

PLANTA PARA LA PRODUCCIÓN DE BALDOSAS CERÁMICAS A PARTIR DE RESIDUOS DE VIDRIOS

TSU. Briceño Luiseliz 1, Lcdo. De la Rosa Yoger 2, TSU. Carbono Mayra 3, TSU. Fray Richard 4, TSU. Pirela Jose 5.

Resumen

La investigación tiene como objetivo general diseñar una planta para la producción de baldosas cerámicas a partir de residuos de vidrios en la urbanización Altamira, Santa Rita, estado Zulia. Para ello, se llevó a cabo varias fases metodológicas, partiendo de un diagnóstico sobre las capacidades productivas disponibles en la comunidad e identificando las propiedades físicas y químicas necesarias para formular un material resistente. El estudio se sostuvo en una metodología que llevó a elaborar un diagrama exhaustivo de los procesos de instrumentación y control, para tener una guía detallada del flujo de producción. Aunado a esto, se realizó el dimensionamiento de los equipos necesarios utilizados en el proceso. Asimismo, se llevó a cabo una evaluación del impacto ambiental derivado a lo largo del procesamiento de las materias primas, identificando así posibles riesgos para el entorno. Se desarrolló adicionalmente un estudio de factibilidad económica para estimar los costos asociados con la producción de la baldosa cerámica, considerando todos los gastos relevantes. Se procedió a diseñar la distribución de la planta, seleccionando el lugar y designando cada área un uso específico. Finalmente, mediante diferentes procesos y operaciones unitarias, como la trituración, prensado y horneado, a las que se sometieron las materias primas, se logró formular una baldosa cerámica cuyas características cumplen tanto como con estándares industriales internacionales como con las expectativas de los habitantes de la comunidad. Asimismo, ayudan a contribuir a la reducción de residuos sólidos y la preservación del medio ambiente.

Palabras clave: Residuos de vidrios, Baldosas, diseño de plantas, Residuos Urbanos, Cerámica.

Recibido: 23/09/2025

Aceptado: 03/10/2025

1 TSU. Briceño Luiseliz

luiselizisa@gmail.com

ORCID: 0009-0000-4024-6775

2 TSU. De la Rosa Yoger

yogerdela@gmail.com

ORCID: 0009-0000-5611-6393

3 TSU. Fray Richard

alejandracarbono327@gmail.com

ORCID: 0009-0008-8625-8067

4 TSU. Fray Richard

richardfraysierra@gmail.com

ORCID: 0009-0001-1610-1004

5 TSU. Pirela Jose

josedaneilpirelaramirez@gmail.com

ORCID: 0009-0000-8747-5583

PLANT FOR THE PRODUCTION OF CERAMIC TILES FROM GLASS WASTE

Abstract

The general objective of this research is to design a plant for the production of ceramic tiles from glass waste in the Altamira Santa Rita urbanization, Zulia state. To achieve this, several methodological phases were carried out, beginning with a diagnosis of the available production capacities in the community and identifying the physical and chemical properties necessary to formulate a durable material. The study employed a methodology that led to the development of a comprehensive diagram of the processes, instrumentation, and controls, providing a detailed guide to the production flow. In addition, the necessary equipment used in the process was sized. Furthermore, an environmental impact assessment was conducted throughout the raw material processing, identifying potential risks to the environment. An economic feasibility study was also developed to estimate the costs associated with ceramic tile production, considering all relevant expenses. Finally, the plant layout was designed, selecting the location and assigning a specific use to each area. Finally, through various processes and unit operations, such as crushing, pressing, and firing, to which the raw materials were subjected, a ceramic tile was formulated whose characteristics meet both international industry standards and the expectations of the community's inhabitants, while also contributing to the reduction of solid waste and the preservation of the environment.

Keywords: Glass waste, Tiles, Plant design, Municipal solid waste, Ceramics

Introducción.

La gestión inadecuada de los residuos sólidos urbanos constituye uno de los desafíos ambientales más persistentes en las comunidades venezolanas, especialmente en zonas con limitado acceso a servicios públicos de recolección y tratamiento de desechos. En la urbanización Altamira Santa Rita, ubicada en el estado Zulia, esta problemática se evidencia de manera aguda debido a la ausencia de servicios formales de aseo urbano y la consecuente acumulación de desechos, entre ellos una gran proporción de residuos de vidrio generados por el consumo doméstico y la actividad comercial. Ante esta situación, surge la necesidad de investigar alternativas sostenibles que permitan transformar estos residuos en productos de valor agregado, contribuyendo simultáneamente al desarrollo comunitario, la economía circular y la reducción del impacto ambiental.

