



INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR
de Ciudad Hidalgo

TESIS PROFESIONAL PARA OBTENER EL GRADO DE
MAESTRO EN ADMINISTRACIÓN INDUSTRIAL

**“Diseño e implementación de prensa para moldear material
de barro”**

EMPRESA:
MATERIALES PARA CONSTRUCCIÓN MORENO

DIRECTOR DE TESIS:
DAEE. JULIO ENRIQUE REYES VÁZQUEZ

COMITÉ TUTORIAL:
NOMBRE DE LOS ASESORES
MAN. ESTEBAN GARCÍA RAMÍREZ
DAEE. SUSANA REYES VÁSQUEZ.

PRESENTA:
ING. JUAN JOSE MORENO RUIZ

CIUDAD HIDALGO MICH. A 01 DE DICIEMBRE DE 2025



TECNOLÓGICO
NACIONAL DE MÉXICO

INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR DE CIUDAD HIDALGO



ACTA DE REVISIÓN DE TESIS

En la Ciudad de Ciudad Hidalgo siendo las 13:00 horas del día 02 del mes de diciembre del 2025 se reunieron los miembros de la Comisión Revisora de la Tesis, designada por el Consejo de Posgrado de la Maestría en Administración Industrial para examinar la tesis titulada:

Diseño e Implementación de Presnsa para Moldear Material de Barro

Presentada por el alumno:

Moreno
Apellido paterno

Rufz
Apellido materno

Juan José

Nombre(s)

Con registro:

P	2	2	0	3	0	4	1	3
---	---	---	---	---	---	---	---	---

aspirante de:

La maestría en Administración Industrial

Después de intercambiar opiniones, los miembros de la Comisión manifestaron **APROBAR LA TESIS**, en virtud de que satisface los requisitos señalados por las disposiciones reglamentarias vigentes.

LA COMISIÓN REVISORA

Director(a) de tesis


Julio Enrique Reyes Vázquez


Esteban García Ramírez


Susana Reyes Vázquez

PRESIDENTE DEL COLEGIO DE PROFESORES


Yasmin Elizabeth Reyes Martínez

CARTA DE CESIÓN DE DERECHOS

En ciudad Hidalgo, Michoacán el día 03 del mes de Diciembre del año 2025, el que suscribe Juan Jose Moreno Ruiz

Alumno(a) del programa de Maestría en Administración Industrial con número de control P22030413, manifiesta que es autor(a) intelectual del

trabajo de tesis bajo la dirección del

DAEE. Julio Enrique Reyes Vázquez cede los derechos del trabajo

intitulado "Análisis de las características de calidad de los

productos de barro manufacturados de forma tradicional vs la utilización

de una prensa" al TecNM/Instituto Tecnológico Superior de Ciudad Hidalgo para su difusión, con fines académicos y de investigación.

Los usuarios de la información no deben reproducir el contenido textual, gráfico o de datos del trabajo sin el permiso expreso del autor y del director del trabajo. Este puede obtenerse escribiendo a la siguiente dirección: maestria_ai@cdhidalgo.tecnm.mx. Si el permiso se otorga, el usuario deberá expresar su agradecimiento correspondiente y citar la fuente.

Juan Jose Moreno Ruiz

Nombre y firma

Resumen

El proyecto de investigación se trata de fabricar una prensa que sirva para moldear el material de barro, la problemática identificada es la calidad de los productos, principalmente la calidad estética, la porosidad del material y las variaciones en las dimensiones del material. La falta de calidad impacta a la producción en el precio de venta, por lo tanto, se tiene afectación en la cartera de clientes del sector alfarero. En el proyecto se diseña e implementa la prensa y se realiza un análisis experimental, comparando su rendimiento con el proceso tradicional de moldeo.

En el proyecto, los métodos tradicional e implementación de la prensa fueron sometidos a pruebas aplicables a productos cerámicos que no son de uso alimentario según las normas ISO 13006:2018, ISO 10545, las pruebas realizadas fueron; dimensionales, resistencia a la compresión, peso y absorción de agua. En los resultados obtenidos con la implementación de la prensa para moldeo, no se observa diferencia significativa en las dimensiones de los productos, se identificó que la implementación de la prensa mejora la resistencia, reduce la absorción de agua, se obtiene un material más compacto, con menor porosidad y uniforme. La principal ventaja de la implementación de una prensa para moldeo, radica en la calidad estética de los materiales de barro, siendo el principal atributo que toman en cuenta los clientes para adquirir los productos.

Tabla de contenido

Introducción.....	1
Capítulo I. Planteamiento del problema	3
1.1 Descripción del problema.....	3
1.2 Formulación del problema.....	3
1.2.1 Interrogante general.....	4
1.2.2 Interrogantes específicas.....	4
1.3 Objetivos.....	4
1.3.1 Objetivo general	4
1.3.2 Objetivos específicos	4
1.4 Justificación	5
1.5 Viabilidad	5
1.6 Hipótesis	6
Capítulo II. Fundamento teórico.....	7
2.1 Antecedentes.....	7
2.1.1 Caracterización de las arcillas y preparación de pastas cerámicas en la fabricación de material de barro.	7
2.1.2 Evaluación de arcillas del área metropolitana de Cúcuta Colombia.	7
2.1.3 Desempeño mecánico y tribológico de baldosas cerámicas de arcilla roja recubiertas por proyección térmica.....	8
2.1.4 Evaluación de mezclas de arcillas con adición de tobas vítreas para la fabricación de ladrillos.	9
2.1.5 Desarrollo de una prensa para ensayos de tensión en polímeros.....	9
2.1.6 Ladrillos porosos cerámicos a partir de mezclas de arcilla y carozos de durazno. 10	
2.1.7 Evaluación técnica del potencial cementante de arcillas provenientes de los residuos de la construcción y la demolición.....	10
2.1.8 Uso de ladrillos triturados en concreto.	11
2.1.9 Ladrilleros un ejemplo de artesanía de construcción.....	11
2.1.10 Estudio de yacimientos arcillosos.	12
2.1.11 Caracterización de arcilla en las minas de Pomoca.	12
2.1.12 Caracterización de los ladrillos.	13
2.1.13 Estudio de la coloración de ladrillos.....	13
2.1.14 Influencia del Hollín sobre la resistencia a la compresión de ladrillos.	14
2.1.15 Estado actual de la construcción con arcilla en México.....	14
2.2 Estado del arte	15

2.2.1	Estudio comparativo de la resistencia a la compresión, absorción y dimensionamiento del ladrillo.	15
2.2.2	Determinación de la resistencia a la compresión de bloques, utilizando desperdicios de ladrillos artesanales.	15
2.2.3	Análisis y modelado de la transmisión de variabilidad dimensional en un proceso de producción de baldosas.	16
2.2.4	Determinación de la expansión por humedad de los productos cerámicos empleados en elementos estructurales.	17
2.2.5	Evaluación de materias primas utilizadas en la fabricación de baldosas de gres en el sector cerámico del Norte de Santander.	17
2.2.6	Diseño de una prensa hidráulica semiautomática de 25 toneladas para el control de presión en el proceso de prensado de baldosas.	18
2.2.7	Desarrollo de moldes de prensado con recubrimientos antidesgaste.	18
2.2.8	Evaluación de mezclas de arcilla adicionando ceniza de ladrillera para fabricación de bloque de construcción.	19
2.2.9	Análisis comparativo del proceso de fabricación elaborado a mano y el bloque compactado.	20
2.2.10	Influencia de la molienda húmeda en el comportamiento estructural y mecánico de productos cerámicos conformados por extrusión de una arcilla en la región Norte de Colombia.	20
2.2.11	Estudio comparativo de las técnicas de extrusión y prensado como procesos de conformado de cerámicos para uso en la construcción.	21
2.2.12	Beneficios del material prensado.	22
2.2.13	Prensas.	22
2.2.14	Resistencia a la compresión de adoquines de hormigón. Resultados tendientes a validar el ensayo en medio adoquín.	23
2.2.15	Influencia de las materias primas y de la técnica de moldeo en la fabricación de productos cerámicos tipo gres.	23
2.2.16	Diseño y fabricación de ladrillo reutilizado.	24
2.2.17	Evaluación de las propiedades de ladrillos de arcilla con incorporación de residuos agrícolas.	25
2.2.18	Influencia en la resistencia a la compresión de hormigones.	25
2.2.19	Efecto de la adición de biosólido sobre la resistencia de los ladrillos.	26
2.3	Marco teórico.	26
2.3.1	Estudio de la relación entre la fuerza de prensado y la absorción de agua.	26
2.3.2	Incorporación de maquinaria para el mezclado y prensado del material de barro.	27
2.3.3	Mecanización para la producción de los ladrillos artesanales.	27

2.3.4	Mejora de la calidad estructural de los ladrillos artesanales.	28
2.3.5	Influencia de la porosidad en el comportamiento de los materiales.	28
2.3.6	Aptitud a la expansión térmica de las arcillas.	29
2.3.7	Propiedades físicas y mecánicas de los ladrillos macizos.	29
2.3.8	Arcilla	30
2.3.9	Arcillas cerámicas.....	31
2.3.10	Arcillas Comunes	31
2.3.11	Arcillas especiales	31
2.3.12	Caolines	32
2.3.13	Tipos de procesos de fabricación de ladrillos.....	32
2.3.14	Prensa mecánica	32
2.3.15	Prensa hidráulica.....	33
2.3.16	Prensa neumática	33
2.3.17	Prensa eléctrica	33
2.3.18	Muestreo	34
2.3.19	Muestreo aleatorio	34
2.3.20	Muestreo aleatorio simple	34
2.4	Marco conceptual	35
2.4.1	Prensa	35
2.4.2	Apalancamiento	35
2.4.3	Ladrillos Prensados	35
2.4.4	Ladrillo macizo.....	35
2.4.5	Porosidad	36
2.4.6	Manufactura.....	36
2.4.7	Ladrillo	36
2.4.8	Diseño CAD	36
2.4.9	Calidad.....	37
2.4.10	Resistencia	37
2.5	Marco legal	37
2.5.1	Norma ISO 13006:2018	38
2.5.2	Norma ISO 10545.....	38
Capítulo III. Metodología de la investigación		40
3.1	Naturaleza de la investigación.....	40
3.2	Tipos de investigación.....	40

3.3	Técnicas y herramientas de investigación	41
3.4	Población y muestra	41
3.5	Matriz de congruencia	43
Capítulo IV. Análisis de resultados		44
4.1	Análisis cuantitativo	44
4.1.1	Diseñar mediante un software CAD una prensa de moldeo para la manufactura de productos de barro.	44
4.1.2	Mejoras realizadas en la prensa para moldeo.	47
4.1.3	Fabricación de la prensa	49
4.1.4	Realizar un análisis de resultados de las características de calidad del material de barro a partir de la implementación de la prensa de moldeo.	52
4.1.5	Evaluar los resultados de la aplicación de la prensa de moldeo vs el método tradicional respecto a los requisitos del cliente.	52
4.1.6	Comparación de pesaje	57
4.1.7	Experimento de Resistencia	59
4.1.8	Experimento de absorción de agua	63
4.2	Análisis cualitativo	68
4.2.1	Definir características de calidad de acuerdo a los requisitos del cliente.	68
4.2.2	Comparación de estética	72
4.2.3	Uniformidad de materiales	74
4.3	Cumplimiento de los objetivos y comprobación de la hipótesis.	75
Conclusiones.....		76
Recomendaciones		77
Bibliografía.....		78
Apéndices y Anexos		84

Índice de tablas

Tabla 1. Información del tamaño de la muestra.	42
Tabla 2. Matriz de congruencia.	43
Tabla 3. Resultado de las mediciones de las muestras para el material fabricado con prensa. .	54
Tabla 4 . Resultado de las mediciones de las muestras para el material fabricado de forma artesanal.	55
Tabla 5. Resultados de pesos de las muestras para los métodos de moldeo.....	58
Tabla 6. Oportunidades de mejora según clientes locales.	69
Tabla 7. Oportunidades de mejora según clientes nacionales.	71

Índice de figuras

Figura 1. Fórmula para determinar el tamaño de la muestra.	42
Figura 2. Diseño 2D de prensa para moldeo vista frontal.	45
Figura 3. Diseño 2D de prensa para moldeo vista lateral.	46
Figura 4. Diseño 3D de banco para la prensa de moldeo.	47
Figura 5. Diseño 3D del sistema de apalancamiento.	48
Figura 6. Partes del sistema de apalancamiento.	49
Figura 7. Fabricación de la prensa para moldeo.	50
Figura 8. Prototipo terminado de la prensa para moldeo.....	51
Figura 9. Desarrollo del experimento de medición.	53
Figura 10. Promedio de medición del largo de las muestras.	56
Figura 11. Promedio de la medición del ancho de las muestras.....	56
Figura 12. Comparación de peso de las muestras.....	57
Figura 13. Relación entre el peso de las muestras de los métodos de moldeo.	59
Figura 14. Prensa hidráulica utilizada en la prueba de resistencia.	60
Figura 15. Desarrollo del experimento de Resistencia.	61
Figura 16. Experimento de resistencia.	62
Figura 17. Desarrollo de las pruebas de absorción de agua.....	63
Figura 18. Desarrollo de experimento de absorción de agua.	64
Figura 19. Resultado del experimento de absorción de agua.	65
Figura 20. Experimento de absorción de agua.	66
Figura 21. Pesos de las muestras en la prueba de absorción de agua.	66
Figura 22. Prototipo funcional de la prensa para moldeo.....	67
Figura 23. Requerimientos de clientes locales.	70
Figura 24. Comparación estética de los materiales.	72
Figura 25. Transporte de material moldeado con prensa.....	73
Figura 26. Uniformidad de los materiales.	74

Introducción

La comunidad de Tzintzingareo Municipio de Irimbo Michoacán, reconocido por la calidad en la fabricación de material de barro artesanal como ladrillos, tejas, baldosas entre muchos otros. Esta región cuenta con gran proporción de suelos arcillosos de calidad, es por eso que es muy común encontrar micro empresas dedicadas al sector alfarero. Actualmente el sector alfarero de la región, ha realizado grandes cambios en la forma de producir y los productos son reconocidos en diferentes partes del país, en los que destacan, Valle de Bravo, Cuernavaca, San Miguel de Allende y Pueblos mágicos del estado mismo. La mejora de los procesos es un objetivo permanente debido a la creciente oferta de productos en general, además de que la evolución en los sistemas de producción es una necesidad en todas las organizaciones.

El principal objetivo de la presente investigación, es Diseñar e implementar una prensa de moldeo de material de barro, que permita ofrecer mejor calidad a la obtenida con el moldeo tradicional, esto se desarrolla con el análisis de los tipos de prensas existentes y que adapte a las necesidades del sector, identificando áreas de oportunidad y realizando comparación entre los métodos de producción artesanal o manual contrastado con la utilización de la prensa para moldeo.

En el desarrollo de la investigación, se analizan las características de calidad de los productos de barro, como teja, tabique, loseta, y artículos de decoración para el hogar, por medio de una prensa que asegure que el producto manufacturado esta completo sin vacíos, con una apariencia rellena, lisa, además de definir características medibles, como resistencia a la compresión, dimensión de los productos. En el desarrollo del trabajo de investigación se logró diseñar y fabricar una prensa para el moldeo de material de barro, y con la implementación se observó que, efectivamente las características de calidad definidas mejoraron en su totalidad, haciendo que la utilización de esta sea favorable para la calidad de los productos.

La experimentación se desarrolló con base en las normas Norma ISO 13006:2018, ISO 10545, normativas que establecen los métodos para la determinación de las propiedades de las baldosas cerámicas, como las dimensiones calidad superficial, resistencia a la rotura y absorción de agua. Al desarrollar la experimentación se obtuvieron resultados satisfactorios respecto a las características establecidas por las normas. En general el moldeo con prensa demostró uniformidad en las dimensiones de los productos, un material más compactado, mayor resistencia y menor absorción de agua.

Capítulo I. Planteamiento del problema

1.1 Descripción del problema

La fabricación artesanal de material de barro, se caracteriza por tener variaciones de unidad a unidad, variaciones que pueden resultar en mala calidad estética y de resistencia. Esto representa un problema para productores que no cuentan con la experiencia o que no generan la habilidad necesaria para el desarrollo de este trabajo, la calidad en el material de barro, afecta la economía de la empresa, un material de mala calidad reduce su precio de venta en un 30%, y requiere de los mismos costos de producción. Con la implementación de la prensa para moldeo, se mejorará la calidad del material, calidad estética, dimensional y de resistencia.

1.2 Formulación del problema

La búsqueda de mejorar los productos de barro o arcilla es un objetivo permanente debido a la creciente oferta de productos, además de que la evolución en los sistemas de producción es un paso necesario que se debe dar en todas las organizaciones. Actualmente el sector alfarero de Tzintzingareo municipio de Irimbo Michoacán, México, ha realizado grandes cambios en la forma de producir y los productos son reconocidos en diferentes partes del país, en los que destacan, Valle de Bravo, Cuernavaca, San Miguel de Allende y Pueblos mágicos del estado mismo.

Los clientes cada día buscan mejores aspectos de calidad en los productos, sin perder las características de ser un producto artesanal manufacturado de forma manual, cada uno diferente de otro sin afectar de manera significativa la apariencia en el producto terminado.

Con el desarrollo de la investigación, se analizan las características de calidad de los productos de barro, por medio del diseño y fabricación de una prensa para moldeo, que asegure que el producto manufacturado esta completo son vacíos, con una apariencia rellena, lisa, además de

estudiar características medibles, como resistencia a la compresión, dimensión de los productos y absorción de agua.

Los beneficios no solo serán para el cliente final, también para la empresa, comprobando la hipótesis planteada, “con el diseño e implementación de una prensa de moldeo, se mejorará la calidad del material de barro”.

1.2.1 Interrogante general

¿Cómo se puede mejorar la calidad en el moldeo artesanal del material de barro?

1.2.2 Interrogantes específicas

¿Cuáles son los tipos de prensas existentes para moldeo de materiales?

¿Cuáles son los tipos de prensas que se han utilizado para moldear material de barro?

¿Cuáles son las mejoras que se pueden realizar a las prensas existentes para mejorar el método de producción?

¿Cómo se puede demostrar que la implementación de una prensa para moldeo resulta en mejora calidad a la obtenido con moldeo manual?

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo general

Diseñar e implementar una prensa de moldeo de material de barro, que permita ofrecer mejor calidad a la obtenida con el moldeo tradicional.

1.3.2 Objetivos específicos

- Analizar e identificar el tipo de prensa que se adapte a las necesidades de moldeo de material de barro.
- Diseñar e implementar la prensa para moldeo.
- Realizar un análisis comparativo con los procesos tradicionales de moldeo.

