2020 una cantidad de 4.889.410,8 kilos de cisco de café, siendo el municipio de Arboledas el mayor productor de café del departamento, con un total de 1.680.301 kilos de café, seguido por el municipio de Salazar y posteriormente por el municipio de Toledo, con una producción de 1.673.824 Kg y 1.554.870 Kg respectivamente. El uso dado a este material ha sido principalmente como combustible, esta gran cantidad de nutriente tecnológico, que se está desaprovechando, podría tener un mejor uso y entrar en la economía circular como un recurso para otro tipo de producciones.

Del laboratorio del análisis físico – cerámico se obtuvo el peso de cada bloque, siendo este menor a medida que se le agregaba cisco de café, pues el peso del bloque con 100% de arcilla tiene una diferencia de 11.34 gramos con el de 2.5% de cisco, 20.32 gramos con el de 5% de cisco y 26.58 gramos con el de 7.5% de cisco, este aligeramiento de bloque beneficia el muro en el que se pueda utilizar, pues este pesará menos que uno con bloque convencional.

En los resultados obtenidos en los laboratorios para cada bloque, se pudo observar que a medida que fue aumentando la cantidad de cisco en el bloque, la absorción de agua aumentó y la resistencia mecánica a la compresión disminuyó. Lo cual desfavorece el uso de gran cantidad de cisco de café en los bloques de construcción no estructurales, pues no cumplirá con lo establecido en la norma NTC 4205.

Ninguno de los tres porcentajes de cisco de café de 2.5%, 5% y 7.5% cumplió completamente con lo establecido en la norma NTC 4205, el que más cerca estuvo fue el de 2.5% con una resistencia mecánica a la compresión de 25.21 kgf/cm<sup>2</sup> y una absorción de agua que sí cumple con la norma de 12.5%, por lo que para hacer otro estudio se debería utilizar una cantidad no mayor a 2% de cisco de café en la fabricación del bloque.

Por el contrario, la mezcla de la arcilla patrón, con 100% de arcilla tomada de la cantera de la empresa de cerámica Támesis, cumplió totalmente con lo establecido en la norma NTC 4205, con una resistencia mecánica a la compresión promedio de 31.39 kgf/cm<sup>2</sup> y una absorción de agua promedio de 11.03%, lo cual habla de la calidad de esta materia prima explotada en el departamento de Norte de Santander.

Hacer el bloque con cisco de café disminuye el costo de producción en un 1.825% y la diferencia en la producción de un bloque con cisco y uno comercial es de \$5.97, lo cual es relevante teniendo en cuenta la gran cantidad de bloques que se producen en Cúcuta y su área metropolitana, pues se refleja una disminución considerable en gastos.

## 7. Recomendaciones

Si se va a utilizar cisco de café para hacer bloque de construcción H-10, la cantidad de cisco no debe superar el 2.5%, esto con el fin de cumplir con la resistencia mínima a la compresión y la absorción de agua máxima establecida en la norma NTC 4205, teniendo en cuenta el comportamiento que, según la cantidad de cisco de café, se evidenció en el bloque para este proyecto.

Analizar el comportamiento del cisco de café en los bloques, variando la temperatura de cocción, ya que según un estudio realizado en la Universidad Nacional de Colombia titulado “Caracterización de arcillas y preparación de pastas cerámicas para la fabricación de tejas y ladrillos en la región de Barichara, Santander”, la resistencia mecánica a la compresión y el porcentaje de absorción de agua de los ladrillos dependen directamente del tipo de arcilla y la temperatura de cocción a la que fue expuesta.

Realizar estudios sobre el comportamiento del cisco de café siendo nutriente tecnológico en otros productos, como por ejemplo en mezclas de concreto. Esto para aprovechar la gran cantidad que se produce del mismo en el departamento de Norte de Santander.

Ampliar la información e investigación con otros nutrientes que se puedan utilizar para elaborar bloques de arcilla en diferentes presentaciones.