En este contexto, la presente investigación tiene como propósito fundamental diseñar una planta para la producción de baldosas cerámicas a partir de residuos de vidrio, propuesta que integra conocimientos de ingeniería, diseño de procesos, sostenibilidad y participación comunitaria. El proyecto busca demostrar la factibilidad técnica, ambiental y económica de reutilizar vidrio reciclado como principal insumo para la fabricación de un producto industrial con alta demanda, promoviendo prácticas responsables de reciclaje y fortaleciendo la cultura ecológica dentro de la urbanización Altamira. Esta iniciativa adquiere especial relevancia al alinearse con tendencias globales de economía circular, estrategias de disminución de residuos y la incorporación de materiales reciclados en la industria cerámica.

El estudio se sustenta en un conjunto de antecedentes investigativos que evidencian la viabilidad de incorporar vidrio triturado en matrices cerámicas para mejorar propiedades como la densificación, resistencia mecánica y reducción de porosidad. Investigaciones como las de Sanclemente (2020), Daros (2020) y Pitarch et al. (2023) aportan bases teóricas y experimentales sobre la utilización de residuos vítreos y cerámicos en la fabricación de baldosas y materiales de construcción, demostrando beneficios tanto en términos de calidad del producto como en sostenibilidad. Estos antecedentes permitieron orientar el enfoque metodológico y proyectar los posibles resultados del estudio en un escenario real, adaptado a las condiciones de la comunidad objeto de análisis.

Metodológicamente, la investigación se enmarca en un enfoque mixto, combinando técnicas cuantitativas como encuestas, mediciones experimentales, simulación de procesos y dimensionamiento de equipos, y técnicas cualitativas tales como entrevistas, observación directa, revisión documental y grupos focales, para garantizar un análisis integral del fenómeno. Bajo el paradigma pragmático, se articulan estrategias metodológicas flexibles orientadas a resolver el problema comunitario mediante decisiones fundamentadas técnica y socialmente. En el estudio experimental, se formularon distintas mezclas de materiales con vidrio molido y aditivos seleccionados, evaluando su comportamiento en procesos de trituración, mezclado,

prensado, secado y cocción, hasta lograr una baldosa con propiedades altamente satisfactorias, destacando la formulación N7 por sus resultados óptimos.

El contexto socio-urbano de Altamira es un elemento clave del proyecto, dado que su población de aproximadamente 750 habitantes genera semanalmente entre 700 y 1000 kilogramos de residuos, una fracción considerable de ellos vidrio proveniente de comercios y hogares. Este escenario representa tanto una problemática ambiental como una oportunidad productiva que puede ser aprovechada por medio de procesos industriales sostenibles. Además, el proyecto integra la participación activa de la comunidad, desde la identificación de necesidades hasta el diseño de sistemas de recolección y clasificación de residuos, aspecto crucial para garantizar la continuidad y eficacia de la iniciativa.

Finalmente, los ejes de contenido que estructura la investigación incluyen: Diagnóstico de la disponibilidad de residuos y capacidades comunitarias, Estrategias para la recolección, clasificación y manejo del vidrio reciclado, Formulación experimental del material cerámico utilizando vidrio triturado, Diseño del proceso productivo, instrumentación, P&ID y simulación de planta, Evaluación del impacto ambiental de la propuesta y Determinación de la factibilidad económica del proyecto.

Cada uno de estos ejes contribuye a construir una propuesta integral que demuestra que la reutilización del vidrio no solo es técnicamente posible, sino socialmente pertinente, económicamente viable y ambientalmente necesaria. Así, la investigación se consolida como una alternativa innovadora para transformar una problemática comunitaria en una oportunidad de desarrollo sostenible. Para este estudio se consultaron diferentes investigaciones relacionadas a diferentes áreas de análisis, como la materia prima utilizada, el proceso llevado a cabo o derivados semejantes a este. Tales como:

María Sanclemente. (2020). Formulación de un plan de negocios para la fabricación de baldosas ecológicas (ECOBAL) mediante el aprovechamiento de residuos sólidos urbanos: Ofrece una visión integral de la línea completa de maquinaria, desde el procesamiento inicial hasta el conformado final. El dimensionamiento y análisis técnico-económico presentado permite identificar la capacidad instalada necesaria y evaluar la viabilidad técnica y financiera de la planta, lo cual es esencial para planificar el proyecto de baldosas cerámicas.