1.4 Justificación

La fabricación artesanal de material de barro carece de procedimientos estandarizados, lo que resulta en variaciones de calidad estética, de resistencia y dimensional principalmente, esto aunado a la falta de maquinaria y tecnología, representa un problema para los productores. La calidad en el material de barro, impacta directamente en la economía de la empresa, un material de mala calidad reduce su precio de venta en un 30%. En estudio realizado por (Gelves, Monroy, Sánchez, & Ramírez, 2013), el moldeo por prensado mejora la calidad del ladrillo para la construcción.

La implementación de una prensa para moldeo, es una oportunidad para mejorar la calidad de los productos de barro, ya que, según la teoría consultada con el moldeo mediante el prensado, se mejora la calidad de los productos cerámicos arcillosos, se mejora la resistencia y se reducen las variaciones en los tamaños de los mismos, es por esta razón que se justifica el desarrollo del proyecto.

1.5 Viabilidad

Esta tesis es viable debido a que se tiene acceso a los procesos de producción de material de barro, además se pueden desarrollar las experimentaciones necesarias para el análisis y comparación del método tradicional en contraste con el método de fabricación manual. En proyectos anteriores, relacionados con el tema de investigación se ha estudiado y definido las mezclas adecuadas que resultan en menores defectos en el material.

A nivel personal se cuenta con las herramientas intelectuales y el tiempo para desarrollar el proyecto, es importante mencionar que ya se tienen antecedentes en cuanto a la utilización de prensas manuales en la producción artesanal de material de barro, y con la investigación se realizaran mejoras que permitan desarrollar el proceso de una formas más cómoda y funcional.

La inversión requerida para el desarrollo del proyecto es mínima, en su mayoría se trata de materiales reciclados y soldadura, la prensa no generará después de construcción, gastos de mantenimiento, lo que es una ventaja para el productor, no se requiere de tecnología aplicada para su desarrollo e implementación y la capacitación para los usuarios es sencilla. En la institución donde se desarrolla la investigación se cuenta con los medios, maquinaria y equipo para desarrollar las pruebas y con el personal capacitado para garantizar la obtención de información confiable con las que se puedan tomar decisiones.

La calidad en la producción artesanal de material de barro, garantiza la estabilidad de un negocio en las temporadas de baja demanda, al tratarse de un producto que carece de un precio fijo para los productos y el precio es negociable de acuerdo a la calidad de los mismos, la implementación de la prensa para moldeo, es una opción viable para el crecimiento de los productores.

1.6 Hipótesis

Ho: Con el diseño e implementación de una prensa de moldeo, se mejorará la calidad del material de barro.

Capítulo II. Fundamento teórico

2.1 Antecedentes

2.1.1 Caracterización de las arcillas y preparación de pastas cerámicas en la fabricación de material de barro.

Malagón, A. Córdova, T. (2011). Desarrollaron una investigación que trata de caracterizar técnicamente las arcillas denominadas desperdicio de los procesos de cocción y almacenaje. También se aborda el tema de la obtención de pastas cerámicas para la obtención de tejas y ladrillos. Los resultados indicaron que la mejor pasta de arcilla para fabricar tejas es la roja. La proporción que produce ladrillos de mayor calidad es 55 % de arcilla negra y 45 % de arcilla amarilla (arenosa). A medida que aumenta la cantidad de arcilla amarilla (arenosa) en la pasta, su fluidez disminuye drásticamente.

Adquisición de pastas cerámicas para la producción de ladrillos y tejas. Los resultados indicaron que la mejor pasta de arcilla para fabricar tejas es la «roja». La proporción que produce ladrillos de mayor calidad es 55 % de arcilla negra y 45 % de arcilla amarilla arenosa. A medida que aumenta la cantidad de arcilla amarilla arenosa en la pasta, su fluidez disminuye drásticamente. Las probetas que se utilizaron para el estudio moldearon por prensado, se realizaron pruebas de resistencia a la compresión y absorción de agua después de prensar la pasta para crearlas. Las temperaturas de cocción empleadas fueron de 1050 °C a 1200 °C.

2.1.2 Evaluación de arcillas del área metropolitana de Cúcuta Colombia.

C. Vivianne, M. Jorge, C. Amanda (2017). Realizaron un trabajo de caracterización de arcillas de la región metropolitana de la Cuidad de Cúcuta. En el estudio se desarrolló la caracterización para conocer el comportamiento y estructura de las materias primar al realizar los diferentes materiales para la construcción como los son ladrillos, tejas y diversidad de pisos. Las muestras se seleccionaron de diferentes puntos de la región y en laboratorios se realizaron pruebas de

difracción de rayos X, infrarrojo, análisis térmico entre otros. Los resultados del estudio indican que las arcillas son aptas para la producción de los diferentes materiales de barro y que el índice de plasticidad es superior al 20%, por lo tanto, los materiales tienen la capacidad de soportar esfuerzos para la conformación a través del procesos de extrusión, los materiales se pueden trabajar mediante los procesos tradicionales manuales, o se puede incorporar el uso de maquinaria y equipo para el moldeo debido a los índices de plasticidad, según la caracterización de las arcillas de la región.

2.1.3 Desempeño mecánico y tribológico de baldosas cerámicas de arcilla roja recubiertas por proyección térmica.

Marilse, A. Gabriel, P. Favio, V. (2015). Desarrollaron un estudio en el que se desarrolla un análisis de la resistencia a la flexión y al desgaste por abrasión de arcilla roja tanto con cómo sin recubrimientos aplicados por medio de proyección térmica oxiacetilénica. Para crear las baldosas cerámicas, piezas uniaxiales se utilizó prensado uniaxial. El material se preno a 30 bares de presión, seguido por sinterización a 100°C, utilizando arcilla roja en polvo.

Como lo indican las normas ISO 10545-4 e ISO 10545-6, se contrastó la resistencia a la flexión y a la abrasión profunda se evaluó de acuerdo a las normas ISO 10545-4 e ISO 10545-6 respectivamente. Los resultados muestran que a medida que aumenta el espesor la capa de alúmina depositada, se reduce la abrasión profunda de las baldosas cerámicas. la abrasión profunda de las baldosas. El espesor de la capa y la adherencia al sustrato hicieron que los recubrimientos de alúmina mejoraran la resistencia mecánica a la flexión de las baldosas entre un 5 y 49%.

2.1.4 Evaluación de mezclas de arcillas con adición de tobas vítreas para la fabricación de ladrillos.

Adrián, D. (2015). Desarrolló una investigación sobre las propiedades resultantes de la combinación de una arcilla y rocas volcánicas porosas, como una posible adición en la producción de ladrillos, la mezcla podría utilizarse como aditivo para ladrillos de arcilla en la industria de materiales para la construcción. Para lograr el cometido, se diferenciaron los diferentes componentes en función de sus características físicas y químicas, se analizaron 36 muestras representativas, nueve de las cuales incluían solo arcilla, a las 27 muestras restantes se les incluyó un aditivo de la combinación de arcilla y piedras volcánicas porosas en porcentajes de 10, 15 y 20%.

Se probaron las muestras para determinar resistencia mecánica a la compresión, peso, absorción de agua y pérdida de volumen. Se concluyó que la muestra con la adición de 10% era la más efectiva extendiendo la vida útil del ladrillo en condiciones de uso normales y utilizado igualmente en interiores como en exteriores.

2.1.5 Desarrollo de una prensa para ensayos de tensión en polímeros.

S. Ovando, C. Sepúlveda, T. Piambac, R. Moran, (2020). Realizaron una investigación para evaluar el impacto de la implementación de una prensa Hidráulica. Para realizar el prototipo tomaron en cuenta en su fabricación partes intercambiables en desuso que estarían al alcance de los productores y procesos de mecanización y ensamble comúnmente utilizados. Los primeros resultados indican que la propuesta funciona eficazmente dentro de las limitaciones de su diseño, que incluyen, máxima velocidad de 510 mm/ minuto y capacidad de carga de 18.261 N. Este estudio demuestra, como se pueden crear componentes específicos a precios razonables y al mismo tiempo cubrir las necesidades de los diferentes sectores como la educación en países en desarrollo.

2.1.6 Ladrillos porosos cerámicos a partir de mezclas de arcilla y carozos de durazno.

Nancy, Q, Miguel, U, Hugo, L, Adrián C. (2020). Desarrollaron un trabajo en el que se estudia la posibilidad de utilizar el hueso del durazno, lo cual representa un desperdicio de biomasa del sector de fruticultura, el desecho tiene la finalidad alivianar el peso de productos cerámicos utilizados en la construcción, debido a la porosidad que generaría en la mezcla.

Como punto de referencia se realizaron mezclas comerciales de arcilla adicionando 5, 10, 15 y 20% en contenido de carozos de durazno y una proporción de cerámica sin aditivos para los desarrollos experimentales. El tratamiento térmico se llevó a cabo a 1000°C en un tiempo de 3 horas, la velocidad de calentamiento de 1°C/minuto. El resultado que se obtuvo demostró que la utilización del desperdicio de biomasa era altamente factible, los cerámicos resultantes presentan altas calidades globales, pero sus cualidades mecánicas son limitadas debido a que sólo incluyen un 10% de agregado de material residual, lo cual es menos de los que requiere el mercado.

2.1.7 Evaluación técnica del potencial cementante de arcillas provenientes de los residuos de la construcción y la demolición.

C. Mejía, L. Sierra, S. Arboleda, U. Zuluaga (2021). En su estudio realizan un análisis sobre la posibilidad de utilizar desperdicios de materiales de arcilla en los procesos de la construcción y demolición. Los desperdicios en primera instancia se trituraban para reducir su tamaño hasta obtener un tamaño de partícula comparable al del cemento Portland. Se descubrió que el cemento fue sustituido progresivamente por arcillas de CDW y del meta caolín en la matriz cementosa hasta encontrar 2020 combinaciones. En la experimentación se realizaron pruebas de resistencia a la compresión en las diferentes combinaciones y los resultados demostraron que los desperdicios de las arcillas pueden utilizarse como material adicionado para morteros en proyectos de mampostería, sustituyendo hasta un 5% del cemento Portland.

2.1.8 Uso de ladrillos triturados en concreto.

M. Felipe, M. Sócrates, R. Ernesto (2021). Realizaron un trabajo en el que analizaron la reutilización de ladrillos desperdicio (triturados), como aditivo en los concretos. Los ladrillos ya cocidos no pueden reutilizarse en los procesos de producción manuales o artesanales, esto debido a la incapacidad de adhesión a la mezcla con las arcillas, es por ello que se ha buscado una utilización a los desperdicios de los ladrillos cocidos. En muchos estudios formales se ha estudiado la posibilidad de incorporarlos al concreto, dependiendo de la fuente, así como sus propiedades el agregado de ladrillos influyen de manera positiva a las propiedades mecánicas de los concretos.

En el trabajo se realizaron diferentes proporciones de agregado de desperdicio, en porcentajes de 13%, 26% 39% y 52% y los resultados no fueron positivos para ninguno de los porcentajes agregados, llegando a la conclusión de que la incorporación de la mezcla a los concretos reduce la resistencia a la compresión y se deben tomar las debidas precauciones al intentar utilizarlo como agregado.

2.1.9 Ladrilleros un ejemplo de artesanía de construcción.

G. Alberto, M. Daniela (2018). Realizaron un trabajo en el que describieron las principales características que distinguen a las ladrilleras tradicionales o familiares y que hoy día aún son capaces de competir con importantes organizaciones dedicadas a la producción en masa de ladrillos y bloques para la construcción. La organización de todas las ladrilleras es similar y cuentan con los mismos espacios de trabajo independientemente del tamaño de las mismas. Las organizaciones conocidas como galeras cuentan con un patio para la fabricación y secado de los materiales, cuentan con un espacio para la preparación de la mezcla, un horno y un almacén para la exhibición y venta.

En el trabajo los autores demuestran que las técnicas de fabricación parece que no hubieran evolucionado, sin embargo, al analizar una muestra representativa de la zona tejera de Guatemala, los productores demuestran la aplicación de conocimientos e innovación en la caracterización de las mezclas, mejoras en los métodos de moldeo y secado, así como en la construcción de los hornos de cocción que han resultado en mayor resistencia de los ladrillos.

2.1.10 Estudio de yacimientos arcillosos.

C. Margarita, L. Lidia, S. María (2005). Realizaron un proyecto en el que se caracterizaron los yacimientos de arcilla del municipio de Singuilucán Hidalgo, se necesita un estudio formal de las arcillas para proceder a su explotación. El estudio lo realiza la asociación nacional de industrias químicas ANIQ, así como la dirección general de minas DGM, para el estudio se tomaron en cuenta 60 muestras y las muestras se trituraron hasta obtener partículas de diferentes tamaños y se realizaron pruebas de plasticidad, contracción, grado de expansión, color de quemado y refractariedad.

Los resultados de la caracterización indicaron que a menor tamaño se necesita mayor cantidad de agua para lograr casticidad, mientras que para las características de contracción y expansión los menores tamaños dieron los mejores resultados. Finalmente, las arcillas llevadas a temperaturas de 1000°C a 1200°C obtienen la propiedad de refractariedad y estabilidad al choque térmico y las fracturas.

2.1.11 Caracterización de arcilla en las minas de Pomoca.

M. Margarita, J. Miguel, H. leonardo (2008). Realizaron un trabajo de caracterización de arcilla en la localidad de Pomoca en el Municipio de Maravatío Michoacán, la caracterización se realizó por difracción de rayos X, por el método de polvo. Para el estudio se analizaron treinta muestras de 1 kilogramo cada una, las muestras se tamizaron hasta obtener diferentes tamaños de las partículas y se realizaron pruebas de plasticidad, contradicción, grado de expansión, color

de quemado, resistencia al choque térmico, estabilidad y refractariedad. Los resultados indicaron que la arcilla de la zona, cuenta con la propiedad de plasticidad, lo que indica que puede deformarse sin ruptura, también presenta la característica de contracción y el encogimiento varía entre un 5% y 12 % durante las primeras 48 horas. El color de quemado alcanza su mejor estado a 1200°C, la arcilla tiene la propiedad de refractariedad y resistencia al choque térmico.

2.1.12 Caracterización de los ladrillos.

G. Díaz, J. Alberto, M. Andrés (2008). Realizaron una investigación en la que caracterizaron las propiedades de ladrillos empleados en la construcción que datan del siglo 18 y los compararon con las características que hoy día presentan los mismos materiales. La caracterización se realizó en laboratorio de pruebas y se realizaron estudio sobre propiedades físico-mecánicas, porosidad, gravedad, densidad etc. Los resultados de los estudios, muestran una alta porosidad de los ladrillos antiguos y una baja capacidad de resistencia a la compresión, en las pruebas de laboratorio se cuantificaron los componentes presentes en las muestras, mismas que indican que se han utilizado las mismas arcillas y que sólo existen diferencias en los métodos de cocción, así como las temperaturas alcanzadas en este proceso. Al realizar una comparación de los materiales con el objetivo de utilizar el material actual en la reparación de construcciones históricas, demuestra que no presentan las mismas características y según los autores se necesita experimentación para encontrar las mezclas y procesos adecuados para utilizar materiales de construcción con las mismas características del antiguo material.

2.1.13 Estudio de la coloración de ladrillos.

Yepes R., L. Marina, O. Jaime (2006). Realizaron un trabajo en el que se estudia un proceso para la obtención de materiales con un color diferente al rojo tradicional que se fabrica con arcilla con adiciones de un pigmento en un porcentaje no mayor a 5%. En el estudio se utilizaron

arcillas a las que se adicionó un pigmento que se caracterizó previamente, las probetas se fabricaron con una prensa para moldeo. La evaluación del color se realizó en un laboratorio con un espectrómetro en el laboratorio de Cerámico y Vítreos en la Universidad Nacional De Colombia. Las probetas se analizaron en material crudo y cocido y los resultados mostraron que el porcentaje de adición del pigmento es de 5% con temperaturas de cocción que rondan en promedio los 1000°C.

2.1.14 Influencia del Hollín sobre la resistencia a la compresión de ladrillos.

M. Alejandro, M. Leda (2016). Realizaron un proyecto en el que se analiza la posibilidad de adicionar los desperdicios de los procesos de cocción del ladrillo tradicional, desperdicio conocido como hollín en las ladrilleras de Santander Colombia. La arcilla previamente fue caracterizada como lo establece la norma NRS 10. Los estudios de resistencia a la compresión se realizaron conforme a las indicaciones de la norma técnica Colombiana NTC:4017 y los resultados indicaron que una incorporación de desperdicio menor a 60% a la mezcla, esta aumenta la capacidad de la resistencia a la compresión, incluso superando el valor mínimo establecido por la normativa. En el estudio las probetas se moldearon utilizando métodos manuales a tradicionales.

2.1.15 Estado actual de la construcción con arcilla en México.

INEGI, (2020). “Estado actual de la construcción con arcilla en México”.

Estudios realizados recientemente por el INEGI indican que en México existen 34.9 millones de viviendas, de las cuales el 92% están construidas con tabique, ladrillo, Blok y piedra. (INEGI 2020). Esto indica que los productos de barro cuentan aún con una creciente demanda en la actualidad.

2.2 Estado del arte

2.2.1 Estudio comparativo de la resistencia a la compresión, absorción y dimensionamiento del ladrillo.

G. Soto, L. Sánchez (2017). Desarrollaron una investigación en la que se comparan las características de calidad obtenidas en la producción artesanal de ladrillos de arcilla en la región noroccidental de Honduras. Las características de calidad que se analizaron fueron; dimensionamiento, absorción de agua y resistencia a la compresión, la norma técnica de referencia es la norma ASTM C 67, norma que define los correctos procedimientos para desarrollar el procedimiento de muestreo, así como los ensayos de muestras y los resultados cuantitativos que deben demostrarse.

Los resultados de las pruebas indican que la resistencia de los materiales se encuentra dentro de los límites establecidos por la norma, no siendo así para las pruebas de absorción de agua y dimensiones de los ladrillos, esto representa un reto y al mismo tiempo trabajo para realizar con el objetivo de cumplir con dicha normativa. Además, para el desarrollo de las pruebas no se utilizó el muestreo probabilístico, sino el criterio del investigador, lo cual consideró que no resulta en resultados verídicos.