## 8. Referencias Bibliográficas

- Acosta, D. (2009). Arquitectura y construcción sostenibles: Conceptos, Problemas Y Estrategias. *Dearq*, 4,14-23. <https://doi.org/10.18389/dearq4.2009.02>
- Akhtar, J., & Amin, N. S. (2012). *A review on operating parameters for optimum liquid oil yield in biomass pyrolysis. Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 16(7), 5101-5109.
- Arango, E. & Chauca, P. (2019). *Encapsulamiento acústico de cisco de café para la atenuación del nivel de presión sonora de una compresora*. Tesis de grado, Universidad César Vallejo, Lima.
- Arenas, D. (2009). *Propuesta de diseño de un proceso para la generación de energía eléctrica a partir de los residuos de la producción de café*. Tesis de Grado, Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá.
- Bellart, M. & Mesa, S. (2009). *Impacto ambiental y ciclo de vida de los materiales de construcción*. Trabajo de grado, Escola Politècnica Superior d'Edificació de Barcelona, Departament de Construccions Arquitectòniques II, Barcelona.
- Bica Café de Origen. (17 de noviembre de 2020). Variedad Castillo: 15 años cambiando la historia. *Bica Café de Origen*. <https://www.cafeuniqua.com/variedad-castillo-15-anos-cambiando-la-historia/>
- Cáceres, V., Chaparro, A., & Sánchez, J. (2017). Evaluación de arcillas caoliniticas-illiticas provenientes de la formación guayabo del Área Metropolitana de Cúcuta, Norte de Santander, Colombia. *Ion*, 30(1), 117-127.
- Cementos Cibao. (9 de mayo de 2018). Mampostería y sus usos en la construcción. *Cementos Cibao*. <https://www.cementoscibao.com/mamposteria-usos-en-la-construccion/>

- Cerdá, E., y Khalilova, A. (2016). Economía circular. *Revista de Economía industrial*, 401, 11-20.
- Consortio de Servicios de La Palma. (s.f.). ¿Qué son residuos orgánicos? *CS La Palma*.  
<http://www.cslapalma.org/5cubitos/que-son-los-residuos-organicos>
- Coral, J. (2019). *Comportamiento del concreto con cascarilla de café y posibilidades ante textura y color*. Tesis de maestría, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá.
- Díaz, L. A., & Torrecillas, R. (2002). *Arcillas cerámicas: una revisión de sus distintos tipos, significados y aplicaciones*.
- Díaz, M. & Fernández, J. (2019). *Influencia de la adición de ceniza de cascarilla de café en la trabajabilidad y resistencia a compresión del concreto*. Tesis de grado, Universidad Nacional de Jaén, Perú.
- Diccionario de Arquitectura y Construcción. (s.f.). Definición de bloque para construir paredes y conceptos relacionados. <https://www.porro.com.ar/definicion-de-bloque+para+construir+paredes#:~:text=%20ladrillo%20grueso%3A%20Pieza%20de%20morterosubdividido%20en%20multitud%20de%20plantas>.
- Dorado, H. (2016). *Uso de subproductos de la industria de café y caña de azúcar como fundente y formador de poros en la manufactura de ladrillos de arcilla roja*. Tesis de grado, Universidad del Valle, Santiago de Cali.
- Enshassi, A., Kochendoerfer, B., & Rizq, E. (2014). Evaluación de los impactos medioambientales de los proyectos de construcción. *Revista ingeniería de construcción*, 29(3), 234-254. <https://dx.doi.org/10.4067/S0718-50732014000300002>