A. Pitarch, J. Mira, J. Corrales. (2023). Reutilización de residuos de baldosas cerámicas en el desarrollo de baldosas de hormigón: Los resultados obtenidos muestran que es viable reutilizar residuos procedentes de baldosas cerámicas como materia prima en el desarrollo de productos prefabricados con una matriz cementante. También se extrajo información sobre los residuos cerámicos que se integran como componente principal en la matriz cementante. También detalla cómo los residuos de baldosas cerámicas son triturados y utilizados en el proceso.

Objetivos de investigación:

Objetivo general

*Diseñar una planta para la producción de baldosas cerámicas a partir de residuos de vidrios en la urbanización Altamira Santa Rita estado Zulia.

Objetivos específicos

*Diagnosticar las capacidades para la producción de baldosas cerámicas a partir de residuos de vidrios.

*Desarrollar estrategias para la recolección de residuos de vidrios en la urbanización Altamira Santa Rita estado Zulia.

*Formular un material para las baldosas cerámicas a partir de residuos de vidrios.

*Construir el diagrama de proceso, instrumentación y control para la producción de baldosas cerámicas a partir de residuos de vidrios.

*Simular la planta para la producción de baldosas cerámicas a base de residuos de vidrios.

*Evaluar el impacto ambiental que ocasionara la planta para la producción de baldosas cerámicas a partir de residuos de vidrios.

*Determinar la factibilidad económica para la ejecución de la planta para la producción de baldosas cerámicas a partir de residuos de vidrios.

1. Metodología.

1.1. Diseño de la investigación.

Creswell (2014) señala que el diseño de investigación implica un enfoque estructurado que guía a los investigadores en la recolección y análisis de datos. Este proceso incluye decisiones sobre el tipo de estudio, la selección de participantes, la recolección de datos, y los métodos de análisis, todo ello con el objetivo de garantizar la validez y confiabilidad de los resultados.

El enfoque mixto es un proceso que recolecta, analiza y vincula datos cuantitativos y cualitativos en una misma investigación o una misma serie de investigaciones para responder a un planteamiento. Justifica la utilización de este enfoque en su estudio considerando que ambos métodos se entremezclan en la mayoría de sus etapas, por lo que es conveniente combinarlos para obtener información que permita la triangulación como forma de encontrar diferentes caminos y obtener una comprensión e interpretación, lo más amplia posible, del fenómeno de estudio.

Para efectos de este proyecto, se aplicó el paradigma pragmático. Según la naturaleza del tema investigado, este paradigma puede integrar tanto el enfoque positivista como el interpretativo en un mismo estudio.

El paradigma pragmático de investigación pone su foco de atención en la problemática o fenómeno que requiere ser analizado desde diversas estrategias metodológicas, incluyendo diseños cuantitativos-deductivos y cualitativos-inductivos.

1.2. Tipo de investigación.

La investigación mixta es una metodología de investigación que consiste en recopilar, analizar e integrar tanto investigación cuantitativa como cualitativa. Esta investigación se utiliza cuando se requiere una mejor comprensión del problema, ya que con ella se logra obtener información que podría no ser captada si solo se utiliza alguno de estos métodos por separado. Los datos cuantitativos incluyen información cerrada como la que se utiliza para medir actitudes.

En el ámbito de un proyecto socio-productivo como la elaboración de baldosas cerámicas a partir de residuos de vidrio, la investigación descriptiva es crucial para identificar las necesidades y preferencias del mercado. Mediante el uso de encuestas a posibles consumidores y análisis del comportamiento de compra, se pueden recoger datos sobre qué características valoran más los clientes en productos ecológicos.

1.3. Técnicas e Instrumentos de recolección de información.

1.3.1. Técnicas.

Manawis (2023) Son los métodos utilizados para recoger y analizar diferentes formas de datos. Las técnicas habituales de recogida de datos incluyen el examen de documentos relacionados con un tema, así como la realización de entrevistas y observaciones.

1.3.2. Encuesta: La encuesta aplicada en la urbanización Altamira permitió identificar si los habitantes contaban con las condiciones, habilidades y disposición necesarias para participar activamente en la producción de baldosas cerámicas con residuos de vidrio.

1.3.3. Entrevistas semiestructuradas: Estas entrevistas proporcionaron información técnica valiosa de expertos en ingeniería química, diseño sostenible y reciclaje industrial. Los especialistas describieron los desafíos específicos que se enfrentan al incorporar vidrio reciclado en los procesos cerámicos y sugirieron soluciones innovadoras. También identificaron características clave de las baldosas, como resistencia mecánica, estética y sostenibilidad.