2.2.2 Determinación de la resistencia a la compresión de bloques, utilizando desperdicios de ladrillos artesanales.

J. Muñoz, F. Vera, A. Briones (2019). Realizaron una investigación con el propósito de encontrar la utilización de los desperdicios de los ladrillos utilizados en la construcción (escombros), dichos desperdicios se pretenden utilizar en la fabricación de bloques de arcilla. En el trabajo se analiza el comportamiento de los materiales (bloques), al agregar a la mezcla distintos porcentajes del desperdicio. Para los diferentes porcentajes se elaboraron probetas y se les realizaron pruebas de resistencia a los 28 días de su elaboración, las pruebas de resistencia

se basaron en los requerimientos que establecen las normas técnicas del Ecuador, con el objetivo de determinar la calidad y poder establecer si se cumplen las normativas establecidas para la fabricación de bloques, se realizaron pruebas de contenido de humedad, granulometría, gravedad, y peso unitario.

El resultado de la investigación indicó que el agregado de desperdicios que se puede utilizar es un porcentaje de 5 a 10%, siendo viable e incluso supera la resistencia media de los requerimientos de las normativas. Sin embargo, en la investigación no se describe el procedimiento para determinar el tamaño de muestra representativo, tampoco se mencionan los procesos necesarios para la elaboración de las mezclas previas al prensado de los materiales, ya que en lo personal representa un reto importante la adición de la mezcla de materiales cocidos a las arcillas que se utilizan normalmente en la fabricación de ladrillos.

Propuesta

2.2.3 Análisis y modelado de la transmisión de variabilidad dimensional en un proceso de producción de baldosas.

J. Heredia, M. Gras. (2009). Realizaron una investigación en la que establecen un proceso de prevención de la variación dimensional en las baldosas. La propuesta se basa en un control riguroso en los tres principales procesos que son; pulverizado, prensado, secado y cocción, para reducir la variabilidad de los materiales.

Para analizar la variación dimensional de las probetas se utilizaron los graficas de control, esta técnica da un seguimiento a las muestras pasando por cada proceso de los descritos anteriormente y los resultados mostraron que los procesos de pulverizado, humedad de la mezcla, temperatura de cocción y secado si tienen impacto significativo en la variación dimensional, por lo tanto, el modelo propuesto para la reducción de la variabilidad en las dimensiones de las baldosas. Radica principalmente en poner especial atención al proceso de

pulverización y a la humedad de la mezcla, teniendo como porcentajes de influencia un 43 y 17 % respectivamente.

2.2.4 Determinación de la expansión por humedad de los productos cerámicos empleados en elementos estructurales.

F. De Isidro (2003). Desarrollo un trabajo en el que analiza el fenómeno de la expansión por humedad en los materiales cerámicos, fenómeno que produce el crecimiento de los materiales, cuya magnitud de por sí ya es variable, esta variación dependerá de la composición de las arcillas, los procesos de fabricación, temperatura, procedimientos de cocción y la exposición a la humedad del producto terminado, la variación en su crecimiento será mayor en los días que cercanos a la cocción, hasta lograr una estabilización definitiva.

En el trabajo se establece que los materiales presentan mayor expansión en los primeros días después de la cocción y que el valor aumentará si el ambiente es húmedo, por lo tanto, la colocación de los materiales en los muros o en las obras de construcción debe posponerse hasta que pasen varios días de su cocción (11 a 40 días). También se ha determinado en la investigación que la temperatura de cocción influye directamente en la expansión, las temperaturas de cocción varían entre 1150°C y 1250°C, por último, podría establecerse que hay relación entre la absorción de agua, la porosidad y la composición de los materiales.

2.2.5 Evaluación de materias primas utilizadas en la fabricación de baldosas de gres en el sector cerámico del Norte de Santander.

J. Sánchez, A. Sarabia, D. Álvarez (2016). Desarrollaron una investigación dentro de la industria de la cerámica que elabora todo tipo de productos derivados de la arcilla, ellos consideran que la calidad obtenida comienza por la caracterización y control de calidad de las arcillas. En el estudio se analizaron 3 tipos de arcillas; caliza, chamota y arcilla, arcillas provenientes de la misma zona.

Las materias primas se caracterizaron mediante técnicas que incluyeron ensayos físicos de contracción en secado, contracción en procesos de cocido, pruebas de absorción de agua, pérdidas de masa por calcinación. Las probetas se obtuvieron por los métodos de extrusión y prensado, el comportamiento de las mezclas mostró valores bajos de absorción de agua con temperaturas de cocción entre 1150 y 1250°C. Se concluyó que las materias primas en análisis son aptas para la fabricación de baldosas, siendo una composición de 80% arcilla, 15 % chamota y 5 % caliza con el método de moldeo por extrusión.

2.2.6 Diseño de una prensa hidráulica semiautomática de 25 toneladas para el control de presión en el proceso de prensado de baldosas.

P. Campoverde, L. Amaya (2023). En el desarrollo de la investigación se diseñó una prensa hidráulica semiautónoma de 25 toneladas para controlar la presión en el proceso de prensado de baldosas, el control de presión es fundamental para ofrecer una buena calidad y los parámetros principales para lograrlo, es la correcta elección de el tonelaje, el tipo de prensa y la presión del sistema.

El diseño de la prensa indica que el sistema de prensado puede alcanzar una fuerza que supera las 25 toneladas a una presión de 200 bares, además su estructura no supera los esfuerzos que admiten los materiales después de aplicar la fuerza máxima. Con el estudio se demostró que el sistema hidráulico es capaz de controlar la presión deseada a un rango de 0 a 200 bares y que además es competitiva en costos, operación y mantenimiento.

Para proyectos futuros se pretende incorporar este tipo de tecnología de prensado, ya que para el presente trabajo se ha considerado un prensado manual.

2.2.7 Desarrollo de moldes de prensado con recubrimientos antidesgaste.

F. Tur, J.A. Pérez (2005). Desarrollaron un proyecto en el que desarrollaron moldes en el que emplearon materiales compuestos con carburo de Wolframio, compuestos que aseguran una alta

resistencia la desgaste, con el objetivo de tener recubrimientos con porosidad menor al 1%. En el desarrollo de los ensayos se fabricaron 8 moldes de huecos múltiples, todos los ensayos han superado el promedio de vida de moldes tradicionales.

En un molde utilizado como ensayo, se habían prensado hasta el momento de la investigación aproximadamente un millón de unidades y después de este periodo se observa un deterioro mínimo de en la cara plana del molde, en las paredes no se observó ningún tipo de deterioro, tampoco se observan anomalías que afecten a las piezas durante la extracción, por otro lado, se puede observar el desgaste prolongado de una probeta convencional que afecta al proceso de presado y complica el proceso de extracción de piezas.

En la investigación se demuestra que el empleo de recubrimientos en la fabricación de moldes de prensado duplica la vida útil de los mismos, resultan en porosidades menores a 1%, se justifica el costo de los mismos y facilitan los procesos de extracción de piezas en los moldes. Sin embargo, en la investigación no se consideran aspectos relacionados con el tamaño de la muestra o las investigaciones realizadas o referencias para la elección de los recubrimientos, tampoco se menciona el tipo de prensa o prensado utilizado para desarrollar el estudio.

2.2.8 Evaluación de mezclas de arcilla adicionando ceniza de ladrillera para fabricación de bloque de construcción.

Camila, N. (2017). En el desarrollo de su investigación evalúa mezclas de arcilla adicionándole 2.5%, 5%, y 7.5% de ceniza de ladrillera para fabricar bloques H-10 de construcción, elaborados en la región metropolitana de norte de Colombia. Se realizaron ensayos físico-cerámico, ensayo de absorción de agua y resistencia a la compresión, con el objetivo de obtener las propiedades mecánicas de los bloques siguiendo los parámetros que se establecen en la norma NTC 4205, se determinó que los tres porcentajes de mezclas trabajadas permiten la fabricación de bloques funcionales para mampostería no estructural tanto para uso exterior como interior, siendo aptos

para la producción, en la investigación muestra una disminución de los costos de producción comparados con los bloques convencionales(C. Negrón 2017).

2.2.9 Análisis comparativo del proceso de fabricación elaborado a mano y el bloque compactado.

H. López. (2013). Realizó una comparación del proceso de moldeado tradicional o manual del material de barro conocido como tabique recocido rojo, contrastándolo con el material compactado con prensa manual. La finalidad del estudio fue determinar cuál de ellos representa la opción con mayores ventajas comparativas para aplicarse en la construcción de viviendas.

Los resultados del estudio indicaron que para los dos procesos el personal que interviene en el proceso no requiere conocimientos especializados para la fabricación, en cuanto a los tiempos de trabajo se determinó que el compactado con prensa tiene menores tiempos entre los procesos de secado, también se detectó que en la variable productividad la fabricación manual realiza un mayor número de piezas, esto debido a que su proceso artesanal, carente de metodología, agiliza el proceso de fabricación de acuerdo a la naturaleza de proceso.

La variable calidad determinó, que el moldeado con prensa presenta mayores ventajas competitivas, basado en los resultados, para evaluar la calidad estética de los materiales se utilizó una Matriz de Evaluación de Alternativas, en la cual se observó una calificación más alta para el moldeado con prensa y se confirmó en el análisis de resistencia a la compactación.

2.2.10 Influencia de la molienda húmeda en el comportamiento estructural y mecánico de productos cerámicos conformados por extrusión de una arcilla en la región Norte de Colombia.

Marlyn, P. Yury, P. Leonardo, C. (2019). Realizaron un estudio en el que se analiza el moldeado por extrusión, el método más popular en el sector cerámico, a lo que le sigue un procedimiento de sinterización a temperaturas entre 900° y 1200°. En el desarrollo experimental se utilizaron

probetas para crear muestras sujetas a análisis, para las muestras se probaron dos mezclas preparadas para moldeo en seco y húmedo. Se evaluaron aspectos como el comportamiento estructural, la resistencia mecánica y características tecnológicas como compactación y contracción, entre otros. Según los resultados, la molienda húmeda mejora las cualidades mecánicas y estructurales, reduce la porosidad un 18% y optimizando en un 72% la resistencia a la compresión.

La molienda en húmedo mejora el proceso de secado y cocción, reduciendo las contracciones en un 34%, esto reduce la posibilidad de ocurrencia de los problemas de alineación y diferencias significativas en las dimensiones de los productos. La temperatura de cocción del estudio osciló entre 900°C y 1200°C.

2.2.11 Estudio comparativo de las técnicas de extrusión y prensado como procesos de conformado de cerámicos para uso en la construcción.

Jhon, G. Rafael M. (2013). Realizaron un estudio que examina los principales factores de control en el proceso de producción de piezas cerámicas, empleando técnicas de modelado como la extrusión y el prensado. En el estudio se utilizaron muestras de arcilla procedentes de las dos capas de roca expuestas de la zona. Al examinar los métodos de prensado y extrusión para el modelado de piezas cerámicas, se observa que, el método de extrusión permite un secado más rápido en comparación con el prensado, mientras que el método de prensado resulta con menores desviaciones en los procesos de secado y cocción, lo que representa mejor calidad en los procesos de construcción. La extrusión se realizó en una extrusora al vacío y el prensado en una prensa hidráulica, las probetas se cocieron a una temperatura entre 980°C a 1180°C. Las pruebas que se realizaron fueron absorción de agua, resistencia y pérdida de volumen durante la cocción.

2.2.12 Beneficios del material prensado.

La arcilla compactada presenta gran porcentaje de masa térmica, tiene la capacidad para guardar calor. (G. Vélez 2010) en su trabajo de arquitectura del barro, menciona que esta característica constituye un invaluable recurso, debido a que, en temporadas donde la temperatura disminuye drásticamente, las paredes son un recurso que guarda calor de los rayos del sol, que después se distribuye en el interior de las construcciones compensando las bajas temperaturas y siendo parte medular para regular la temperatura en las construcciones.

Por otra parte, en temporadas de verano los materiales arcillosos prensados poseen características que impiden el sobre calentamiento de los muros en las construcciones, si durante la noche las temperaturas bajan notablemente en comparación con el día, los muros respiran hacia el exterior el calentamiento que se acumula durante el día.

2.2.13 Prensas.

El mecanismo utilizado en la mayoría de las industrias de trabajo para incidir en la deformación de diversidad de materiales en frio y algunos en caliente, se conoce como prensa. Toda operación que necesita en su procedimiento presión para forjar, embalar o embutir y funciona por medio de un bastidor que soporta una bancada y un ariete, necesita de una fuente de potencia y accionar un mecanismo para deslizar el ariete con relación a la bancada.

Una prensa se compone de matrices y buriles que se diseñan para ciertas tareas específicas. La mayor parte de operaciones de conformado, doblez, punzonado o cizalla, se pueden realizar en cualquier prensa si se respetan los componentes principales. El funcionamiento rápido de una prensa, depende del tiempo necesario para la alimentación del proceso, por lo tanto, si se presta la debida atención en este proceso, resulta en bajos costos de producción.

Para alcanzar el estado actual de la tecnología de la prensa, se ha tenido que aplicar, combinar, y desarrollar una amplia gama de métodos, distintos fundamentos teóricos y varias aportaciones

individuales, su evolución no ha seguido un camino lineal debido a infinidad de variaciones observadas en los diferentes campos de aplicación. Las prensas tienen la capacidad de adaptación para las diferentes formas de producción en masa, como lo son el campo de la manufactura de automóviles, aviones, ferretería entre otros. (Agustín, 2013).

2.2.14 Resistencia a la compresión de adoquines de hormigón. Resultados tendientes a validar el ensayo en medio adoquín.

En la investigación desarrollada se pretende validar pruebas de resistencia a la compresión de medio adoquín, al tratarse de pruebas destructivas, se trata de desperdiciar la menor cantidad de productos. Los adoquines se moldean mediante una vibro prensa, en un equipo que vibra, moldea y compacta automáticamente. La presión del equipo lo determina la resistencia que se espera de los adoquines.

Para el análisis de control de calidad, se desarrollan pruebas de resistencia a la compresión, en un lote de 5000 unidades, se analiza una muestra de 9 adoquines, en el análisis experimental del artículo. Se sometieron a prueba de resistencia 4 muestras de adoquines enteros y 4 medios adoquines y después de desarrollado el experimento, se llegó a la conclusión de que, si se sigue el mismo procedimiento y materiales, el ensayo de resistencia se puede realizar en adoquines completos como en medios adoquines, reduciendo el número de pruebas destructivas (Vila, Pereyra, & Gutiérrez, 2017).

2.2.15 Influencia de las materias primas y de la técnica de moldeo en la fabricación de productos cerámicos tipo gres.

En el estudio se analiza la conveniencia de los métodos de extrusión y prensado aplicado al moldeo de material arcilloso y la cal proveniente de minas aledañas a la zona metropolitana de la Ciudad de Cúcuta, también se estudia la posibilidad de utilizar material desperdicio o merma de la actividad de cocción para formación de probetas muestra de las baldosas. Luego de

finalizado el proceso de conformación y prensado en los cerámicos en un rango de 1050° a 1250°, se midió el impacto de las diversas mezclas producidas en las propiedades tecnológicas, abrasión profunda y resistencia mecánica a la flexión, de acuerdo con las normas técnicas colombianas.

Con el objetivo de empatizar los impactos producidos por las materias primas y el método de moldeado de extrusión y prensado, los productos resultados de la cocción fueron analizados mediante difracción de rayos X y microscopia electrónica de barrido. Los resultados muestran que la técnica de conformado y composición mineralógica de las muestras tienen un impacto en las propiedades tecnológicas consideradas durante la fabricación de cerámica de gres. El método de extrusión facilita un desarrollo más rápido de la fase de vidrio y acelera la caracterización a alta temperatura. (Álvarez Rozo, Sánchez Molina, F. Gelves, 2017).

2.2.16 Diseño y fabricación de ladrillo reutilizado.

M. Amariz, A. David, M. Liliana. (2014). Desarrollaron un proyecto en que se desarrolla un ladrillo elaborado con cemento y desperdicio de Pet. La propuesta se desarrolla como una alternativa para reducir el impacto que genera al medio ambiente los procesos de cocción en hornos del ladrillo tradicional o artesanal. En el desarrollo del proyecto de desarrollaron diferentes proporciones de cemento y pet para el desarrollo de las probetas sujetas a muestra, se desarrollaron un total de 45 muestras con las diferentes proporciones de los compuestas, resultando la mejor opción utilizar una mezcla con 70 % cemento y 30% Pet molido.

Las pruebas de resistencia se realizaron conforme lo indica la Norma NTC 673; norma que indica el esfuerzo mínimo de un bloque para construcción, las pruebas de resistencia realizadas indican resistencia mayor en un 20% con respecto a los ladrillos de barro fabricados con métodos tradicionales.

2.2.17 Evaluación de las propiedades de ladrillos de arcilla con incorporación de residuos agrícolas.

E. González, L. Lizárraga (2015). En su trabajo realizado, buscan una posible utilización de desperdicios de agricultura como una adhesión a la mezcla en la fabricación de ladrillos. Los desperdicios agrícolas dependen de la zona y de las actividades agrícolas de la misma. El trabajo se ha desarrollado en el Municipio de Chiapa de Corzo, Chiapas. Los desperdicios de la zona en respecto a la actividad agrícola son, desperdicios de café, cáscara de coco y desperdicios del maíz, el uso se busca debido a que los desperdicios abundan en la región. En el estudio se realizaron probetas con diferentes porcentajes de adhesión de desperdicios y se realizaron pruebas de resistencia a la compresión y absorción de agua. Las pruebas se realizaron conforme a la norma N CMT 2 NMX-2012. Los porcentajes utilizados en las mezclas son de 4%, 8% y 12% a temperaturas de cocción de 800°C, 900°C y 1000°C y los resultados después de las pruebas, indican que la temperatura ideal para la cocción es de 900°C y el porcentaje de adición de desperdicios es de 4%.

2.2.18 Influencia en la resistencia a la compresión de hormigones.

M. Gómez, S. Vidal (2006). Desarrollaron un trabajo en el que analizan el impacto que tiene la temperatura ambiente en la resistencia de hormigones, estudios previos indican que temperaturas extremas cercanas a 0°C y superiores a 35°C afectan a la resistencia a la compresión de hormigones. En el estudio se analizaron 778 muestras compuestas por 3 probetas por muestra. Las pruebas de resistencia a la compresión se desarrollaron en el lapso de vida de 7 a 28 días de los hormigones. Las temperaturas que se consideraron para el trabajo de estudio fueron las mayores a 5°C y menores a 35°C y la norma técnica de referencia fue la norma Chilena NCH 1017 para la confección y curado para el hormigón. Los resultados indican que la temperatura ideal para la realizar el hormigonado es entre 15°C a 20°C.