- Federación Nacional de Cafeteros de Colombia. (s.f.). Producción de café de Colombia aumenta 30% en marzo. *Federación Nacional de Cafeteros de Colombia*.  
<https://federaciondefcafeteros.org/wp/listado-noticias/produccion-de-cafe-de-colombia->
- Gómez, S. (s.f.). Subproductos del café: valor agregado para el negocio. *Quécafé*.  
<https://quecafe.info/usos-alternativos-subproductos-cafe/>
- González, E. & Lizárraga, L. (2015). Evaluación de las propiedades físico mecánicas de ladrillos de arcilla recocida, elaborados con incorporación de residuos agrícolas, caso Chiapas, México. *Ingeniería*, 19(2), 91-101.
- González, G. & Vargas, J. (2017). La economía circular como factor de la responsabilidad social. *Economía Coyuntural*, 2(3), 105-130.
- Hernández, R., Fernández, C. & Baptista, M. (2014). *Metodología de la investigación* (6 ed). México: McGraw-Hill.
- Kaur M. & Arora S. (2012). Environment impact assessment and environment management studies for an upcoming multiplex-A Case Study. *IOSR Journal of Mechanical and Civil Engineering*, 1(4), 22-30.
- Macozoma, D. (2002). Construction site waste management and minimisation. *International council for research and innovation in building and construction*, International report, Pretoria.
- Manals, E., Salas, D. & Penedo, M. (2018). Caracterización de la biomasa vegetal “casarilla de café”. *Tecnología química*, 38(1), 169-181.
- Manrique, R. (2018). Estudio de la Combustión de Pélet de Cisco de Café. Tesis de maestría, Universidad Nacional de Colombia, Medellín.

- Mercader, M., Camporeale, P., & Cózar, E. (2019). Evaluación de impacto ambiental mediante la introducción de indicadores a un modelo BIM de vivienda social. *Hábitat sustentable*, 9(2), 78-93. <https://doi.org/10.22320/07190700.2019.09.02.07>
- NETZSCH. (s.f.). Definición de Conductividad Térmica. *NETZSCH*. <https://www.netzsch-thermal-analysis.com/es/landing-pages/definicion-de-conductividad-termica/>
- ROSARIO, N. D. S. (2016). *Modelamiento geológico minero y cálculo de reservas de la mina Támesis en las veredas de Agualinda y Juan Frio, de los municipios de Los Patios y Villa del Rosario* (Doctoral dissertation, UNIVERSIDAD DE PAMPLONA).
- Salazar, J., García, C. & Olaya, J. (1984). Dosificación de hormigones ligeros con cascarilla de café. *Ingeniería e Investigación*, 8, 51-56. <https://doi.org/10.15446/ing.investig.n8.19485>
- Sánchez, J., Álvarez, D. & Gelves, J. (2018). Cisco de café como posible material sustituto de arcilla en la fabricación de materiales cerámicos de construcción en el área metropolitana de Cúcuta. *Respuestas*, 23(1), 27-31. <https://doi.org/10.22463/0122820X.1326>
- 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>
- Sierra, J., Roque, H., & Medrano, J. (2013). Aprovechamiento de la cascarilla de café en la elaboración de materiales de construcción. *Revista Ciencia y Tecnología El Higo*, 3, 7-9.

- Sifontes, D. (15 de abril de 2020). Se mantiene estable la producción de café en Norte de Santander. *La Opinión*. <https://www.laopinion.com.co/economia/se-mantiene-estable-la-produccion-de-cafe-en-norte-de-santander-194831#OP>
- Silvestre, A. (2014). *Estudio experimental del comportamiento del cisco de café como aislante acústico en construcciones livianas*. Trabajo de investigación, Universidad Libre de Colombia, Pereira.
- Recytrans. (5 de junio de 2013). ¿Qué es el reciclaje? *Recytrans*. <https://www.recytrans.com/blog/que-es-el-reciclaje/>
- Revista Semana. (18 de septiembre de 2019). Estos son los países que más exportan café. *Revista Semana*. <https://www.semana.com/pais/articulo/quienes-son-los-mayores-exportadores-de-cafe/276962/>
- Rodríguez, L. & Torrecillas, Ramón. (2011). Arcillas cerámicas: una revisión de sus distintos tipos, significados y aplicaciones. *Boletín de la Sociedad Española de Cerámica y Vidrio*, 41(5), 459-470. DOI: 10.3989/cyv.2002.v41.i5.665.
- Rodríguez, N. & Zambrano, D. (2013). Los subproductos del café: fuente de energía renovable. *Avances técnicos Cenicafé*, 393, 1-8. <https://biblioteca.cenicafe.org/handle/10778/351>
- Rojas, J., Gutiérrez, Y., & Vargas, E. (2020). *Estabilización de afirmado con ceniza proveniente de desechos de cascarilla de café para aplicar en suelos de construcción de vías*. Tesis de grado, Universidad Cooperativa de Colombia, Ibagué.
- Vargas, Z. (2009). La investigación aplicada: una forma de conocer las realidades con evidencia científica. *Educación*, 33(1), 155-165.