1.3.4. Observación directa: Se logró observar directamente cómo se desarrollan las interacciones y procesos relacionados con el uso de las baldosas, Así mismo, se pudo obtener una comprensión de las necesidades y preferencias de los usuarios.

1.3.5. Grupo focal: Esta técnica nos permitió crear un espacio seguro para que los participantes compartan sus opiniones sobre las necesidades presentes y sus expectativas sobre el proyecto propuesto.

1.3.6. Memoria fotográfica: Se ha hecho una memoria fotográfica, tomando fotos y videos siguiendo el orden cronológico de los procesos realizados para utilizarlos como evidencias, captando así cada fase del proyecto socio integrador.

1.3.7. Revisión Documental: Nos proporcionó un marco de referencia sólido y un entendimiento profundo de la problemática, fortaleciendo la calidad de la investigación e incrementando las posibilidades de éxito y sostenibilidad de las intervenciones.

1.3.8. Pruebas experimentales: Se realizaron estas pruebas en el laboratorio para optimizar la fórmula del material, asegurando que cumpla con estándares industriales y ambientales.

1.3.9. Diseño de plantas industriales: Se establecieron relaciones funcionales entre áreas, minimizando movimientos y mejorando la eficiencia operativa buscando optimizar el flujo de materiales, personas e información dentro de la planta.

1.3.10. Simulación de procesos: Esta herramienta nos permitió evaluar diferentes variables de operación, como la humedad de las mezclas o el tiempo de permanencia en el horno, sin alterar la producción real, lo que reduce riesgos y costos.

1.3.11. Dimensionamiento de equipos industriales: Se dimensionó el tamaño óptimo de los equipos según el volumen de producción deseado, para asegurar que la capacidad de producción de cada equipo esté sincronizada.

2. Resultados.

Objetivo 1. Diagnosticar las capacidades productivas para la producción de baldosas cerámicas a partir de residuos de vidrios.

A través de una observación directa, se identificaron las diversas jerarquías y necesidades presentes en la urbanización Altamira. Se llevó a cabo una entrevista semiestructurada con la Vocera Principal y Líder del Consejo Comunal, la Sra. Alejandra Morales, quien proporcionó información crucial sobre los problemas que enfrenta la comunidad, como la falta del servicio de agua potable por tubería y de aseo urbano. El 100% de los residentes de esta localidad tiende a incinerar los desechos o a dejarlos al aire libre en vertederos improvisados, especialmente los residuos de vidrio, debido a la proximidad de dos licorerías en la zona.

Esta situación representa un riesgo tanto para la salud pública como para el medio ambiente. Esto fue fundamental para el desarrollo de la propuesta, que se centró en la selección de la necesidad: Falta de conciencia en la recolección de residuos, ocasionando contaminación por vidrio. Por otra parte, se realizaron encuestas a un

total de 30 habitantes de la urbanización Altamira, lo que permitió obtener una serie de estadísticas que confirman un manejo inadecuado de los desechos sólidos y una disposición mayoritaria a apoyar el reciclaje y el proyecto propuesto.

CUESTIONARIO:

Ubicación: Urb. Altamira Municipio Santa Rita.

Habitantes:

Hombres: 14

Mujeres: 17

Niños y Niñas: 9

Participantes en el cuestionario: 30

Figura 7. Evaluación probabilística de producción, captura y rentabilidad en un proyecto piloto de CO₂-EOR en Venezuela.

Tabla 1. Resultados de las encuestas sobre las capacidades productivas para la producción de baldosas cerámicas a partir de residuos de vidrios.

N° PREGUNTA	TOTAL SÍ	TOTAL NO
1	0	30
2	10	20
3	10	20
4	30	0
5	30	0
6	4	26
7	30	0
8	16	14
9	30	0
10	30	0

Fuente: Briceño L, Carbono M, De la Rosa Y, Fray R, Pirela J (2025).

La gestión sostenible de residuos ha adquirido una importancia creciente en la actualidad, especialmente en el marco de la urbanización y el desarrollo industrial. La urbanización Altamira Santa Rita presenta un potencial significativo para la producción de baldosas cerámicas, aprovechando su acceso a materiales reciclables y su capacidad para integrar procesos industriales sostenibles.

Objetivo 2. Desarrollar estrategias para la recolección de residuos de vidrios en la urbanización Altamira Santa Rita estado Zulia.