2.2.19 Efecto de la adición de biosólido sobre la resistencia de los ladrillos.

M. William, A. Gómez, G. Camargo (2015). En su trabajo evaluaron la adición de biosólido a la mezcla utilizada para la fabricación de ladrillos de arcilla. Como un primer paso realizaron la caracterización de las arcillas y del biosólido. Se desarrollaron probetas con diferentes contenidos de la adición, con hasta un 15%. En el estudio se realizaron las muestras con las dimensiones estandarizadas según lo indica la norma técnica NTC 296.

Las probetas se cocieron a temperaturas de entre 950°C y 1050°C, a las cuales se le realizaron pruebas de resistencia a la compresión de acuerdo a la norma NTC 4017. Los resultados después de realizadas las pruebas, indicaron que la incorporación del biosólido en un 10% presenta excelentes resultados, debido a que en las muestras se observó mayor resistencia a la compresión, menor plasticidad y reducción en la contracción en el secado, el inconveniente que se analiza del estudio, es que aumentó la absorción de agua y por lo tanto no es recomendable para su utilización en mampostería.

2.3 Marco teórico

2.3.1 Estudio de la relación entre la fuerza de prensado y la absorción de agua.

El trabajo realizado ilustra el impacto de la presión de prensado en la absorción de agua, con el objetivo de establecer las condiciones óptimas de trabajo basadas en los criterios internacionales necesarios que se necesitan para los productos cerámicos de porcelana. El prensado en polvo es uno de los métodos más utilizados para dar forma a diferentes productos u objetos, este método se utiliza para crear composiciones que pueden contener o no arcilla, como ladrillos con características refractarias y cerámicas electrónicas y magnéticas. Es posible prensar en estado plástico semiseco o seco en tres tipos principales de prensas que se pueden utilizar para este proceso; prensas hidráulicas, prensa mecánica y prensas isostáticas.

“Con el aumento de la fuerza de prensado, se disminuye la absorción de agua. Esto debido a que, al aumentar la presión, los espacios entre los gránulos de polvo se vuelven más pequeños.” Las temperaturas de quema que se utilizaron en el estudio fueron de 1210°C (León Ortiz & Juan Pablo, 2011).

2.3.2 Incorporación de maquinaria para el mezclado y prensado del material de barro.

La fabricación artesanal de ladrillos tiene una limitada comprensión y caracterización de los materiales y materias primas por las que se compone, esto ocasiona defectos durante todos los procesos desde la preparación de la mezcla, moldeo, secado y cocción. **T. Chicaiza, J. Carlos. (2025)**, desarrollaron un estudio para encontrar factores clave para la obtención de calidad en ladrillos de barro y cumplir con las normativas técnicas Ecuatorianas NTE INEN.

El estudio demostró que los procesos tradicionales de producción no aseguran el cumplimiento de las propiedades conforme a las normativas técnicas ecuatorianas en términos de resistencia a la compresión y flexión, estando por debajo de los requerimientos en déficits de del 9 y 11% respectivamente. También en el estudio se demuestra que la incorporación de maquinaria para la elaboración de la mezcla, así como la incorporación de una prensa para moldeo reduce los indicadores a un 1%. Por lo tanto, se puede establecer que la incorporación de maquinaria mejora la calidad de los productos de barro.

2.3.3 Mecanización para la producción de los ladrillos artesanales.

La implementación de mecanismos para el moldeo de materiales de barro, mejora las propiedades físicas y de resistencia. Los procesos artesanales de moldeo de materiales de barro pueden mejorar mediante la mecanización de operaciones de prensado de los mismos, **M. Cún, A. Barriga (2010)**, realizaron un estudio para comparar la resistencia a la presión y porcentaje de absorción de agua, comparando la producción artesanal o manual vs la incorporación de una prensa extrusora mecánica y los resultados indicaron resistencia a la compresión superior en un

36% del prensado mecánico y reducción del tiempo de secado en un 50%, por lo tanto, es recomendable la utilización del prensado en la fabricación de materiales de arcilla si se busca mejorar la calidad.

2.3.4 Mejora de la calidad estructural de los ladrillos artesanales.

La principal desventaja de la fabricación artesanal de material de barro, radica en la cocción irregular de los materiales, así como la presencia de humedad. La falta de cocción y la humedad ablandan y descomponen los ladrillos en un periodo de tiempo relativamente corto por esta razón **W. Arquíñigo (2011)**. Experimentó la teoría de la adición de aserrín a la mezcla previa al prensado del material de los ladrillos, la teoría establece que la adición de aserrín a las pastas cerámicas, permite la circulación de aire caliente en el interior de los ladrillos, acelera los procesos de secado y controla la contracción de los materiales. El autor establece que la adición de aserrín en un porcentaje de 10 % cumple con las especificaciones de las normas técnicas y este trabajo ha permitido que el ladrillo artesanal cumpla normas que se planteaban sólo para la producción automatizada.

2.3.5 Influencia de la porosidad en el comportamiento de los materiales.

El uso de polvos en la fabricación de materiales trae la necesidad de conocer su comportamiento a la fatiga, así como su influencia en la porosidad presente en los mismos. Existen muchas teorías que tratan de explicar cómo influye la porosidad en el comportamiento a fatiga de los materiales, no obstante, la teoría más aceptada es la de **M. Anderson (2011)**, la cual supone que el límite de la fatiga en un material poroso comienza fracturarse en los defectos (poros) de mayor volumen.

La magnitud y la geometría de la porosidad influye en el límite de fatiga, la esfericidad de los poros es capaz de soportar mayor presión en comparación con los poros alargados. La respuesta a la tensión de un material poroso tiene una gran dependencia al tamaño de los poros, para

aumentar la resistencia de los materiales es necesario entonces, disminuir lo menos posible la porosidad de los materiales, así como estudiar su geometría.

2.3.6 Aptitud a la expansión térmica de las arcillas.

C. Karyn, G. Jorge (2006). Realizaron un proyecto para analizar en pruebas de laboratorio la capacidad de expansión térmica de diferentes muestras de arcillas en las que se vario la temperatura de cocción y modificando los componentes con la adición de agentes que promueven la expansión térmica. El procedimiento se realizó en cuatro etapas, desde la preparación, caracterización, después de realizaron pruebas de quema y quema de pruebas, tomando como criterio de expansión térmica en el cambio de volumen de las muestras y realizando pruebas de densidad, porosidad y absorción de agua conforma a la norma técnica NTC 864. Los resultados mostraron evidencia significativa para afirmar que las arcillas del norte de Colombia tienen la capacidad de expansión térmica, sea arcilla natural o con adición de expansivos naturales en temperaturas de quema de entre 1100°C a 1300°C.

2.3.7 Propiedades físicas y mecánicas de los ladrillos macizos.

G. Afanador, G. Guerrero, R. Monroy (2012). Realizaron un trabajo en el que evaluaron las propiedades físicas y mecánicas de los ladrillos fabricados en el Municipio de Ocaña Colombia. Primero realizaron una caracterización física de las arcillas utilizadas como materia prima y después desarrollaron pruebas destructivas y no destructivas que se seleccionaron de diferentes productores de la zona conforme lo indica la norma técnica Colombiana NTC-4017 y enfocándose principalmente en los módulos de elasticidad y la resistencia a la compresión. Los resultados de la caracterización indican que la arcilla de la región contiene un porcentaje arenoso que equivale al 81% aproximadamente, por lo tanto, los productos derivados son clasificados como materiales arenosos inorgánicos de baja plasticidad, debido a esta condición los ladrillos no cumplen la resistencia mínima establecida por la norma técnica

2.3.8 Arcilla

Una definición que puede considerarse como la más idónea, es la que propone (Rhodes, 1990).

La cual menciona que la arcilla es un compuesto de minerales y sustancias gelatinosas que se formaron mediante la desintegración químicas de rocas volcánicas porosas.

La arcilla es el resultado de los procesos geológicos de envejecimiento del planeta. Estos procesos, son continuos y ocurren en todo el planeta, se consideran materiales que se encuentran en toda superficie, que poseen características distintivas y de gran valor, que además son muy abundantes.

Las arcillas son partículas que tienen un diámetro de menos de 0.005mm. también se conocen como minerales que se formaron hace millones de años y que presentan diferentes características que los conforman y que tienen relación con la evolución de la tierra. Cuando la arcilla se mezcla con agua se transforman en pastas dúctiles y maleables a las que se le pueden dar diversidad de formas cuando la pasta está húmeda. Ya en la forma deseada, se endurece y seca para posteriormente realizar el proceso de cocción. “para los artistas, artesanos, la arcilla representan los pigmentos que le permiten expresar mediante formas y composición un estado de alma o de conciencia que puede ser bello”. (J, Domínguez. I, Schifter. 1995).

Para (Leal. 1997). Arcilla es un material natural que al mezclarse con una cierta cantidad medida de agua, se transforma en una pasta plástica que puede convertirse en diferentes formas. En un contexto económico las arcillas son un grupo de minerales con propiedades diferentes mineralógicas, con genética, con características tecnológicas y aplicaciones, por tanto, la arcilla tiene diferentes connotaciones y tamaños de partícula.

Cérdan M (2020). Se refiere a las arcillas como pasta que tienen diferentes colores según la cantidad de metales e impurezas en su contenido, estas pueden ser rojas, anaranjadas, etc., hasta un blanco cuando se considera pura o lavada. La arcilla es considerada una emulsión de

partículas casi insignificantes y de superficie lisa. Los diámetros de las mismas son menores a 0.0039 mm. Según la química son un silicato hidratado de alúmina.

2.3.9 Arcillas cerámicas

Se conocen como arcillas cerámicas los materiales arcillosos que se utilizan en las industrias para la fabricación de productos cerámicos. Se sabe que a la industria de la cerámica es la que se encarga de fabricar diferentes productos a partir de procedimientos artesanales o automatizados que utilizan como base la arcilla. La arcilla cerámica se clasifica según su uso industrial o los productos que se pueden realizar, lo que es el resultado de su composición química, minero lógico y su textura. (Díaz, 2002)

2.3.10 Arcillas Comunes

Este tipo de arcilla es el que se utiliza principalmente en la industria de la construcción, para la fabricación de diferentes tipos de ladrillos como lo son los lisos, huecos o con diferencias en las caras, también se utilizan para elaborar tejas, azulejos, gres y revestimientos. Son también empleadas en el sector de la alfarería, en la del cemento y como agregado ligero. El color rojo es la principal característica, esto se origina por tener un alto contenido en óxidos de hierro en un 2% y hasta un 5%. (Díaz, 2002)

2.3.11 Arcillas especiales

Las arcillas especiales son arcillas comerciales con mineralogía específica y propiedades físicas diferenciadas, se componen de diferentes grupos de minerales de arcilla, con un origen geológico muy relacionado entre sí. Las propiedades son altamente competentes y en ellas destacan su alta superficie específica y un alto poder de absorción. El análisis de este tipo de arcillas se dificulta por una diversidad de nombres comerciales que se les asignan, en algunas ocasiones se relacionan con el lugar de procedencia. (Díaz, 2002)

2.3.12 Caolines

Son un sub grupo de las arcillas cerámicas que de igual forma tiene gran variedad de aplicaciones en la industria. El origen de su nombre hace referencia a la expresión China “Gauling”, que significa montaña alta, el caolín es un tipo de roca que se compone principalmente de materiales arcillosos con bajo contenido de hierro y que su color es blanco o muy cercano a él, también se pueden definir como silicatos hidratados de aluminio, es un tipo de roca que se utiliza para fabricar cerámica Blanca. (Díaz, 2002)

2.3.13 Tipos de procesos de fabricación de ladrillos

(J, Barranzuela 2014) Clasifica en tres los tipos de procesos de producción de ladrillos. El primero es la fabricación artesanal, es este tipo de proceso el ladrillo se fabrica o moldea utilizando esencialmente las manos de los artesanos, tiene un acabado conocido como rustico que presenta variaciones de un producto a otro, ya sea en dimensiones o acabado superficial. El segundo tipo que define el autor, es la fabricación semi industrial, en este tipo de procedimiento el material se fabrica con procesos manuales, dónde el moldeo se realiza con ayuda de maquinaria simple, algunas veces extruye a baja presión, su característica es que presenta una superficie completamente lisa.

La tercera clasificación es la fabricación Industrial, los ladrillos son elaborados con maquinarias que realizan todos los procesos como; amasado, moldeo y prensado, es decir es un proceso completamente automatizado y las características de este tipo de proceso, es que presenta uniformidad y calidad aparente y de resistencia.

2.3.14 Prensa mecánica

La prensa, también conocida como prensa mecánica, es un dispositivo que utiliza un volante para almacenar energía por medio de la inercia. (L. Ortiz 2011) menciona que la energía se transmite de forma mecánica o neumática con un sistema de manivela o una matriz de molde.

El ángulo en el que se aplica la fuerza, determina cuanta fuerza produce durante su recorrido, cuanto más cerca esté el punto de aplicación, más fuerza se produce durante su recorrido.

Para obtener un movimiento y ventaja productiva, la prensa se construye con acciones específicas sobre el mismo eje del volante con su accionamiento. El volante es accionado por un motor cuyo peso es proporcional a la potencia de la máquina, se va liberando energía según la acción que se necesita realizar como corte, dobléz o embutido. (García León, R. A., Flórez Solano, E., & Acosta Pérez, M. A., 2021).

2.3.15 Prensa hidráulica

La prensa hidráulica es un sistema que utilizan para su funcionamiento la presión de aceite, en este tipo de prensas usualmente el aceite se suministra a baja presión hasta impactar con las piezas de trabajo y después en la fase final se incrementa la presión. Su principal característica es que mantiene un movimiento con alta presión y genera una potencia compresiva que se impulsa por una burbuja de aire para una mayor presión (García León, R. A., Flórez Solano, E., & Acosta Pérez, M. A., 2021).

2.3.16 Prensa neumática

La prensa neumática es una máquina que se sirve de aire comprimido para generar fuerza o energía que permite el funcionamiento u accionamiento de mecanismos, para estampar o dar forma a materiales como el metal, aprovechando el aire en lugar de la energía eléctrica o hidráulica, al ser un sustituto a las principales fuentes de energía se considera muy conveniente en los procesos de fabricación. (L, Carolyn 2024).

2.3.17 Prensa eléctrica

La prensa eléctrica es un dispositivo que tiene diversidad de usos como son: corte, forjado, mezclado, o prensado de cualquier tipo de material. Es polivalente en la obtención de piezas en las formas deseadas para aparatos electrónicos, en la industria automotriz, entre otros. Con la

prensa eléctrica se puede aplicar mucha fuerza para facilitar los procesos de fabricación, es un sistema flexible, mejorado, en general más eficiente. (García León, R. A., Flórez Solano, E ., & Acosta Pérez, M. A., 2021).

2.3.18 Muestreo

(Hernández. Carpio, 2019), definen el muestreo como, una técnica para la investigación herramienta científica, cuyo objetivo principal es determinar la cantidad de muestras que se deben analizar de una población. También (Westreicher, 2023), define muestreo como el proceso en el que se estudian a ciertos elementos de una población para realizar análisis y sacar conclusiones verídicas.

2.3.19 Muestreo aleatorio

(Casal y Matew, 2003), Definen el muestreo aleatorio, “como el tipo de muestreo en el que todos los elementos tienen la misma probabilidad de ser elegidos”. En este tipo de muestreo los elementos que conforman la muestra se eligen al azar utilizando la aleatoriedad. Hay diversidad de procedimientos para desarrollar la aleatoriedad, las más comúnmente utilizadas son las tablas de números aleatorios o las generadas por ordenadores. Es muy común utilizar el muestreo aleatorio simple, aunque se puede desarrollar también el muestreo sistemático, el estratificado o el de conglomerados o áreas.

2.3.20 Muestreo aleatorio simple

(Walpole, Myers, & Myers, 2012) define el muestreo aleatorio simple como el procedimiento en el cual, determinada población tiene la misma oportunidad para ser objeto de estudio. En algunos casos se puede utilizar tablas de números aleatorios para la elección de la muestra y la principal ventaja de este método es que evita problemas de sesgos en las características de una población en la que se quiere realizar inferencias estadísticas.

2.4 Marco conceptual

2.4.1 Prensa

Es el mecanismo que se utilizar en la mayoría de operaciones en frío y algunas en caliente. Se forma de un bastidor que sujeta una bancada, un ariete y que por medio de una fuente de potencia da formas deseadas a diferentes productos. (G. Bvaresco 2013).

2.4.2 Apalancamiento

El apalancamiento hace referencia a la utilización de los principios de la física para aumentar la fuerza que se aplica y que permite la generación de presión mucho mayor a la que un ser humano puede ejercer directamente. La prensa se utiliza en las industrias de manufactura para sujetar partes, en aplicaciones especiales la fuerza aplicada debe tener especial atención para asegurar la calidad y al mismo tiempo los materiales. (P, Graciela, 2017).

2.4.3 Ladrillos Prensados

Los ladrillos prensados, son un tipo de ladrillos mejorados que se realizan con ayuda mecánica y que son utilizados en mayor medida en trabajos en los que no llevan agregados ni accesorios. Algunos trabajos no aceptan un acabado rustico, a diferencia de procesos manuales, el ladrillo prensado ofrece mayor resistencia, uniformidad y color. (M, Judith, 2017).

2.4.4 Ladrillo macizo.

Son piezas o productos que se utilizan en las construcciones, las cuales no presentan en su estructura huecos, se fabrican con arcilla y moldes que les aportan solidez y resistencia. Son utilizados en construcciones que requieren soportar mayor carga en su estructura, las medidas son muy variadas, la medida más común es la de 7 cm alto, 14cm ancho y 28cm largo. (M, Judith, 2017).