Villán, D. (18 de octubre de 2019). Cafeteros de la región buscan compradores para sus variedades especiales. *La Opinión*. <https://www.laopinion.com.co/economia/cafeteros-de-la-region-buscan-compradores-para-sus-variedades-especiales-185637#OP>

## **Anexos**

## Anexo 1. Resultados Ensayos de Laboratorio

### 1. Bloque 100 % arcilla

Resultados del ensayo de absorción de agua para el bloque de 100 % de arcilla.

**Tabla A.1.1**

*Resultado A1 de la Arcilla Patrón*

Espécimen N°	Masa seca del espécimen (g)	Masa húmeda del espécimen (g)	Absorción de agua (E) (%)
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 A.1.2**

*Resultado A2 de la Arcilla Patrón*

Espécimen N°	Masa seca del espécimen (g)	Masa húmeda del espécimen (g)	Absorción de agua (E) (%)
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 A.1.3**

*Resultado A3 de la Arcilla Patrón*

Espécimen N°	Masa seca del espécimen (g)	Masa húmeda del espécimen (g)	Absorción de agua (E) (%)
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

Resultados del ensayo de resistencia mecánica a la compresión bloque 100 % de arcilla.

**Tabla A.1.4**

*Resultado R1 de la Arcilla Patrón*

Espécimen Nº	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 A.1.5**

*Resultado R2 de la Arcilla Patrón*

Espécimen Nº	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 A.1.6***Resultado R3 de la Arcilla Patrón*

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

**2. Bloque con 2.5 % Cisco de Café**

Resultados del ensayo de absorción de agua para el bloque de 2.5 % de cisco de café.

**Tabla A.2.1***Absorción de agua (A1)*

Espécimen N°	Masa seca del espécimen (g)	Masa húmeda del espécimen (g)	Absorción de agua (E) (%)
1	115.21	129.75	12.6
2	107.53	120.98	12.5
3	112.78	126.52	12.2
4	108.97	123.19	13.0
5	113.42	127.90	12.8
Promedio de la muestra	111.6	125.7	12.6

**Tabla A.2.2***Absorción de agua (A2)*

<b>Espécimen N°</b>	<b>Masa seca del espécimen (g)</b>	<b>Masa húmeda del espécimen (g)</b>	<b>Absorción de agua (E) (%)</b>
1	113.70	127.54	12.2
2	110.55	123.96	12.1
3	108.48	121.81	12.3
4	114.76	128.72	12.2
5	109.35	122.71	12.2
Promedio de la muestra	111.4	124.9	12.2

**Tabla A.2.3***Absorción de agua (A3)*

<b>Espécimen N°</b>	<b>Masa seca del espécimen (g)</b>	<b>Masa húmeda del espécimen (g)</b>	<b>Absorción de agua (E) (%)</b>
1	110.65	124.62	12.6
2	111.35	125.35	12.6
3	109.42	123.36	12.7
4	110.49	124.90	13.0
5	109.97	123.37	12.2
Promedio de la muestra	110.4	124.3	12.6

Resultados del ensayo de resistencia mecánica a la compresión bloque 2.5 % de cisco de café.