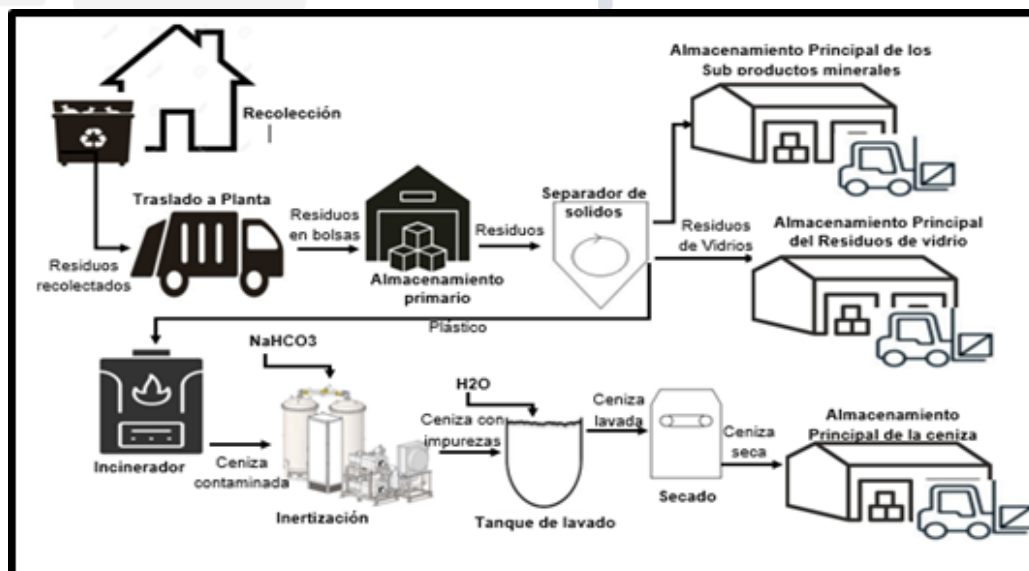
En el marco del presente proyecto, se aplicaron dos técnicas clave para fortalecer la gestión comunitaria de los residuos sólidos: la revisión documental y el grupo focal. La revisión documental consistió en el análisis sistemático de fuentes normativas, estudios técnicos previos y buenas prácticas en la gestión de residuos, lo cual permitió estructurar un cronograma de actividades adaptado a las características y necesidades de la comunidad.

Este cronograma sirvió como hoja de ruta para la ejecución de acciones programadas, incluyendo identificación de puntos de recolección y mecanismos de seguimiento. A partir de esta técnica, se delinearon fases operativas para la clasificación de residuos según su naturaleza, identificando categorías como residuos orgánicos, inorgánicos reciclables, no reciclables y residuos especiales o peligrosos.

Por su parte, el grupo focal se consolidó como una técnica participativa que reunió a miembros activos de la comunidad, facilitadores ambientales y técnicos, con el objetivo de intercambiar percepciones, validar propuestas y promover el compromiso colectivo. Durante las sesiones del grupo focal se identificaron barreras culturales y operativas asociadas a la separación y disposición de los residuos, lo que permitió ajustar el contenido de las intervenciones comunitarias.

Con un enfoque orientado a la economía circular, la urbanización Altamira, conformada por aproximadamente 750 habitantes, se desea desarrollar un sistema comunitario de aprovechamiento de residuos sólidos que transforme desechos urbanos en recursos estratégicos para la industria cerámica. Semanalmente, se estima la generación de entre 700 y 1000 kilogramos de residuos, según los datos suministrados por el Consejo comunal, originados principalmente por el consumo doméstico y por actividades de pequeños comercios como panaderías, bodegas y restaurantes.

Figura 1. Proceso de recolección. Fuente: Briceño L, Carbone M, De la Rosa Y, Fray R, Pirela J (2025).



Objetivo 3. Formular un material para las baldosas cerámicas a partir de residuos de vidrios.

En el contexto actual de creciente conciencia ambiental y la necesidad de una producción más sostenible, la industria cerámica enfrenta el desafío de transformar sus procesos tradicionales mediante la integración de materiales reciclados que reduzcan el impacto ecológico sin comprometer la calidad del producto.

Entre los residuos con alto potencial de aprovechamiento se encuentra el vidrio. Mediante la identificación detallada de sus propiedades físicas y químicas, la evaluación técnica de su composición y estudio de su comportamiento dentro de mezclas cerámicas, este propósito se aborda a través de una serie de actividades estructuradas que permiten explorar la viabilidad técnica, ambiental y funcional del uso del vidrio reciclado como componente clave en la producción cerámica.