2.4.5 Porosidad

Es una propiedad de los materiales que depende en gran medida de los tamaños en los que se trabajan las arcillas, cuando se humedecen las arcillas los granos se unen con otros, resultando en una pasta que acumula agua entre ellas, la porosidad también será mayor o menor si se realizan o no correctamente los procesos de compactación y moldeo. La porosidad permite la acumulación de agua, humedad y moho. (J. Barranzuela 2014)

2.4.6 Manufactura

Manufactura significa la transformación de materiales en productos, mediante procesos físicos y químicos son transformados, es la conversión de materia en productos por medios como maquinaria, métodos, energía y mano de obra. Estos productos se brindan al mercado, puede ser un bien de consumo final o una herramienta para otras industrias. (A, David, 2023)

2.4.7 Ladrillo

Material cerámico para la construcción con seis caras planas, con dimensiones diseñadas para que los puede tratar un trabajador con una sola mano, se forma con arcilla plastificada, secada y cocida, que presenta características importantes como durabilidad, resistencia y facilidad en los acabados, en las edificaciones donde se utiliza, existen menos fisuras que cuando se utilizan otros materiales. (Geometric Arquitectos 2021)

2.4.8 Diseño CAD

Diseño CAD es el uso de ordenadores para creación, modificación, análisis y documentación de representaciones bidimensionales o tridimensionales de objetos o productos físicos como una opción diferente a los borradores manuales y a los prototipos. Es muy utilizado por los desarrolladores de productos funcionales de objetos tridimensionales, las creaciones se pueden modificar dinámicamente hasta en cada detalle de un producto, pieza o ensambles. (Digital Industries Software, 2025)

2.4.9 Calidad

La calidad es la capacidad que tiene un producto o un servicio para cubrir o cumplir el objetivo o fin para el que fue creado y por lo tanto cumplir cabalmente las necesidades de los consumidores, se logra la calidad cuando un bien cumple con todas las especificaciones y requerimientos definidos, no existen defectos y su realización es a la primera. (M. Juran 2016)

2.4.10 Resistencia

Capacidad o magnitud específica de un material para soportar una fuerza o una carga que se le aplica sin descomponerse en fragmentos. Esta propiedad establece como reacciona un material bajo tensión, se analiza la resistencia para garantizar que una estructura se mantenga segura y que su vida útil sea la prevista. La resistencia también se relaciona con la elasticidad y plasticidad de los materiales. (Gobierno de México, 2023)

2.5 Marco legal

La fabricación artesanal del material de barro puede estar sujeta a normas, especialmente cuando los productos fabricados están en contacto con alimentos, también para asegurar la calidad y proteger el patrimonio cultural. Las normas de calidad se enfocan en asegurar que los productos de alfarería cumplan ciertos estándares de fabricación y calidad, mientras que las normas de seguridad establecen los límites para el plomo y cadmio en artículos de cerámica y alfarería para proteger la salud pública.

En la región donde se desarrolla el proyecto, específicamente en la Tenencia de Tzintzingareo Municipio de Irimbo Michoacán no se elaboran productos que estén en contacto con alimentos y la utilización de la presa está enfocada a materiales que se elaboran para la construcción, también es importante mencionar que en la región no se cuenta con cerámicas consideradas patrimonio nacional como la “Talavera en Puebla, México”, las arcillas utilizadas para la fabricación solo se clasifican en barro (negro, blanco, rojo y arenoso), por lo tanto está exento

de regulaciones extraordinarias en su fabricación, y las normativas que aplicarían al desarrollo del proyecto se describen a continuación.

2.5.1 Norma ISO 13006:2018

Es una normativa que reúne y rige las definiciones, clasificaciones, características y revestimientos de los cerámicos, especialmente para productos de la mejor calidad comercial. Esta norma no es aplicable a materiales fabricados en procesos distintos a los elaborados en procesos de extrusión o prensado en seco.

Es una referencia en el sector de las baldosas a nivel mundial, establece las especificaciones y directrices técnicas que aseguran y garantizan la calidad y seguridad de los productos. Para empresas exportadoras cumplir con la ISO 13006 no solo garantiza que sus productos son de alta calidad, si no que facilita su entrada a mercados internacionales. La norma ISO 13006 define las características, clasificaciones y requisitos de mercado para las cerámicas de alta calidad y se relaciona con la norma ISO 10545, la cual detalla los métodos de ensayo específicos para verificar esas características y asegurar que se cumplan.

2.5.2 Norma ISO 10545

La norma Norma ISO 10545, establece los métodos para la determinación de las propiedades de las baldosas cerámicas, como las dimensiones, calidad superficial, resistencia a la rotura, absorción de agua y otras características físicas y químicas. Esta serie de normas se divide en varias partes, cada una enfocada en un aspecto específico de las baldosas cerámicas, permitiendo su clasificación y uso adecuado.

Según la norma la fiabilidad y durabilidad de los productos depende en gran medida de la baja absorción de agua, esta es crucial para prevenir problemas como manchas, moho y daños por heladas, lo que aumenta la durabilidad de las baldosas, especialmente en baños, cocinas y exteriores.

Principales de la serie ISO 10545 aplicables al proyecto de investigación.

- ISO 10545-2: Especifica los métodos para determinar las dimensiones y la calidad de la superficie, como el largo, ancho, espesor, rectitud de los bordes, ortogonalidad y planaridad de la superficie.
- ISO 10545:3 Detalla los métodos para determinar la absorción de agua, la porosidad aparente y la densidad aparente de las baldosas.
- ISO 10545: 4 Establece los procedimientos para medir el módulo de rotura y la resistencia a la flexión de las baldosas.

Capítulo III. Metodología de la investigación

3.1 Naturaleza de la investigación

En la tesis se desarrolla una metodología de investigación con enfoque cuantitativo y cualitativo.

El desarrollo de los dos enfoques es determinante para el cumplimiento de los objetivos de analizar y comparar los métodos de producción de producción tradicional del material de barro vs la incorporación de una prensa de moldeo.

En el enfoque cuantitativo, la investigación se centra en la evaluación y comparación de muestras resultantes de los métodos de producción en cuestión, los factores medibles que incluye el estudio es el dimensional, del peso de las muestras, así como un análisis de absorción de agua de los productos, con el análisis correcto de estos criterios se tendrá información para comprobar la hipótesis planteada.

El enfoque cualitativo, se desarrolla para comprender y tratar de contrastar uno de los criterios más importantes que es la calidad estética de los productos, es importante el mencionar que la calidad estética de los productos de barro es un factor subjetivo para las personas en general, pero los involucrados en el proceso de producción y distribución, cuentan con la experiencia necesaria para identificar un producto con buena apariencia, con un acabado completamente relleno, liso y fino.

3.2 Tipos de investigación

El proyecto abarca diferentes tipos de investigación para su correcto desarrollo y cumplimientos de los objetivos, primero se realiza una investigación documental y de campo, para a través de la consulta de información en documentos se pueda contar con información confiable para fortalecer el proyecto, a la par de desarrollará una investigación de campo para identificar oportunidades de mejora que contribuyan a la realización de mejoras en la prensa para moldeo.

También se desarrolla en el trabajo la investigación aplicada, en la que, a partir de los avances y resultados de las investigaciones, se pueda enriquecer la práctica y se puedan tomar las mejores decisiones al momento de desarrollar la prensa para moldeo, así como el desarrollo de las mejores prácticas que contribuirán a los buenos resultados obtenidos.

3.3 Técnicas y herramientas de investigación

Las técnicas que contribuirán al cumplimiento de los objetivos, son la observación y el análisis de documentos. Dichas técnicas se desarrollan en la investigación documental y de campo, con lo cual se analizarán trabajos relacionados con el tema, se identifica con la técnica de análisis documental, estudios que se han realizado en campo tanto de la fabricación de materiales cerámicos, como en los diferentes tipos de mezclas y prensas utilizadas.

Con la técnica de la observación, se analizan las formas de prensado del material de barro, así como los diferentes tipos de prensas utilizadas, con el objetivo de identificar oportunidades de mejora, para el diseño y fabricación de la prensa que será el resultado principal del proyecto.

3.4 Población y muestra

Para el desarrollo del análisis se utilizó la técnica del muestro estadístico, (Hernández y Carpio, 2019), define muestreo como, una herramienta de la investigación científica que tiene como principal propósito determinar la parte de la población que se debe estudiar. También (Westreicher, 2023), define muestreo como el procedimiento mediante el cual se toman a ciertos individuos que pertenecen a una población que está siendo sujeto de un análisis.

A continuación, en la Tabla 1, se presenta la información para la determinación del tamaño de la muestra, con el objetivo de determinar la parte de la población “cuantos productos” se deben estudiar. Desarrollando la propuesta para el muestreo aleatorio.

Tabla 1

Información del tamaño de la muestra.

Tamaño de la población (lotes de producción).	Nivel de confianza.	Porcentaje de error.	Porcentaje de desviación.
120	95%	5%	0.5

Nota: Se estima un nivel de confianza de 95% y un porcentaje de error de 5%.

A continuación, en la figura 1, se muestra la fórmula general para la determinación del tamaño de la muestra cuando se conoce el tamaño de la población en estudio.

Figura 1.

Fórmula para determinar el tamaño de la muestra.

$$n = \frac{N \cdot Z^2 \cdot p \cdot (1-p)}{(N-1) \cdot e^2 + Z^2 \cdot p \cdot (1-p)}$$

Siendo:

- N el tamaño de la población o universo
- e es el margen de error
- p es la proporción que queremos encontrar y que se corresponde con el valor de la desviación estándar que vimos en el apartado anterior. Si no conocemos su valor, usaremos un 50%, es decir, 0,5 en la fórmula.
- Z es una constante que depende del nivel de confianza y cuyos valores se sacan de la tabla de la distribución normal estándar N(0,1). A continuación os dejamos los valores de Z más utilizados en función de su nivel de confianza:

Nota; Fuente: Fórmulas para el cálculo del tamaño de la muestra. Aguilar (2005)

Al aplicar la fórmula para la determinación del tamaño de la muestra y tomando la información base, resulta un tamaño de muestra de 92 muestras, en el estudio al tratarse de pruebas destructivas, se utilizó una muestra representativa.

3.5 Matriz de congruencia

A continuación, en la tabla 2, se muestra la matriz de congruencia en la que se desarrollan los elementos que le darán coherencia a la investigación, para asegurar que todo el proyecto está alineado, facilitando su correcto desarrollo.

Tabla 2.

Matriz de congruencia.

Título de la tesis				
Diseño e implementación de prensa para moldear material de barro.				
Objetivo general				
Diseñar e implementar una prensa de moldeo de material de barro, que permita ofrecer mejor calidad a la obtenida con el moldeo tradicional.				
Interrogante general				
¿Cómo se puede mejorar la calidad en el moldeo artesanal del material de barro?				
Hipótesis				
Con el diseño e implementación de una prensa de moldeo, se mejorará la calidad del material de barro.				
Interrogantes específicos	Objetivos específicos	Variables	Técnicas e instrumentos	Unidad de medida
¿Cuáles son los tipos de prensas existentes para moldeo de materiales?	Analizar e identificar el tipo de prensa que se adapte a las necesidades de moldeo de material de barro. Diseñar e implementar la prensa para moldeo. Realizar un análisis comparativo con los procesos tradicionales de moldeo.	Independiente: Diseño y fabricación de la prensa. Calidad de las materias primas.	Observación. Análisis documental. Cuestionarios. Pruebas estandarizadas.	Pruebas dimensionales. Pruebas de resistencia. Pruebas de medición del peso. Pruebas de absorción de agua.
¿Cuáles son los tipos de prensas que se han utilizado para moldear material de barro?				
¿Cuáles son las mejoras que se pueden realizar a las prensas existentes para mejorar el método de producción?		Dependiente: Uniformidad y compactación. Calidad y apariencia lisa.		
¿Cómo se puede demostrar que la implementación de una prensa para moldeo resulta en mejora calidad a la obtenido con moldeo manual?				

Nota: El desarrollo de la matriz incluye diversidad de apartados para su desarrollo, la propuesta se desarrolla según la fuente; matriz de congruencia metodológica, Morales (2024).

Capítulo IV. Análisis de resultados

4.1 Análisis cuantitativo

4.1.1 Diseñar mediante un software CAD una prensa de moldeo para la manufactura de productos de barro.

Para la elaboración del diseño de prensa de moldeo, se tomó en consideración las prensas tradicionales o ya existentes dentro de la industria alfarera de Tzintzingareo, se identificaron oportunidades de mejora, para lograr un diseño mejorado de la prensa de moldeo.

Una de las deficiencias que se encontraron en las prensas ya existentes, fue que el banco (Mesa para colocación de molde), es independiente de la prensa de moldeo, esto da como resultado que a la hora de trabajar con la prensa se tengan que utilizar forzosamente dos bancos para un solo molde haciendo que el área de trabajo se incremente y sea más incómoda para el operario.

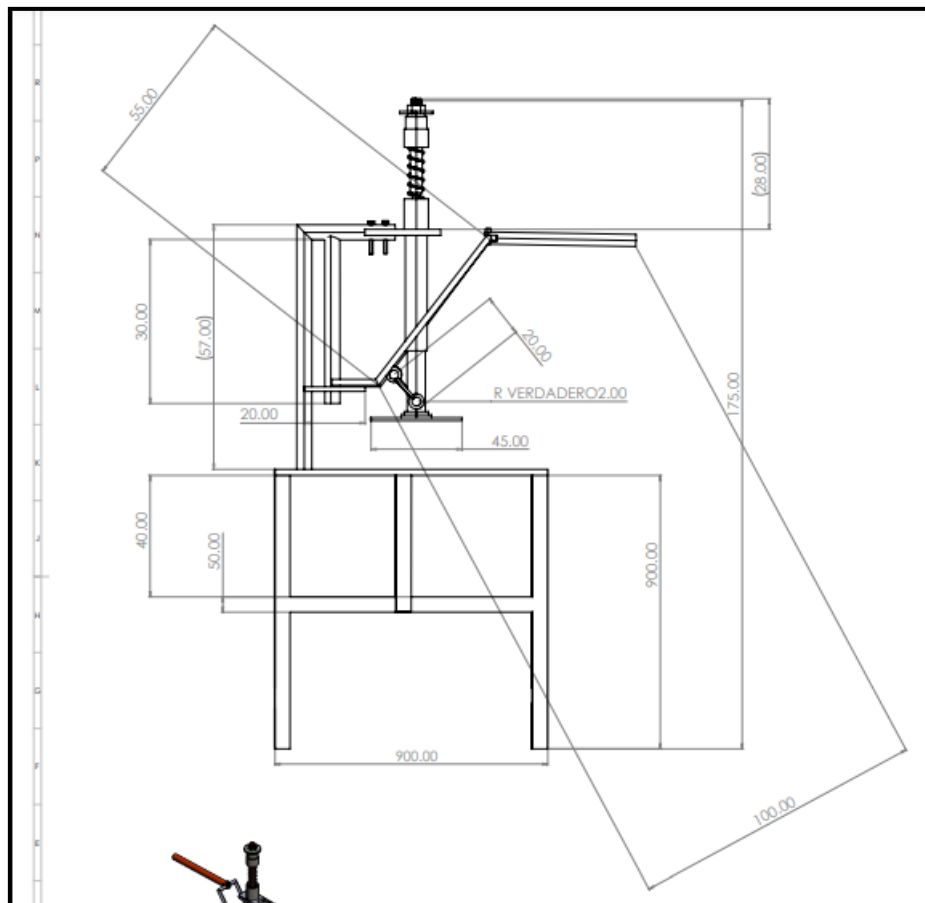
Otra de las deficiencias es que el sistema de prensado no se levanta por sí misma, el operario debe realizar el levantamiento de la plancha manualmente para poder retirar el molde, teniendo como resultado que la producción se tarde un poco más y sea más pesada para el operario.

El diseño de la prensa de moldeo fue realizado por medio del CAD Solidworks, se realizaron los planos y un prototipo de la prensa que permitan su fácil creación además de contar con las mejoras que se proponen para corregir las deficiencias señaladas.

A continuación, en las figuras 2 y 3 se muestra el diseño realizado para la prensa.

Figura 2.

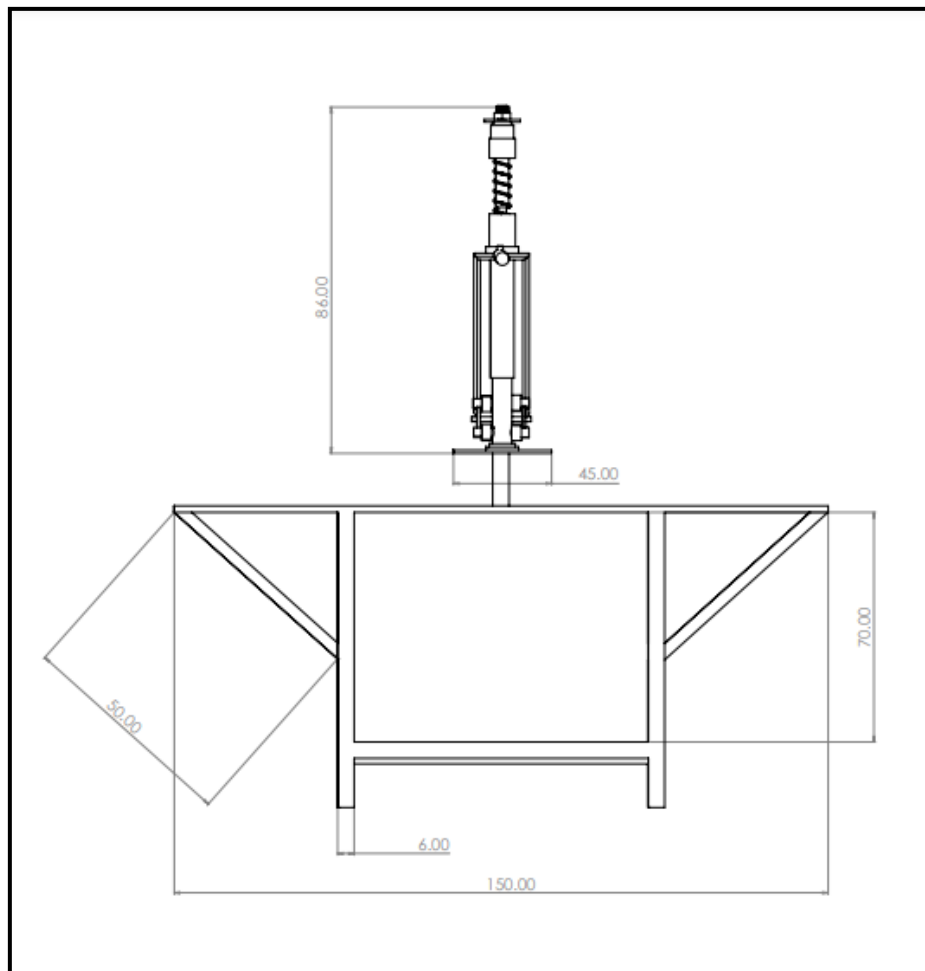
Diseño 2D de prensa para moldeo vista frontal.



Nota: El diseño se realizó en SOLID WORKS.

Figura 3.

Diseño 2D de prensa para moldeo vista lateral.