**Tabla A.2.4***Resistencia mecánica a la compresión (R1)*

Espécimen Nº	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	78.82	26.95	47.38	2124.2	21.24	424.79	20.00
2	74.11	26.45	47.38	1960.2	19.60	505.85	25.81
3	77.04	27.19	47.09	2094.7	20.95	565.68	27.01
4	74.94	26.67	46.84	1998.6	19.99	619.14	30.98
5	78.35	26.75	47.28	2095.9	20.96	601.77	28.71
Promedio	76.65	26.80	47.19	2,054.73	20.55	543.45	26.50

**Tabla A.2.5***Resistencia mecánica a la compresión (R2)*

Espécimen Nº	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	76.48	26.08	47.36	1994.6	19.95	434.25	21.77
2	77.31	26.60	47.36	2056.4	20.56	592.32	28.80
3	75.30	26.40	47.42	1987.9	19.88	562.40	28.29
4	75.58	27.06	47.25	2045.2	20.45	352.61	17.24
5	76.67	26.35	47.27	2020.3	20.20	459.53	22.75
Promedio	76.27	26.50	47.33	2,020.88	20.21	480.22	23.77

**Tabla A.2.6***Resistencia mecánica a la compresión (R3)*

Espécimen Nº	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	76.48	26.08	47.36	1994.6	19.95	434.25	21.77
2	77.31	26.60	47.36	2056.4	20.56	592.32	28.80

3	75.30	26.40	47.42	1987.9	19.88	562.40	28.29
4	75.58	27.06	47.25	2045.2	20.45	352.61	17.24
5	76.67	26.35	47.27	2020.3	20.20	459.53	22.75
Promedio	76.27	26.50	47.33	2,020.88	20.21	480.22	23.77

### 3. Bloque 5% Cisco de Café

Resultados del ensayo de absorción de agua para el bloque de 5 % de cisco de café.

**Tabla A.3.1**

*Absorción de agua (A1)*

Espécimen N°	Masa seca del espécimen (g)	Masa húmeda del espécimen (g)	Absorción de agua (E) (%)
1	104.63	121.23	15.9
2	100.26	116.42	16.1
3	102.88	119.54	16.2
4	104.66	121.53	16.1
5	102.98	119.21	15.8
Promedio de la muestra	103.1	119.6	16.0

**Tabla A.3.2**

*Absorción de agua (A2)*

Espécimen N°	Masa seca del espécimen (g)	Masa húmeda del espécimen (g)	Absorción de agua (E) (%)
1	103.19	119.38	15.7
2	103.69	120.74	16.4
3	103.12	119.46	15.8
4	99.63	115.22	15.6
5	104.59	121.15	15.8
Promedio de la muestra	102.8	119.2	15.9

**Tabla A.3.3***Absorción de agua (A3)*

Espécimen N°	Masa seca del espécimen (g)	Masa húmeda del espécimen (g)	Absorción de agua (E) (%)
1	102.51	118.61	15.7
2	102.53	118.70	15.8
3	99.67	115.70	16.1
4	100.75	117.00	16.1
5	98.98	114.85	16.0
Promedio de la muestra	100.9	117.0	15.9

Resultados del ensayo de resistencia mecánica a la compresión bloque 5 % de cisco de café.

**Tabla A.3.4***Resistencia mecánica a la compresión (R1)*

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	76.55	26.28	46.60	2011.7	20.12	405.49	20.16
2	78.33	25.84	46.82	2024.0	20.24	409.35	20.22
3	74.16	25.75	46.42	1909.6	19.10	462.24	24.21
4	81.15	25.84	46.85	2096.9	20.97	505.27	24.10
5	73.23	25.98	46.86	1902.5	19.03	287.76	15.13
Promedio	76.68	25.94	46.71	1,988.97	19.89	414.02	20.76

**Tabla A.3.5***Resistencia mecánica a la compresión (R2)*

Espécimen Nº	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	80.65	25.59	46.55	2063.8	20.64	572.44	27.74
2	79.44	26.00	47.40	2065.4	20.65	420.55	20.36
3	75.55	25.57	46.46	1931.8	19.32	396.04	20.50
4	75.82	25.54	46.92	1936.4	19.36	301.47	15.57
5	74.52	25.58	46.64	1906.2	19.06	370.37	19.43
Promedio	77.20	25.66	46.79	1,980.75	19.81	412.17	20.72