De esta investigación se extrajo una ficha técnica detallada propiedades físico-químicas clave del vidrio reciclado, y se utilizó su formulación como base referencial para la propuesta experimental actual. Posteriormente, se identifican los principales componentes del vidrio (como el SiO₂, Na₂O y CaO) y se clasifican los aditivos potenciales que pueden emplearse para mejorar la cohesión, reducir la porosidad y optimizar la plasticidad del sistema.

Se procedió a la recolección sistemática de la materia prima (vidrio molido y arcilla base), seguida de la elaboración de una matriz experimental donde se definirán distintas formulaciones. Estas serán evaluadas mediante técnicas de prensado y secado controlado, ajustando parámetros como presión, tiempo, humedad y granulometría, con el objetivo de minimizar defectos como agrietamientos o deformaciones durante el desmolde y secado.

Tabla 2. Resultados de la Prueba 7. aplicadas en el estudio

CRITERIO	EVALUACIÓN	JUSTIFICACIÓN
Porosidad media	Alta (18-25%)	Datos de núcleos y registros de pozos cuenca oriental, 2020)
Permeabilidad	Media-Alta (100-500 mD)	Facilita inyección y flujo de CO ₂
Profundidad del reservorio	2000-3000 m	Dentro del rango óptimo para almacenamiento supercrítico
Capacidad de sello geológico	Buena (esquistos del Grupo Carapita)	Presencia de caprock efectivo
Salinidad del acuífero	Alta	Reduce riesgo de contaminación de aguas dulces
Proximidad a fuentes de CO ₂	Alta (Planta José Antonio Anzoátegui, LNG Cryogenic)	Menor costo de transporte
Historia de explotación	Alta madurez	Campos en declinación ideales para CO ₂ -EOR
Riesgo de migración de CO ₂	Moderado	Requiere monitoreo sísmico y geoquímico

Descripción:

La producción de esta baldosa cerámica inició con la elaboración de una barbotina de arcilla (combinación de arcilla y agua), a la que se añadieron de manera gradual los demás componentes: vidrio, mesocarpio, cenizas, subproductos minerales y aglutinante.

Este enfoque de adición progresiva permitió una homogeneización más rápida de la masa, alcanzando una consistencia óptima en un tiempo reducido. Una vez que la mezcla estuvo lista, fue moldeada y prensada en un molde de mayor tamaño, para luego ser sometida a un secado en sombra que garantizó la eliminación controlada de la humedad.

Finalmente, la baldosa fue cocida en un horno a 1000°C durante 4 horas, seguida de un enfriamiento lento de 24 horas dentro del mismo, asegurando la consolidación de la estructura sin choques térmicos.



Resultado:

El resultado de este proceso fue una baldosa completamente cocida, sin fisuras y con un aspecto visualmente superior, lo que sugiere una optimización en la interacción de los componentes. La rápida homogeneización, atribuible a la barbotina de arcilla como base, permitió una dispersión más efectiva de los subproductos minerales y otros aditivos, contribuyendo a una microestructura más uniforme. La inclusión de subproductos minerales, junto con el vidrio y las cenizas, promovió una mayor formación de fases líquidas durante la sinterización, resultando en una mejor unión de los ingredientes y una densificación más eficiente. La ausencia de fisuras reafirma el éxito de las etapas de secado y enfriamiento controlado, mientras que la mejora estética, con ingredientes más unidos, apunta a una consolidación superior de la matriz cerámica. Su mezcla presentó un color oscuro, alta resistencia y dureza desde el secado hasta la cocción, donde su porosidad fue mínima.

Fuente: Daros (2020), Briceño L, Carbone M, De la Rosa Y, Fray R, Pirela J (2025).

Se seleccionó la formulación N7 como la opción más adecuada para el desarrollo de la mezcla. Tras evaluar las condiciones de compactación, se determinó que la mejor estrategia para optimizar su comportamiento físico y mecánico es el uso de aglutinantes. Estos materiales desempeñan un papel fundamental en la cohesión de los componentes, facilitando la compactación y mejorando la resistencia estructural de la mezcla.

Objetivo 4. Construir el diagrama de proceso, instrumentación y control para la producción de baldosas cerámicas a partir de residuos de vidrios.

Cabe destacar que, se integró un enfoque de triangulación metodológica para asegurar la validez, profundidad técnica y coherencia en el diseño de los sistemas de control e instrumentación dentro de la planta de producción de baldosas cerámicas. Esta triangulación se estructuró en tres dimensiones complementarias: revisión documental especializada, consulta experta mediante entrevista técnica, y aplicación práctica de principios en el dimensionamiento de equipos.