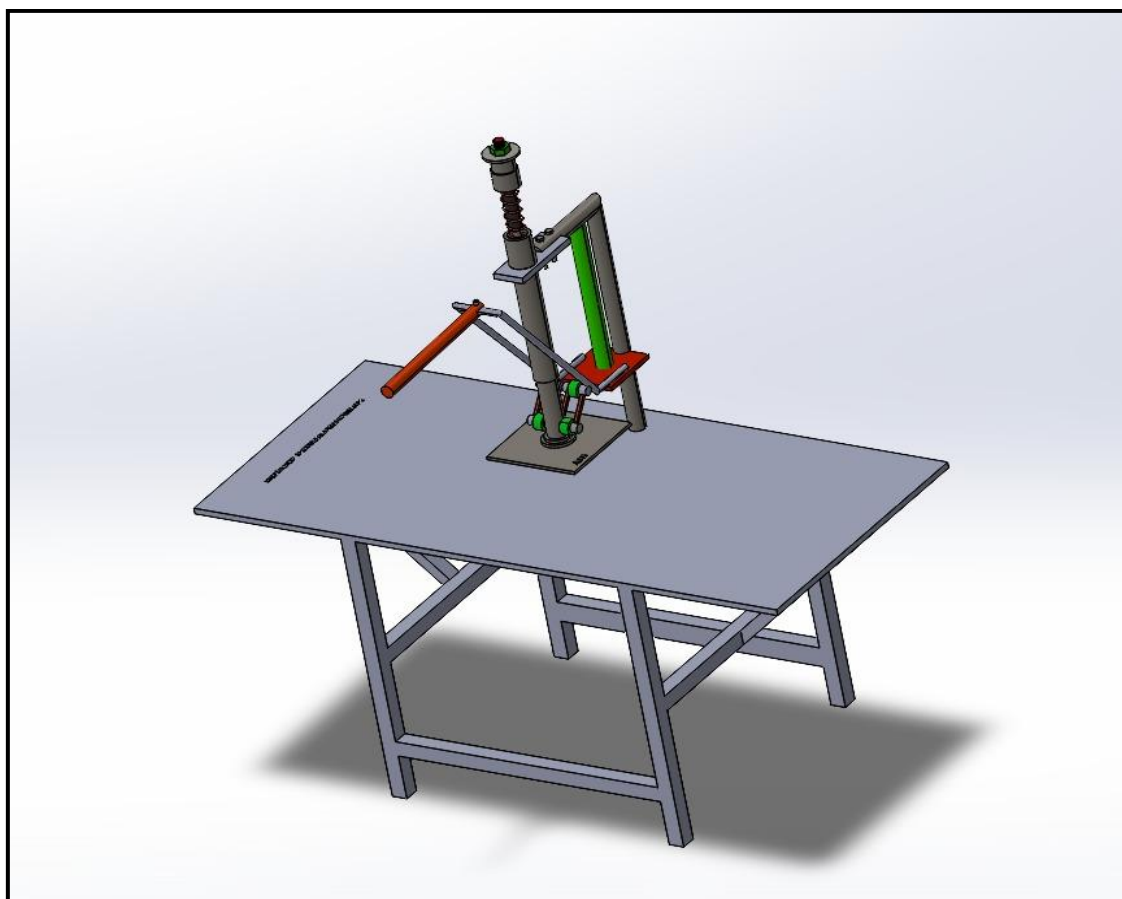
Nota: El diseño se realizó en SOLID WORKS

4.1.2 Mejoras realizadas en la prensa para moldeo.

Con el desarrollo de la investigación documental y de campo, se identificaron oportunidades de mejora para el desarrollo de la prensa para moldeo. Una de las implementaciones nuevas, es el banco a la prensa, con el objetivo de reducir el área de trabajo, puesto que el banco del nuevo modelo se diseñó para que dos operarios puedan trabajar a la par con la misma prensa, reduciendo así el área de trabajo. A continuación, en la figura 4 se presenta el prototipo de la prensa 3D realizado en el CAD SOLID WORKS.

Figura 4.

Diseño 3D de banco para la prensa de moldeo.

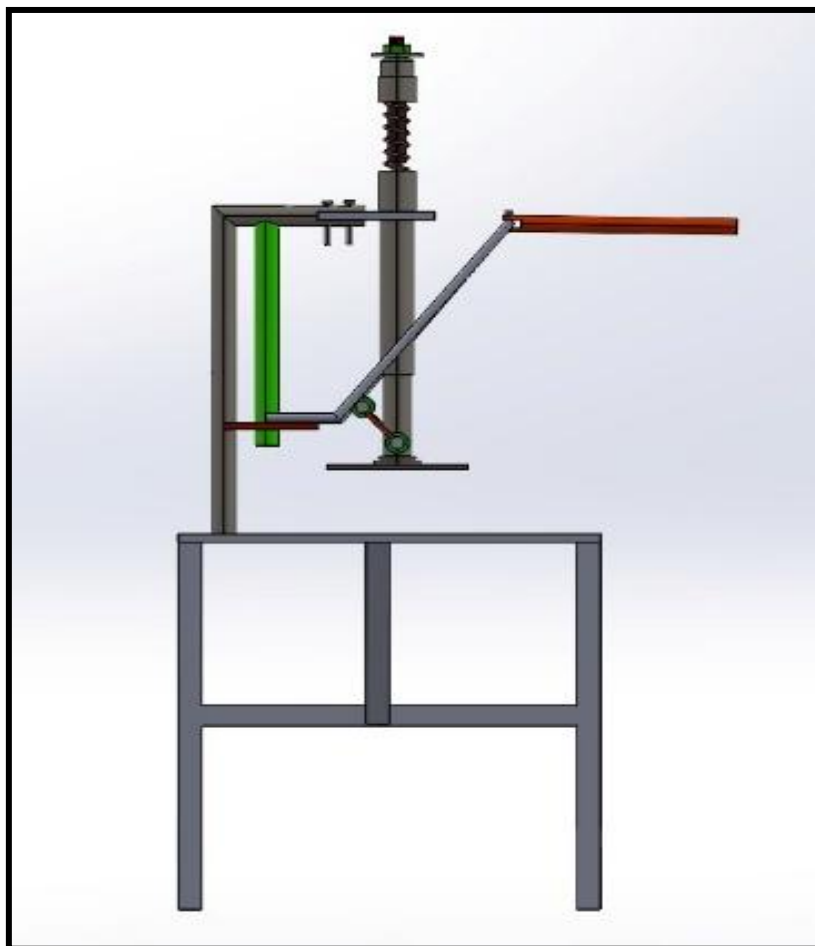


Nota: *Nota:* El diseño se realizó en SOLID WORKS

Además, en el diseño se consideró la implementación de un sistema de apalancamiento controlado por un resorte, esto permite que la placa con la que se realiza el prensado regrese sola y se libere el molde con la materia prima haciendo que su utilización sea más sencilla para el operario. En las figuras 5 y 6, se representa la implementación del mecanismo y cada una de sus partes.

Figura 5.

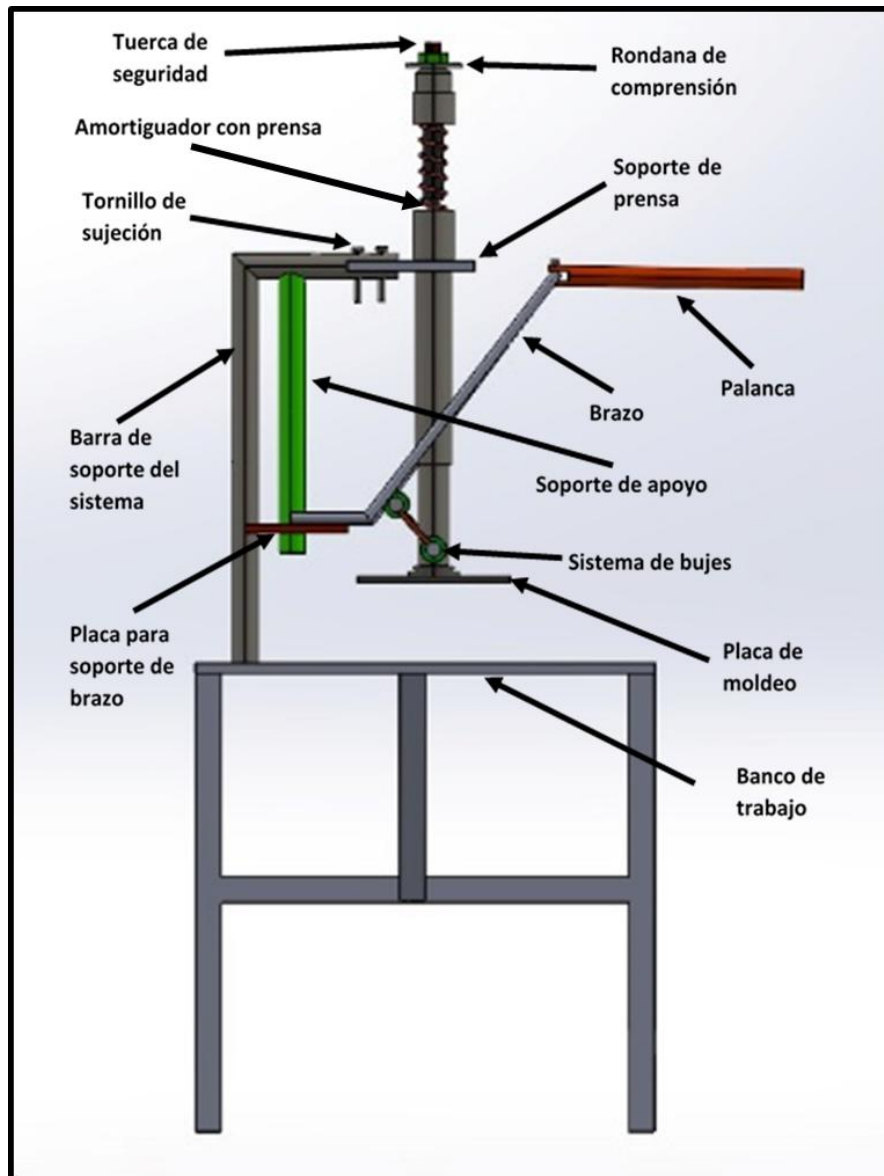
Diseño 3D del sistema de apalancamiento.



Nota: El diseño se realizó en SOLID WORKS.

Figura 6.

Partes del sistema de apalancamiento.



Nota: El diseño se realizó en SOLID WORKS.

4.1.3 Fabricación de la prensa

Tomando en cuenta el diseño de la prensa, así como las mejoras consideradas, se procedió a la fabricación de la prensa para moldeo. A continuación, en las figuras 7 y 8, se presenta parte del proceso de fabricación de la prensa de moldeo, la cual se desarrolló en la empresa Distribuidora de barro “El Mogotes”, en la comunidad de tzintzingareo Municipio de Irimbo Michoacán. se

presenta el armado de la prensa hasta llegar al resultado final que es el prototipo de la prensa en físico y funcional.

Figura 7.

Fabricación de la prensa para moldeo.



Nota: El desarrollo de la prensa lo llevó a cabo Arturo Alanís propietario de la distribuidora de material de barro “El mogotes”.

Figura 8.

Prototipo terminado de la prensa para moldeo.



Nota: El desarrollo de la prensa lo llevó a cabo Arturo Alanís propietario de la distribuidora de material de barro “El mogotes”.

4.1.4 Realizar un análisis de resultados de las características de calidad del material de barro a partir de la implementación de la prensa de moldeo.

Una vez diseñada y la fabricada la prensa, se llevó a cabo la implementación de la misma. La experimentación se llevó a cabo en la empresa Distribuidora de barro “El Mogotes”. Como un primer paso, se llevó a cabo la capacitación donde se le explico al trabajador la forma en la trabaja el nuevo modelo de prensa de moldeo, las áreas de mantenimiento de la prensa y sus ventajas a la hora de utilizarla.

Una vez realizada la capacitación se le otorgaron los moldes y los instrumentos necesarios para una buena utilización de la prensa, el operario realizó distintos productos de barro como son Piso de 30x30, Piso de 28x28, Piso des esquinado de 30x30, piso hexagonal de 28x28, Pecho de paloma y tabique para columnas redondas.

Por cada tipo de material, se fabricaron 10 muestras que sirvieron para observar si la utilización de la prensa permite cumplir con las características de calidad.

4.1.5 Evaluar los resultados de la aplicación de la prensa de moldeo vs el método tradicional respecto a los requisitos del cliente.

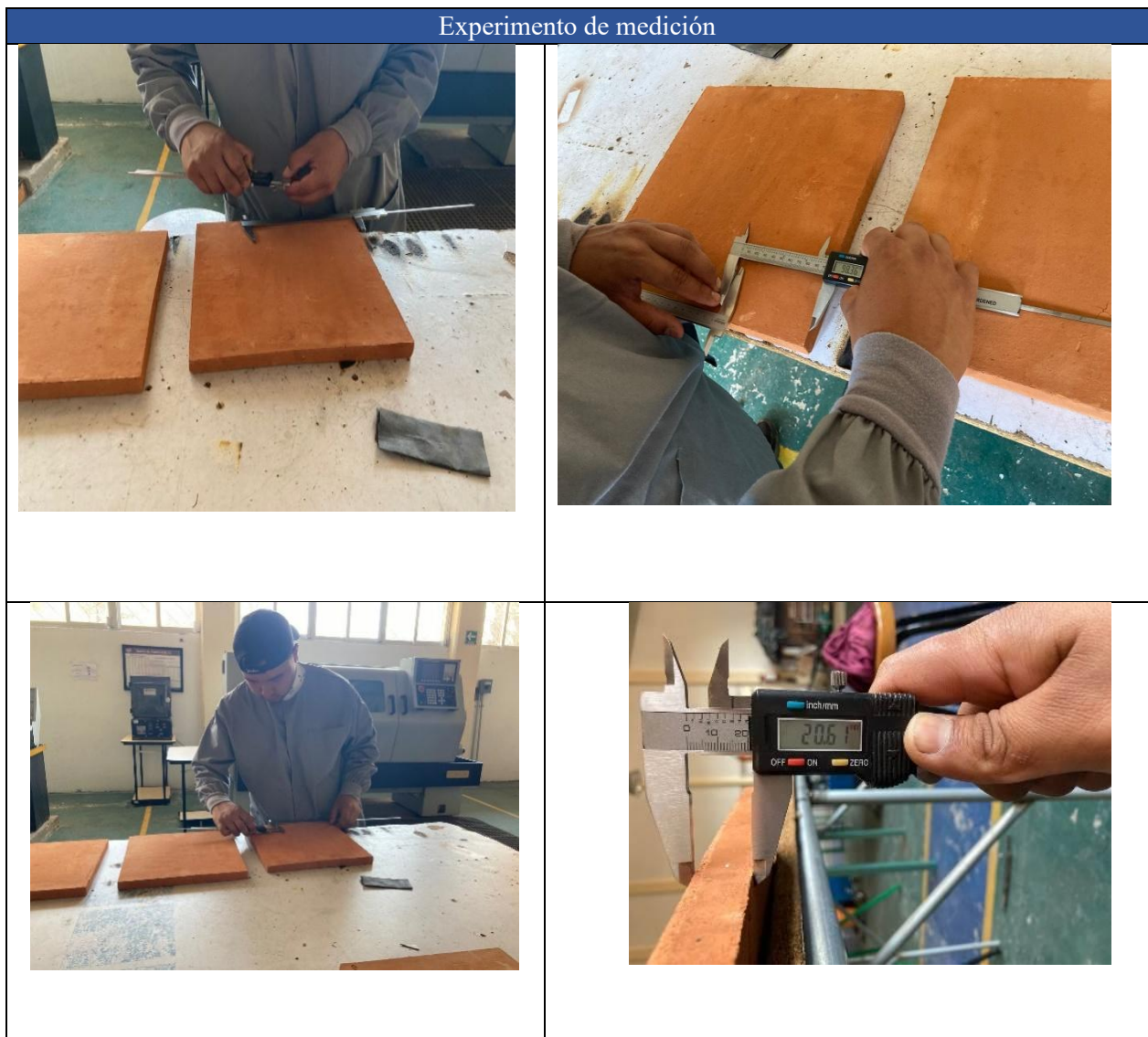
Para comparar los resultados del moldeo tradicional vs el moldeo con prensa, se fabricaron las mismas muestras realizadas en la prensa, utilizando el moldeo tradicional. Al tratarse de muestras destructivas se utilizó una muestra representativa. Las muestras fueron realizadas con las mismas mezclas de materia prima, esto para que los experimentos funcionaran y otorgaran un resultado verídico.

El material de barro seleccionado para realizar los experimentos es el ladrillado cuadrado que tiene mediadas de 30x30 cm y 2 cm de grosor. Este se realizó en el Taller pesado del Instituto Tecnológico Superior de Ciudad Hidalgo.

A continuación, se presenta en la figura 9, parte del desarrollo del experimento de medición de las muestras, el cual se realizó a 10 muestras, 5 muestras elaboradas con la prensa y a 5 muestras elaboradas de forma tradicional.

Figura 9.

Desarrollo del experimento de medición.



Nota: El experimento se desarrolló en el taller pesado dentro de las instalaciones del Instituto Tecnológico Superior de Ciudad Hidalgo.

En la tabla 3, se presenta el resultado de las mediciones realizadas a las muestras de los productos fabricados con la prensa para moldeo, en la cual no se observa variación considerable entre las medidas.

Tabla 3.

Resultado de las mediciones de las muestras para el material fabricado con prensa.

Material fabricado con prensa		
Muestra	Largo cm	Ancho cm
1	29.9	2.1
	30	2
	30	2
	29.9	2
2	30	2.1
	29.9	2
	30	2.1
	30	2.1
3	29.9	2.1
	29.9	2.1
	30	2.1
	29.9	2
4	29.9	2.1
	29.9	2.1
	29.9	2
	29.9	2.1
5	29.9	2.1
	29.7	2.1
	29.9	2.1
	29.9	2.1
Promedio	29.92	2.07

Nota. Fuente: Elaboración alumno Residente Alanís J. (2024)

Como siguiente paso en la tabla 4, se muestra el resultado de las mediciones realizadas a las muestras de los productos fabricados con el método tradicional de moldeo, en la que se no observa variación significativa entre las medidas de las muestras.

Tabla 4

Resultado de las mediciones de las muestras para el material fabricado de forma artesanal.