**Tabla A.3.6***Resistencia mecánica a la compresión (R3)*

Espécimen Nº	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	75.33	25.64	46.70	1931.5	19.31	423.06	21.90
2	76.42	25.75	46.20	1967.8	19.68	463.20	23.54
3	68.87	25.71	46.70	1770.6	17.71	401.44	22.67
4	78.83	26.03	47.01	2051.9	20.52	385.42	18.78
5	77.66	25.44	46.57	1975.7	19.76	372.10	18.83
Promedio	75.42	25.71	46.64	1,939.51	19.40	409.04	21.15

**4. Bloque 7.5 % Cisco de Café**

Resultados del ensayo de absorción de agua para el bloque de 7.5 % de cisco de café.

**Tabla A.4.1***Absorción de agua (A1)*

Espécimen N°	Masa seca del espécimen (g)	Masa húmeda del espécimen (g)	Absorción de agua (E) (%)
1	96.09	113.15	17.8
2	97.77	115.00	17.6
3	93.74	110.53	17.9
4	101.03	119.20	18.0
5	91.00	107.75	18.4
Promedio de la muestra	95.9	113.1	17.9

**Tabla A.4.2***Absorción de agua (A2)*

Espécimen N°	Masa seca del espécimen (g)	Masa húmeda del espécimen (g)	Absorción de agua (E) (%)
1	99.77	117.37	17.6
2	99.06	116.62	17.7
3	96.44	114.15	18.4
4	94.51	111.01	17.5
5	94.98	111.14	17.0
Promedio de la muestra	97.0	114.1	17.6

**Tabla A.4.3***Absorción de agua (A3)*

Espécimen N°	Masa seca del espécimen (g)	Masa húmeda del espécimen (g)	Absorción de agua (E) (%)
1	95.96	112.50	17.2
2	95.46	112.49	17.8
3	96.90	112.85	16.5
4	97.21	114.97	18.3
5	95.14	111.50	17.2
Promedio de la muestra	96.1	112.9	17.4

Resultados del ensayo de resistencia mecánica a la compresión bloque 7.5 % cisco de café.

**Tabla A.4.4**

*Resistencia mecánica a la compresión (R1)*

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	77.89	26.99	46.62	2102.3	21.02	491.57	23.38
2	75.07	26.72	46.74	2005.9	20.06	355.31	17.71
3	76.56	26.92	46.82	2061.0	20.61	478.06	23.20
4	78.05	26.77	46.77	2089.4	20.89	391.40	18.73
5	77.24	26.75	46.72	2066.2	20.66	463.39	22.43
Promedio	76.96	26.83	46.73	2,064.94	20.65	435.95	21.09

**Tabla A.4.5**

*Resistencia mecánica a la compresión (R2)*

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	78.44	27.19	46.72	2132.8	21.33	406.65	19.07
2	77.67	26.90	46.62	2089.3	20.89	317.29	15.19
3	76.87	25.89	47.07	1990.2	19.90	248.78	12.50
4	73.46	26.08	46.48	1915.8	19.16	294.71	15.38
5	78.50	26.87	46.55	2109.3	21.09	408.39	19.36
Promedio	76.99	26.59	46.69	2,047.48	20.47	335.16	16.30

**Tabla A.4.6***Resistencia mecánica a la compresión (R3)*

<b>Espécimen Nº</b>	<b>Largo del espécimen (mm)</b>	<b>Ancho del espécimen (mm)</b>	<b>Alto del espécimen (mm)</b>	<b>Área neta del espécimen (mm<sup>2</sup>)</b>	<b>Área neta del espécimen (cm<sup>2</sup>)</b>	<b>Carga de rotura por compresión (kgf)</b>	<b>Resistencia a la compresión (kgf/cm<sup>2</sup>)</b>
1	76.94	26.15	47.03	2012.0	20.12	427.30	21.24
2	77.03	27.35	46.47	2106.8	21.07	307.64	14.60
3	73.94	26.75	46.53	1977.9	19.78	410.51	20.75
4	75.63	26.26	46.61	1986.0	19.86	380.21	19.14
5	74.39	26.19	46.91	1948.3	19.48	406.46	20.86
Promedio	75.59	26.54	46.71	2,006.19	20.06	386.42	19.32

## Anexo 2. Entrevista: Producción de Café de Norte de Santander

Universidad Francisco de Paula Santander

Facultad de Ingeniería

Ingeniería Civil

**Trabajo investigativo:** Evaluación de mezclas de arcilla adicionando cisco de café para la fabricación de bloque de construcción.