Se realizó una revisión documental que se centró en la revista técnica Notación y simbología para tuberías, la cual proporcionó un marco normativo y gráfico para la construcción de diagramas P&ID (Diagrama de Instrumentación y Procesos). A partir de este análisis, se incorporó el software LUCIDCHART como herramienta central para la elaboración del mismo bajo estándares ANSI e ISA, permitiendo una representación precisa de las líneas de proceso, instrumentos de medición, elementos de control y lazos funcionales integrados al sistema productivo.

Es por ello que el propósito de este objetivo es construir de manera gráfica y analítica la transformación de la materia prima, obteniendo un proceso fiable y eficiente para la elaboración de una baldosa cerámica a base de residuos de vidrio y otros aditivos.

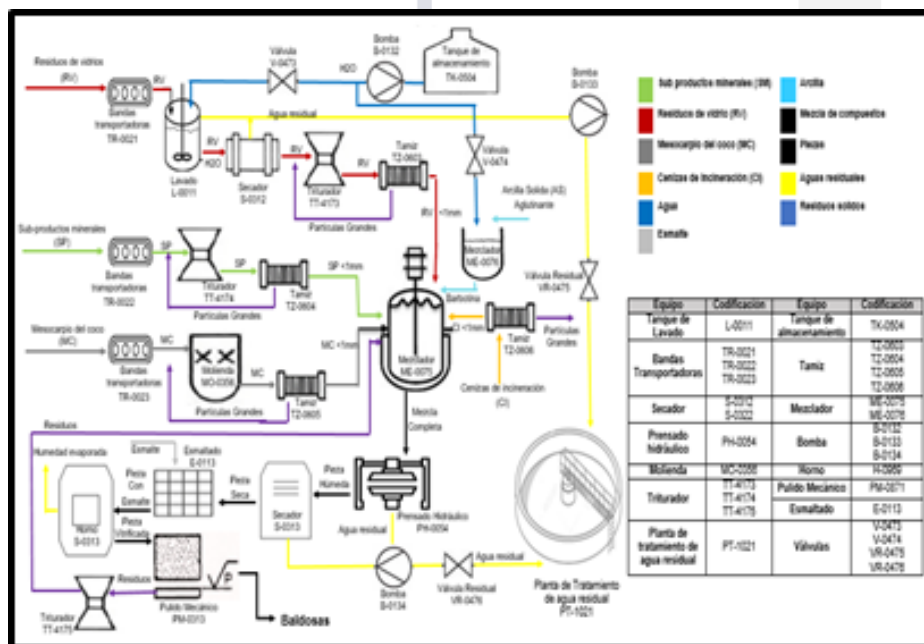


Figura 3. Transformación de la materia prima. Fuente: Briceño L, Carbono M, De la Rosa Y, Fray R, Pirela J (2025).

Conclusiones.

El diagnóstico realizado en la urbanización Altamira confirma una generación significativa de residuos reciclables y una disposición comunitaria favorable hacia iniciativas de recolección y reciclaje, lo que constituye una base logística y social sólida para la obtención de materia prima.

Desde el punto de vista experimental, la formulación N7 (615g; 29.26% vidrio, 26.82% Barbotina de Arcilla, 4.89% mesocarpio, 4.89% Cenizas, 27.64% Subproductos Minerales, 6.50% Aglutinante) mostró resultados prometedores: presentó baja porosidad, ausencia de fisuras y buena densificación. Estos resultados sugieren que la incorporación de vidrio favorece la formación de fases vítreas durante la sinterización, mejorando la unión entre partículas y la resistencia mecánica. Al mismo tiempo, los aglutinantes y la granulometría controlada son determinantes para la compactación y para disminuir defectos durante el secado.

Reflexionar sobre la temática obliga a reconocer las tensiones técnicas y ambientales inherentes a este tipo de procesos. Por una parte, la valorización del vidrio contribuye a una economía circular local, reduce la presión sobre los vertederos y ofrece oportunidades de empleo y educación ambiental. Por otra parte, la etapa térmica de cocción es intensiva en energía y plantea retos en términos de emisiones y consumo energético. Cualquier evaluación de sostenibilidad debe ponderar esas dos realidades y priorizar soluciones orientadas a la eficiencia y al control de emisiones para que el beneficio ambiental no se vea comprometido por impactos indirectos.

Las inferencias económicas apuntan a que la viabilidad financiera dependerá fuertemente de factores externos y de diseño: la estabilidad del suministro de materia prima, el costo de la energía y la posibilidad de alcanzar economías de escala mediante la consolidación de la recolección y la ampliación gradual de la producción. En términos prácticos, la integración de la comunidad como proveedor regular de vidrio y la búsqueda de sinergias con entidades públicas o privadas pueden mejorar la cadena de suministro y reducir costos logísticos, mientras que la certificación del producto y un plan de comercialización orientado a nichos conscientes del valor ecológico pueden aumentar la disposición a pagar por baldosas con contenido reciclado.