Material fabricado de forma artesanal		
Muestra	Largo cm	Ancho cm
1	30.1	2
	30.3	2.1
	30.1	2.2
	30.1	2.1
2	30.1	2.1
	30.1	2.1
	30.1	2.2
	30.1	2.2
3	30.1	2.1
	30.1	2.1
	30.1	2.1
	30.1	2.2
4	30.1	2.1
	30.2	2.2
	30.2	2.2
	30.2	2.1
5	30.1	2
	30.2	2.1
	30.1	2.1
	30.1	2.1
Promedio	30.13	2.12

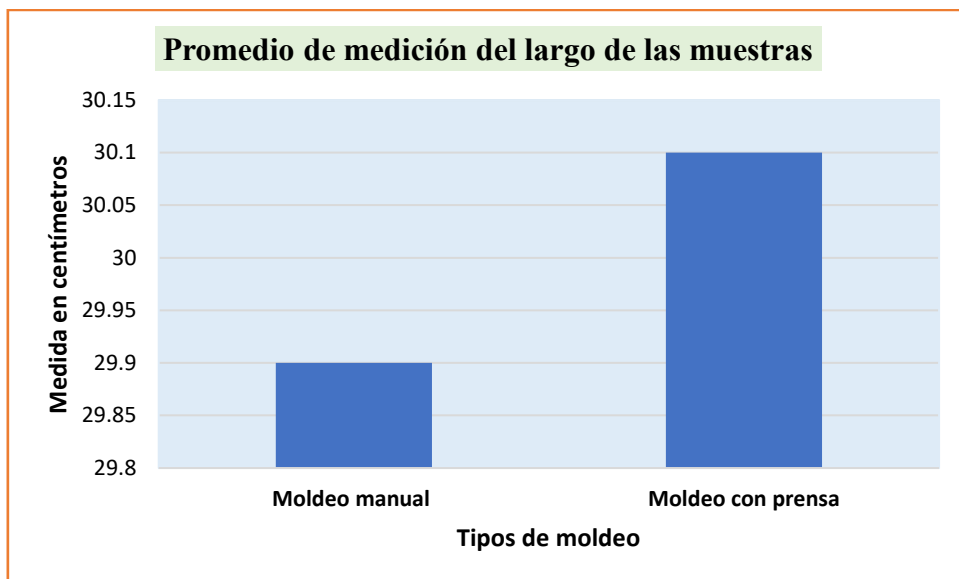
Nota. Fuente: Elaboración alumno Residente Alanís J. (2024)

A continuación, en las figuras 10 y 11, se presenta la comparación en los resultados de las mediciones para los dos métodos de moldeo, en la cual no se observa una diferencia significativa, la variación es mínima y se considera dentro de los límites aceptables. Por lo tanto, se puede establecer que, el ladrillo fabricado con prensa o con el método tradicional, no tiene un

impacto significativo puesto que las medidas de uno y otro entran dentro de las medidas estándares aceptables.

Figura 10

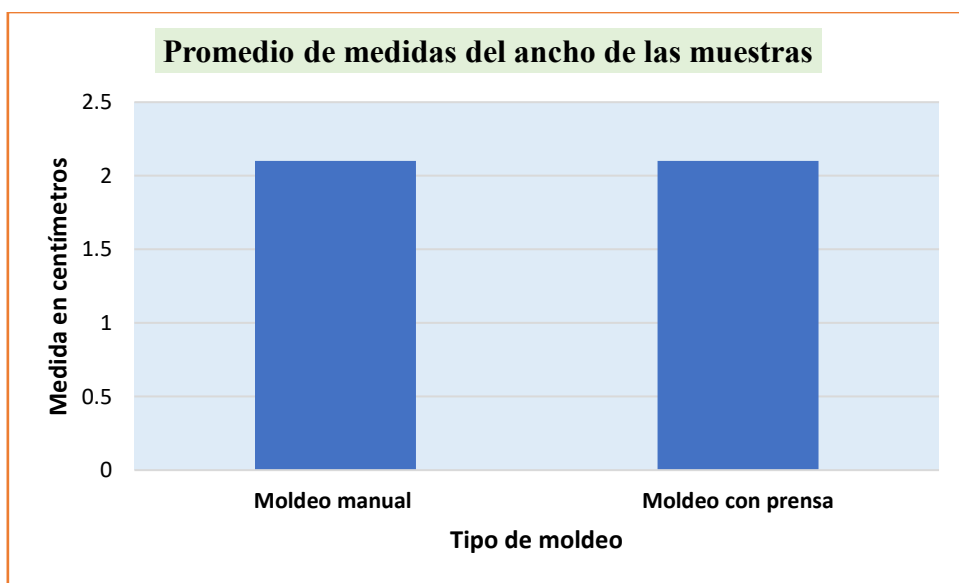
Promedio de medición del largo de las muestras.



Nota. Fuente: Elaboración propia.

Figura 11

Promedio de la medición del ancho de las muestras.



Nota. Fuente: Elaboración propia.

4.1.6 Comparación de pesaje

La experimentación en la que se compara el peso de las muestras de los métodos de moldeo, se realizó en el Taller pesado del Instituto Tecnológico Superior de Ciudad Hidalgo, para realizar el pesaje se utilizó una báscula electrónica.

El pesaje se realizó a las mismas muestras que fueron utilizadas para las mediciones. A continuación, en la figura 12 se presenta parte del proceso de comparación de los pesos de las muestras.

Figura 12

Comparación de peso de las muestras.

Comparación de pesaje	
Material elaborado a mano	Material echo con prensa
	
	

Nota: El experimento se desarrolló en el taller pesado dentro de las instalaciones del Instituto Tecnológico Superior de Ciudad Hidalgo.

A continuación, en la tabla 5, se presenta el registro de los datos obtenidos con el pesaje de las 10 muestras, se presenta el número de muestras con el peso de cada una.

Tabla 5

Resultados de pesos de las muestras para los métodos de moldeo.

Material fabricado con prensa		Material fabricado manualmente	
Muestra	Peso Kg.	Muestra	Peso Kg.
1	3.1	1	3
2	3.1	2	3
3	3.1	3	3
4	3.1	4	3
5	3.1	5	3.1

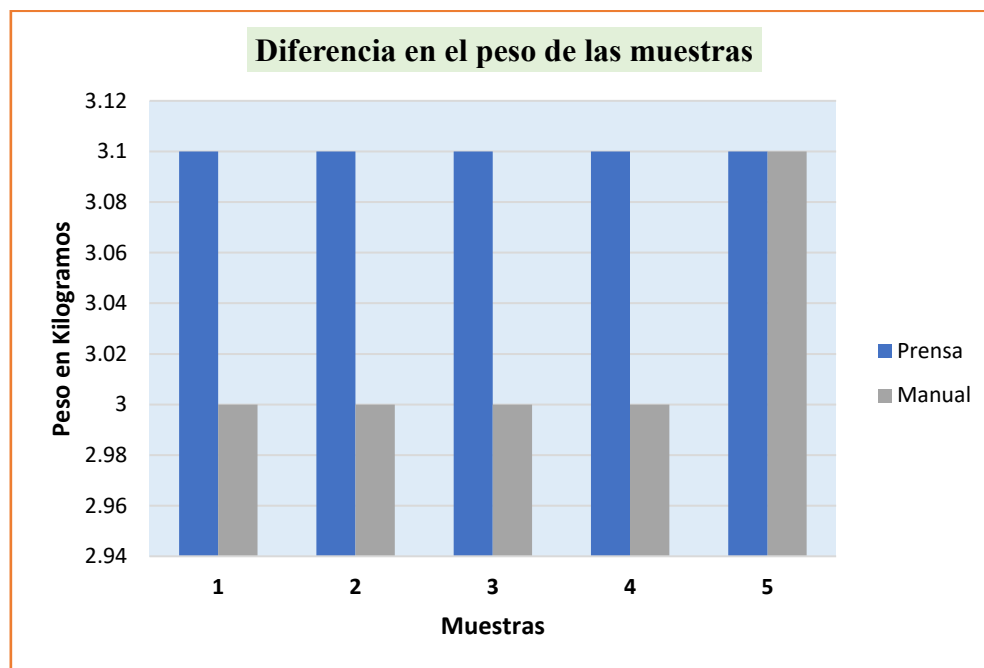
Nota. Fuente: Elaboración alumno Residente Alanís J. (2024)

Una vez realizado el análisis de los datos de pesaje y la comparación de ambos materiales, se concluye que el material realizado con la prensa es más pesado que el fabricado de forma tradicional, teniendo una diferencia de 100 gramos más el material fabricado con prensa, con esto se comprueba que existe menos porosidad en el material fabricado con prensa, resultando un material más compacto.

A continuación, en la figura 13, se presenta la comparación de los pesos de las muestras, en los que se observa claramente una diferencia significativa en los resultados, en los cuales para 4 muestras de las 5 analizadas el peso es mayor con 100 gramos en el moldeo con prensa.

Figura 13

Relación entre el peso de las muestras de los métodos de moldeo.



Nota. Fuente: Elaboración propia.

4.1.7 Experimento de Resistencia

Uno de los experimentos más relevantes para la investigación, es el experimento de resistencia. Este experimento se llevó a cabo en el taller pesado del Instituto Tecnológico Superior de Ciudad Hidalgo, para el desarrollo del experimento se siguió la misma dinámica de comparación de los dos diferentes métodos de moldeo, tradicional vs utilización de una prensa. Se utilizó una prensa hidráulica con manómetro que tiene una presión de 12 toneladas.

A continuación, en la figura 14, se presenta la prensa hidráulica utilizada para el desarrollo de la prueba.

Figura 14

Prensa hidráulica utilizada en la prueba de resistencia.



Nota: La Prensa hidráulica de 12 toneladas es parte de la maquinaria y equipo del taller pesado del Instituto Tecnológico Superior de Ciudad Hidalgo.

El experimento se realizó a 10 muestras 5 fabricadas con prensa y 5 elaboradas con el método tradicional, las muestras fueron sometidas a una presión de 5 toneladas, se observó la reacción de cada una de las muestras.

A continuación, en la figura 15, se presenta parte del proceso de realización del experimento de resistencia.

Figura 15

Desarrollo del experimento de Resistencia.



Nota: El experimento se desarrolló en el taller pesado del Instituto Tecnológico Superior de Ciudad Hidalgo.

Una vez realizado el análisis de las muestras sometidas al experimento de resistencia, se logra observar que el ladrillo fabricado con prensa, únicamente presenta una fisura mínima, por otro lado, el ladrillo realizado con el método tradicional presentó rupturas totales conforme aumenta el tonelaje.

Con estos resultados, se concluye que el material fabricado con prensa es más resistente a la presión, puesto que las rupturas son mínimas. Es muy importante resaltar que este tipo de material no está fabricado para resistir una presión de 5 toneladas y aun así no presenta daños considerables.

A continuación, en la figura 16, se muestra evidencia de la prueba de resistencia realizada, en la que se observa la reacción que presentaron las muestras sometidas a prueba.

Figura 16

Experimento de resistencia.

Resultados de experimentos	
Ladrillo elaborado con prensa	Ladrillo elaborado manualmente
	
	

Nota: El experimento se desarrolló en el taller pesado del Instituto Tecnológico Superior de Ciudad Hidalgo.

4.1.8 Experimento de absorción de agua

En el experimento se desarrolla la prueba de absorción de áridos y ladrillos, la cual mide la porosidad del material para predecir su durabilidad y calidad. La prueba consiste en medir la cantidad de agua que puede retener el material. El proceso implica sumergir las muestras en agua por 24 horas, se colocaron dos ladrillos dentro de tinajas, dos ladrillos elaborados con un proceso de prensado y los otros dos procesados normalmente. A continuación, en la figura 17, se muestra evidencia de la realización de las pruebas de absorción de agua.

Figura 17

Desarrollo de las pruebas de absorción de agua.



Nota. Fuente: Elaboración alumno Residente Alanís J. (2024)

Para asegurarse que ambas tinajas contaban con la misma cantidad de agua se introdujo una cinta métrica con medidas en pulgadas, la cantidad de agua que se introdujo fue de 13 pulgadas.

Se colocaron los ladrillos fabricados con la prensa y los elaborados de forma tradicional. A continuación, en la figura 18, se muestra el contenido de cada una de las tinas con los materiales sujetos a prueba.

Figura 18

Desarrollo de experimento de absorción de agua.

Experimento de absorción	
Ladrillo elaborado con prensa	Ladrillo elaborado tradicionalmente
	

Nota. Fuente: Elaboración alumno Residente Alanís J. (2024)

Los ladrillos estuvieron dentro del agua por 24 horas, una vez cumpliendo el tiempo se retiraron los ladrillos de las tinas, y esto permitió determinar cuánto bajo el nivel del agua de cada una de las muestras. A continuación, en la figura 19 se puede observar el comportamiento de las muestras durante el periodo de prueba.

Figura 19

Resultado del experimento de absorción de agua.

Experimento de absorción	
Ladrillo elaborado con prensa	Ladrillo elaborado tradicionalmente
	

Nota. Fuente: Elaboración alumno Residente Alanís J. (2024)

En la lustración se observa el nivel de absorción de cada una de las muestras, donde se muestra que el ladrillo elaborado tradicionalmente, tiene 1/16 menos de agua que el ladrillo echo con la prensa. Otro proceso que se llevó a cabo es el de pesaje de las muestras mojadas esto con la finalidad de observar cuál de las diferentes muestras absorbió más agua.

Como parte del desarrollo de las pruebas, se procedió a realizar el pesaje de las muestras, después del tiempo establecido, se realizó una comparación del peso obtenido teniendo como resultado diferencia significativa en los pesos, el ladrillo fabricado con prensa, resultó con menos absorción de agua que el método tradicional, teniendo como diferencia 100 gramos, es decir que el ladrillo realizado con prensa presentó un peso de 3.150 kg. Mientras que el ladrillo realizado con el método tradicional, un peso de 3.250 kg. Y comprobando los resultados obtenidos con la medición de la cinta métrica. A continuación, en las figuras 20 y 21 se muestra parte del proceso de pesaje de las muestras después del experimento de absorción de agua.

Figura 20

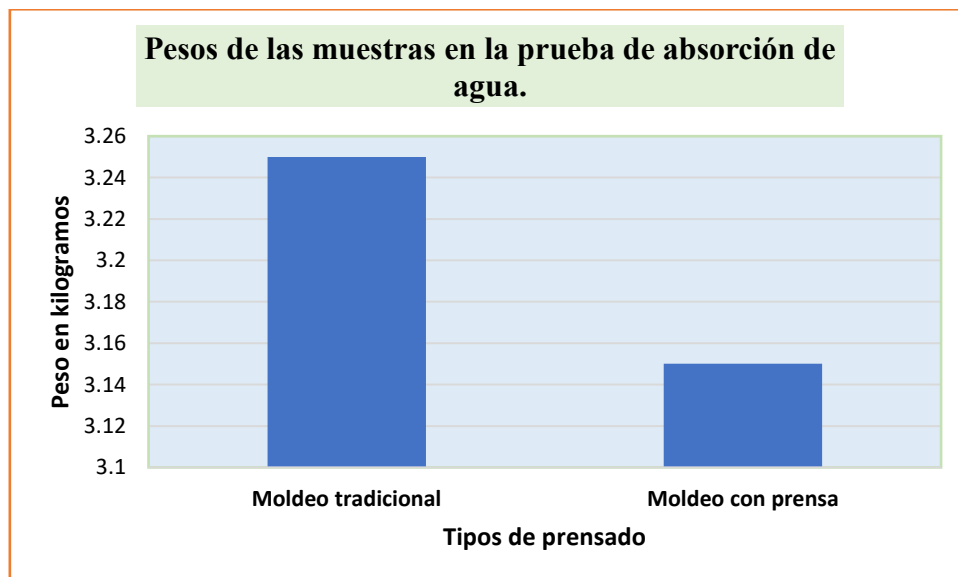
Experimento de absorción de agua.



Nota. Fuente: Elaboración alumno Residente Alanís J. (2024)

Figura 21

Pesos de las muestras en la prueba de absorción de agua.



Nota. Fente:Elaboración propia.

Para concluir el apartado de resultados cuantitativos, se presenta en la figura 22 el prototipo funcional de la prensa para moldeo, lo cual representa uno de los principales objetivos de la investigación.

Figura 22

Prototipo funcional de la prensa para moldeo.



Nota: El desarrollo de la prensa lo llevó a cabo Arturo Alanís propietario de la distribuidora de material de barro “El mogotes”.

Con el análisis de resultados realizado en el apartado de resultados cuantitativos, se concluye que la implementación de una prensa de moldeo para la manufactura de productos de barro, mejora la calidad de los materiales, puesto que con la experimentación resulta un material más compacto, uniforme y que absorbe menos agua.

4.2 Análisis cualitativo

4.2.1 Definir características de calidad de acuerdo a los requisitos del cliente.

Para definir las características de calidad se optó por recolectar las opiniones de todas las partes involucradas en la fabricación, compra y venta del material de barro, como son, dueños, trabajadores, clientes locales y clientes nacionales donde se entrega el producto.

Al mencionar a los clientes locales se refiere a todas las personas que adquieren los productos directamente del local o la empresa y los clientes nacionales son los clientes que distribuye el producto en otros estados y ciudades.

En conjunto con dueños y trabajadores se definió indagar en las oportunidades de mejora según el punto de vista de los clientes locales. Para la obtención de las respuestas se necesitó de la ayuda de distintos trabajadores, debido a que ellos son quienes tienen el contacto directo con los clientes locales y nacionales.

Al momento de realización del trabajo, se registraron 26 visitas de clientes locales a la empresa, y se les ha entregado material a 5 clientes nacionales. A continuación, en la tabla 6 se presentan las respuestas obtenidas al indagar en las oportunidades de mejora, desde el punto de vista de los clientes.

Tabla 6

Oportunidades de mejora según clientes locales.