**Autor:** Leidy Carolina Sepúlveda Contreras.

**Objetivo:** Identificar la producción de café en Norte de Santander.

<b>Fecha:</b> 29 de junio del 2021	<b>Lugar:</b> Virtual
<b>Nombre del entrevistado:</b> Ricardo Mendoza Valero	<b>Cargo:</b> Director y representante legal
<b>Entidad:</b> Federación Nacional de Cafeteros de Colombia – Comité Departamental de Norte de Santander	

### Cuestionario:

#### 1. ¿Cuántos y cuáles municipios traen café a Alma Café?

Los 36 municipios de Norte de Santander que traen café son: Ábrego, Arboledas, Bochalema, Bucarasica, Cáchira, Cócota, Chinácota, Chitagá, Convención, Cúcuta, Cucutilla, Durania, El Carmen, El Tarra, El Zulia, Gramalote, Hacarí, Herrán, La Esperanza, La Playa, Labateca, Los Patios, Lourdes, Ocaña, Pamplona, Pamplonita, Ragonvalia, Salazar, San Calixto, San Cayetano, Santiago, Sardinata, Teorama, Toledo, Villa Caro y Villa del Rosario.

#### 2. ¿Cantidad de café anual por municipio?

La producción total aproximada para el año 2020 fue de 24.447.054 kg de café pergamino seco (CPS). La producción anual aproximada por municipio se muestra en la tabla a continuación.

---

<b>Municipio</b>	<b>Producción de café (kg)</b>
Ábrego	329.876
Arboledas	1.680.301
Bochalema	429.678
Bucarasica	1.308.618
Cáchira	974.513
Cácota	2.945
Chinácota	376.795
Chitagá	211.038
Convención	1.352.451
Cúcuta	17.086
Cucutilla	1.357.556
Durania	579.556
El Carmen	1.041.720
El Tarra	3.876
El Zulia	769.540
Gramalote	1.233.374
Hacarí	967.701
Herrán	208.831
La Esperanza	258.088
La Playa	161.539
Labateca	853.661
Los Patios	137.716

---

Lourdes	1.445.210
Ocaña	748.963
Pamplona	46.830
Pamplonita	317.561
Ragonvalia	438.796
Salazar	1.673.824
San Calixto	1.428.688
San Cayetano	37.904
Santiago	299.305
Sardinata	1.392.000
Teorama	230.545
Toledo	1.554.870
Villa Caro	510.511
Villa del Rosario	65.589
<b>Total</b>	<b>24.447.054</b>

### **3. ¿Qué entidad se encarga de recibir en los municipios y transportar el café a Alma Café?**

La cooperativa de caficultores ejerce la garantía de compra y como brazo logístico de la FNC tiene agencias de compra de café en cada municipio cafetero o en un punto cercano de las veredas cafeteras y lo lleva hasta Almacafé en Cúcuta, quien se encarga de recibirlo y realizar los análisis físicos y de taza para verificar la calidad del café que ingresa.

Almacafé en algunas ocasiones trilla el café en Cúcuta, y cuenta con una bodega de almacenamiento en Pamplona que sirve para la conservación del café antes de despacharse.

**4. Costo del kilogramo de cisco de café**

El costo del cisco de café está alrededor de los 20 pesos por kg.

**5. ¿Qué uso o usos se le da actualmente al cisco de café?**

Actualmente al cisco de café se le usa como combustible para secadores mecánicos.

**6. ¿Cuánto cisco de café se produce de un kilo de café pergamino?**

De un kilogramo de café pergamino se obtienen aproximadamente entre 200 a 250 gramos de cisco de café.