Más allá de la técnica y la economía, la iniciativa tiene implicaciones sociales y pedagógicas relevantes: promover la separación en la fuente, capacitar a la comunidad en buenas prácticas de recolección, y manejar los beneficios socioeconómicos de forma transparente puede consolidar aceptación y participación ciudadana. Estos elementos son tan críticos como los parámetros técnicos para el éxito de proyectos de economía circular. Asimismo, la consideración de marcos normativos y la realización de estudios como un inventario de emisiones o un análisis de ciclo de vida fortalecerán la legitimidad del proyecto ante autoridades y potenciales

financiadores.

En conjunto, la evidencia obtenida permite inferir que la producción de baldosas cerámicas a partir de residuos de vidrio en la urbanización Altamira es una alternativa viable y socialmente pertinente, con el potencial de generar beneficios ambientales, económicos y comunitarios siempre que se implementen controles técnicos rigurosos, medidas de eficiencia energética y estrategias de gobernanza para la recolección y comercialización. La consolidación de estas líneas abrirá el camino para transformar la promesa tecnológica en un producto competitivo y ambientalmente responsable.



REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Carrillo Molina, L. (2023). Evaluación de las propiedades mecánicas de la baldosa cerámica fabricada a partir de una pasta cerámica con la incorporación de vidrio reciclado. Tesis de pregrado, Universidad ECCI.
- España. (2022). Ley 7/2022, de 8 de abril, de residuos y suelos contaminados para una economía circular. Boletín Oficial del Estado, 102, 39543–39663.
- Ishtiaq, M. (2019). Creswell, J. W. (2014). *Research Design: Qualitative, Quantitative and Mixed Methods Approaches* (4th ed.). Thousand Oaks, CA: Sage. <https://doi.org/10.5539/ELT.V12N5P40>
- Juanma. (2025). Hornos industriales para cerámica: tipos, procesos, normativas y consumo energético. <https://www.ideter.com/hornos-industriales-para-ceramica-tipos-procesos-normativas-y-consumo-energetico/>
- Manawis, R. (2023). ¿Qué son las técnicas de recolección de datos? <https://safetyculture.com/es/temas/recoleccion-de-datos/tecnicas-de-recoleccion-de-datos>
- Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico (España). (2018). Inventario nacional de emisiones de gases y contaminantes: fabricación de materiales cerámicos. (04.06.17-18).
- Muñoz Portero, María José. (2018). Procesamiento de materiales cerámicos fundidos: vidrio plano y lana de vidrio. Universitat Politècnica de València.
- Peng, A. (2025, marzo 17). Densidad del vidrio. Shenzhen DEK Manufacturing Co., Ltd. <https://www.dekmake.com/es/densidad-del-vidrio/#toc7>
- Pitarch, A., Mira, J., & Corrales, J. (2023). Reutilización de residuos de baldosas cerámicas en el desarrollo de baldosas de hormigón. Departamento de Ingeniería Mecánica y Construcción – Aula Cerámica - Grupo de investigación TECASOS. Universitat Jaume I. Castellón. España
- Quereda Vázquez, Paqui. (2024). Economía circular en el sector de baldosas cerámicas. Asociación Española de Fabricantes de Azulejos y Pavimentos Cerámicos (ASCER).
- Ramírez Calderón, Y. E., Romero Nieto, S. P., Villalobos Correa, D. E, & Ruiz Quedo, D. J. (2021). Influencia de la concentración de vidrio reciclado en las propiedades técnico-cerámicas de una formulación de pasta para la fabricación de baldosas. *Publicaciones E Investigación*, 15(4). <https://doi.org/10.22490/25394088.5613>
- Sancllemente León, M. F., & Montañez Medina, K. (2020). Formulación de un plan de negocios para la fabricación de baldosas ecológicas (ECOBAL) mediante el aprovechamiento de residuos sólidos urbanos. Tesis de pregrado, Universidad Santo Tomás, Facultad de Ingeniería Ambiental.
- Topanotti Daros, M., de Souza Felisberto, D., da Silva Pereira, A., de Peixoto Pessoa, C. R., & Bernardin, A. M. (2020). Baldosas cerámicas obtenidas a partir de residuos de vidrio de envase. Universidade do Extremo Sul Catarinense, Criciúma, Santa Catarina, Brasil.