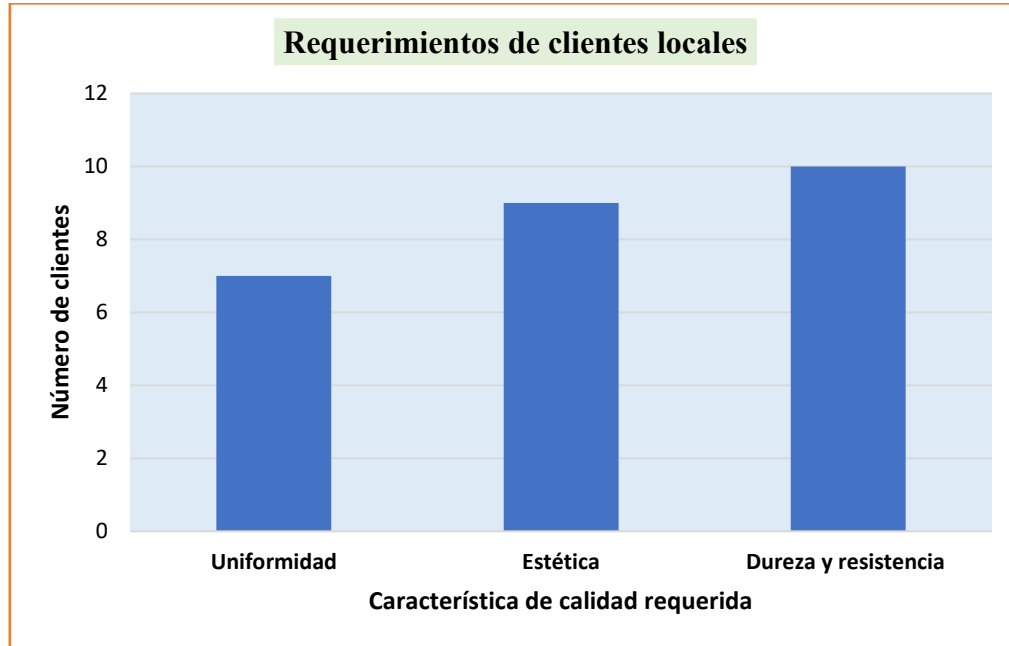
Local	
Cliente	Respuestas
1	Misma tonalidad en el color de los materiales
2	Acabado más fino
3	Mejor terminado
4	Mismas medidas
5	Resistentes al movimiento
6	Uniformidad en los ladrillos
7	Mismo color
8	Que no se despostillen
9	Mejor acabado en el pecho de paloma
10	Misma tonalidad de naranja
11	Que estén requemados los tabiques
12	Cantos de los ladrillos estén más llenos
13	Más resistentes
14	Un mejor terminado
15	Más duros
16	Más resistentes
17	Más resistencia
18	Resistentes al movimiento
19	Que no se despostillen
20	Mejor tonalidad de tonos
21	Más duros
22	Que sean iguales
23	Que no se despostillen
24	Mas uniformidad
25	Mejor color
26	Que no se hagan negros con el agua

Nota. Fuente: Elaboración alumno Residente Alanís J. (2024)

Para una mejor comprensión de la información obtenida, se realizó una gráfica en la que se clasifican los resultados en tres categorías principales; uniformidad, estética y resistencia. A continuación, en la figura 24, se muestran las oportunidades de mejora según clientes locales.

Figura 23

Requerimientos de clientes locales.



*Nota.*Fente:Elaboración propia.

En la figura se observa que 10 clientes de los 26 encuentran oportunidades de mejora en la dureza y resistencia a los movimientos, 9 clientes encontraron oportunidades de mejora en la estética de los materiales y solo 7 encontraron oportunidades en la uniformidad de los materiales.

Para continuar con el análisis de los resultados cuantitativos, a continuación, en la tabla 7 se presentan las oportunidades de mejora según clientes nacionales, se puede observar el estado donde se ubica el cliente, el número que hace referencia a un distribuidor diferente y sus aportaciones acerca de las oportunidades de mejora que tienen los materiales.

Tabla 7

Oportunidades de mejora según clientes nacionales.

Clientes Nacionales		
Lugar	Cliente	Respuestas
Querétaro	1	Mayor resistencia
	2	Quebraduras parciales
Michoacán (Huetamo)	1	Quebraduras parciales
	2	Mejor color
	3	Un mejor acabado
Guanajuato	1	Mejoramiento de la estética
	2	Más resistencia
Guerrero	1	Quebraduras parciales

Nota. Fuente: Elaboración alumno Residente Alanís J. (2024)

En general las respuestas obtenidas se centran en la resistencia de los materiales, siendo la principal característica identificada.

4.2.2 Comparación de estética

En cuanto a la estética de los materiales y si bien es un factor subjetivo, la calidad estética del material de barro reside en la belleza del mismo y sus imperfecciones a la vista y el tacto. Se trato de identificar que los materiales no se sobrepasen de materia prima o residuos sobrantes, si no que estos tuvieran un acabado fino en todas sus partes y con menos brumos de los que normalmente se suelen encontrar con el método tradicional.

A continuación, en la figura 24 se presenta material realizado a mano y otro fabricado con prensa, se puede observar el mejoramiento de la estética.

Figura 24

Comparación estética de los materiales.

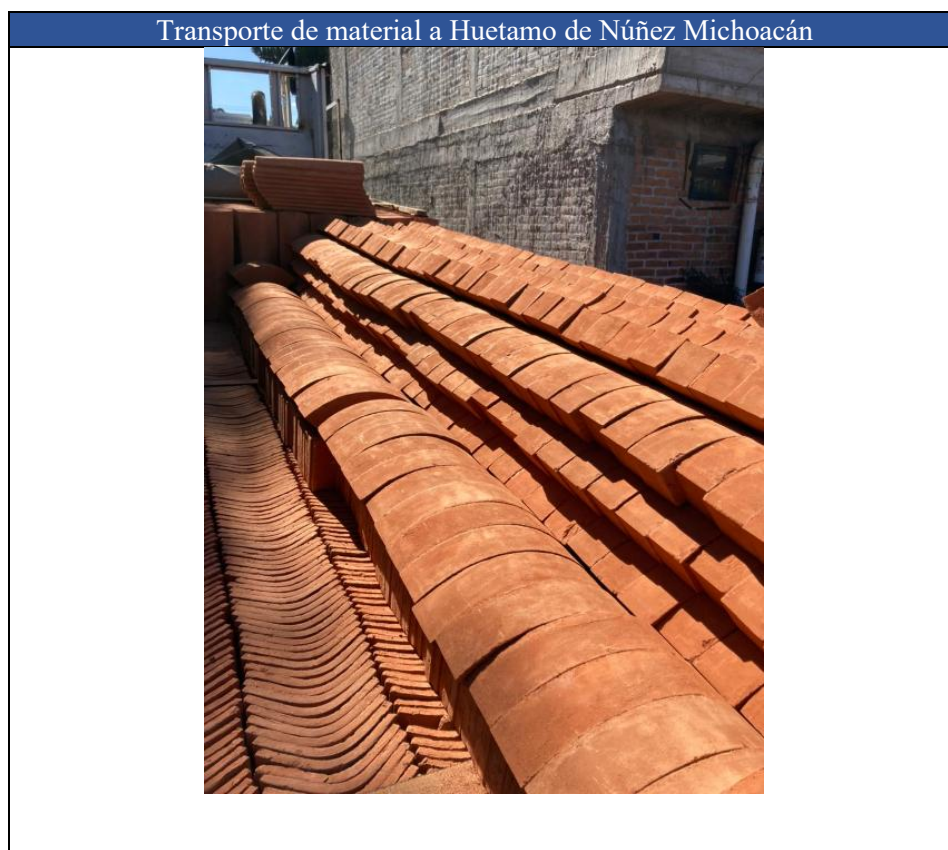
Comparación de estética	
Material elaborado con prensa	Material elaborado manualmente
	

Nota. Fuente: Elaboración alumno Residente Alanís J. (2024)

A continuación, en la figura 25, se muestra evidencia del transporte de material fabricado con la prensa para moldeo, material que se transporta a la Ciudad de Huetamo Michoacán.

Figura 25

Transporte de material moldeado con prensa.



Nota. Fuente: Elaboración alumno Residente Alanís J. (2024)

4.2.3 Uniformidad de materiales

Para la uniformidad se realizó el acomodo de material, en la cual se logra observar que existe similitud casi perfecta en cada uno de los materiales realizados y en cuanto a medidas, estética de caras y acabados.

A continuación, en la figura 26 se presentan los materiales elaborados con prensa, donde se puede observar su uniformidad.

Figura 26

Uniformidad de los materiales.



Nota. Fuente: Elaboración alumno Residente Alanís J. (2024)

En conclusión, es aceptable la implementación de la prensa, puesto que se logró observar la uniformidad en las 50 muestras de cada tipo de material, así como una mejor estética a comparación de los materiales realizados a mano y de esta forma se cumplen las características de calidad establecidas por el cliente.

4.3 Cumplimiento de los objetivos y comprobación de la hipótesis.

En el desarrollo del proyecto se cumplieron satisfactoriamente los objetivos planteados, primeramente, se investigó sobre los tipos de prensas de moldeo que existen, partiendo de esta premisa se realizó un filtro para identificar los modelos que se adaptaban mejor al moldeo de material de barro en húmedo, después se realizó una investigación de campo para identificar las prensas que se han utilizado en la región para el moldeo manual del material.

Dando continuidad a los objetivos e interrogantes del proyecto, se identificaron mejoras al método de moldeo, así como a las mismas prensas, una vez identificadas las mejoras en la prensa, se procedió al diseño de la misma y posteriormente su desarrollo.

Se llevó a cabo la implementación de la prensa para moldeo, se fabricaron muestras para diferentes productos (los generalmente más vendidos), se utilizaron las mismas mezclas de materias primera para fabricar también muestras de los mismos productos utilizando el moldeo manual para poder realizar el análisis comparativo de los procesos.

En el análisis se realizaron diferentes pruebas, tomando como base las normas ISO 13006:2018, ISO 10545, normativas que establecen los métodos para la determinación de las propiedades de las baldosas cerámicas, como las dimensiones, calidad superficial, resistencia a la rotura y absorción de agua. En el análisis no se encontró diferencia significativa en los resultados de las dimensiones de los dos métodos de moldeo, una mejor calidad del moldeo con la implementación de la prensa se encontró en el peso (compactación), de los materiales, en la resistencia de los mismos, además presentaron menor absorción de agua y un acabado o apariencia más fina, por lo tanto, se acepta la Hipótesis nula, con el diseño e implementación realmente se mejora la calidad del material de barro.

Conclusiones

En definitiva, la calidad del moldeo de material de barro se puede mejorar con la implementación de una prensa manual para moldeo. En el desarrollo del proyecto con las técnicas de análisis documental y la observación, se indagó sobre las prensas para moldeo existentes y las que mejor se adaptan a las necesidades del sector, también se analizaron las prensas utilizadas en la actualidad, así como las oportunidades para mejorar las mismas, logrando obtener el diseño optimo y así mismo dando cumplimiento al objetivo específico número 1.

Para cumplir el segundo objetivo específico del proyecto, se realizó el diseño de la prensa. Las principales propuestas de diseño, son el banco o mesa para colocación de los moldes para hacer más compacta y cómoda el área de trabajo, también en el diseño se propone la implementación de un sistema de apalancamiento controlado que elimine la actividad de retirar la prensa manualmente, resultando en una utilización más rápida y simple para el operario.

La implementación de la prensa fue parte fundamental para el cumplimiento del objetivo específico número 3, de desarrollar el análisis de comparativo de los métodos tradicional vs la implementación de la prensa, el producto que se utilizó para la elaboración de las pruebas fue el ladrillo de 30 centímetros de largo por 2 centímetros de ancho.

En los resultados no se encontró diferencia significativa en cuanto a las dimensiones de los productos sujetos a prueba, las dimensiones de los productos elaborados de forma tradicional resultaron en 30.12 cm de largo en promedio y 2.12 cm de ancho, mientras que los productos elaborados con prensa, resultaron en 29.92cm de largo en promedio y 2.07cm de ancho, cabe resaltar que el material fabricado con prensa presentó mayor uniformidad en los resultados. Las pruebas de resistencia y de absorción de agua resultaron a beneficiosos para la implementación de la prensa, el peso de los productos en promedio para los productos elaborados de forma

tradicional resultó de 3.02 kilogramos, mientras que el material fabricado con prensa presentó un peso de 3.1 kilogramos. Para la prueba de absorción de agua, los resultados también favorecen a la implementación de la prensa, los materiales elaborados de la forma tradicional pesaron 100 gramos más que los elaborados con la prensa, lo que indica que absorben más agua, por lo tanto, son menos compactos. Es muy notable la uniformidad de los materiales, el peso de los mismos y la menor absorción de agua, denotan la ventaja de su implementación sobre el método manual, es por eso que se afirma la hipótesis de que con el diseño e implementación realmente se mejora la calidad del material de barro.

Recomendaciones

Para dar continuidad a las investigaciones realizadas en el sector alfarero de la región oriente del estado de Michoacán, se recomienda seguir investigando para identificar oportunidades de mejora, para desarrollar mejores procesos, implementar nuevos métodos de trabajo que permitan a los productores ofrecer productos de calidad y con ello tener un producto diferenciado que permita seguir compitiendo en el mercado.

Se recomienda tomar en cuenta los requerimientos de las normativas internacionales, para garantizar en la medida de lo posible la durabilidad y fiabilidad de los productos de barro. Normas como la norma ISO 10545, permiten a las organizaciones competir en mercados internacionales, principalmente con productores Industriales de cerámicos, si bien el sector alfarero en la región por el momento está exento de dichas normativas, es de suma importancia tener en cuenta lo establecido en las normativas.

Finalmente se recomienda innovar tanto en procesos como en productos, las ventas y los precios se han estancado en las últimas dos décadas, es necesaria la incorporación de productos nuevos que puedan ser rentables para los productores o que sean una opción para épocas de baja demanda.

Bibliografía

Díaz, L. (2002). Arcillas cerámicas: una revisión de sus distintos tipos, significados y aplicaciones. Boletín de la sociedad española de cerámica y vidrio. 459-470.

<https://digital.csic.es/bitstream/10261/4676/1/arcillas.pdf>

Gelves, J., Monroy, R., Sánchez, J., & Ramirez, R. (2013). Estudio comparativo de las técnicas de extrusión y prensado como procesos de conformado de productos cerámicos de construcción en el Área Metropolitana de Cúcuta. Boletín de la sociedad española. 48-54.

https://web.archive.org/web/20180604112727id_/http://boletines.secv.es/upload/2013021891143.20135248.pdf

Moreno Quintero, M., Pavón Acevedo, Y., Cely Illera, L., & Cely Niño, J. (2019). Influencia de la molienda húmeda en el comportamiento estructural y mecánico de productos cerámicos conformados por extrusión de una arcilla del Zulia (Norte de Santander, Colombia). ELSEVIER, 190-198.

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0366317519300019>

Vila, P., Pereyra, M., & Gutiérrez, Á. (2017). Resistencia a la compresión de adoquines de hormigón. Resultados tendientes a validar el ensayo en medio adoquín. ALCONPAT, 247-261.

https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S2007-68352017000300247&script=sci_arttext

J. Heredia, M. Gras. (2009). Análisis y modelado de la transmisión de variabilidad dimensional en un proceso de producción de baldosas.

<https://digital.csic.es/bitstream/10261/36663/1/BSECV-2011-junio-6.pdf>

Santos, J., Malagón, P., & Córdova, E. (2011). CARACTERIZACIÓN DE ARCILLAS Y PREPARACIÓN DE PASTAS CERÁMICAS PARA LA FABRICACIÓN DE TEJAS Y LADRILLOS EN LA REGIÓN DE BARICHARA, SANTANDER . Dyna, 50-58.

http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S0012-73532011000300006&script=sci_arttext

F. De Isidro (2003). Determinación de la expansión por humedad de los productos cerámicos empleados en elementos estructurales.

<https://oa.upm.es/296/1/03200309.pdf>

Diana, R, Jorge, M, John G. (2017). Influencia de las materias primas y de la técnica de moldeo en la fabricación de productos cerámicos tipo gres. Ingeniería y competitividad. Vol. 19, 89-101.

https://revistaingenieria.univalle.edu.co/index.php/ingenieria_y_competitividad/article/view/5296/7606

Zea, O. N. (2005) *Caracterización de las arcillas para la fabricación de ladrillos artesanales* (tesis, Universidad de San Carlos de Guatemala).

http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_2549_C.pdf

Joyce, B. L. (2014) *Proceso productivo de los ladrillos de arcilla producidos en la región de Piura* (tesis, Universidad de Piura).

<https://pirhua.udep.edu.pe/backend/api/core/bitstreams/5eea42bf-0da2-43bd-b308-b8eb99ea51a3/content>

Camila, N. P. (2021) *Evaluación de mezclas de arcilla adicionando ceniza de ladrillera para la fabricación de bloque de construcción.* (tesis, Universidad Francisco de Paula Santander).

<https://pirhua.udep.edu.pe/backend/api/core/bitstreams/5eea42bf-0da2-43bd-b308-b8eb99ea51a3/content>

Néstor, O. M. (2018) *Elaboración de ladrillos de barro cocido estabilizados con arena cuarzo-Feldespática*. (tesis, Universidad de San Carlos de Guatemala).

<http://www.repositorio.usac.edu.gt/9942/1/Nestor%20Leonardo%20Ochoa%20Mendoza.pdf>

P. Campoverde, L. Mejía (2023). *Diseño de una prensa hidráulica semiautomática de 25 toneladas para el control de presión en el proceso de prensado de baldosas*. (tesis, Universidad Politécnica Salesiana).

<https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/25936>

M. Cún. (2010). *Mejoramiento y tecnificación para la elaboración de ladrillos artesanales*. (tesis, Escuela Superior Politécnica del Litoral).

<https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/13270/1/Mejoramiento%20y%20Tecnificaci%C3%B3n%20de%20maquinas%20extrusora.pdf>

W. Arquíñigo. (2011). *Propuesta para mejorar la calidad estructural de los ladrillos artesanales de arcilla cocida de Huanuco*. (tesis, Pontifica Universidad Católica del Perú).

<https://tesis.pucp.edu.pe/server/api/core/bitstreams/0e6d8519-48bd-437d-82ee-17edb62abed4/content>

G. Soto, L. Sánchez, (2017). Estudio comparativo de la resistencia a la compresión, absorción y dimensionamiento del ladrillo. 97-116.

<https://camjol.info/index.php/INNOVARE/article/view/4948/4639>

Stephan, O, Cristian, S, Tito, P, Richard, M. (2020). Desarrollo de una prensa para ensayos de tensión en polímeros. 57-71.

<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8051530>

M. Araque, G. Peña, F. Vargas. (2015). Desempeño mecánico y tribológico de baldosas cerámicas de arcilla roja recubiertas por proyección térmica a partir de alúmina. 125-135.

http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0123-77992015000200012

Poyatos, A. Tur, F (2005). Desarrollo de moldes de prensado. 33-37.

<https://digital.csic.es/bitstream/10261/4237/1/moldes.pdf>

J. Sánchez, A. Sarabia, D. Álvarez (2016). Evaluación de materias primas utilizadas en la fabricación de baldosas de gres en el sector cerámico de Norte Santander.

<https://revistas.ufps.edu.co/index.php/respuestas/article/view/776/767>

Nancy, Q, Miguel, U, Hugo, L, Adrián C. (2015). Evaluación de mezclas de arcillas con adición de tobas vítreas para la fabricación de ladrillos cerámicos en Bayamo. 20-35.

<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=10329836>

Saraí, B. (2005). Fórmulas para el cálculo de la muestra en investigaciones. 333-338.

<https://www.redalyc.org/pdf/487/48711206.pdf>

Nancy, Q, Miguel, U, Hugo, L, Adrián C. (2020). Evaluación técnica del potencial cementante de arcillas provenientes de los residuos de la construcción y la demolición.

<https://rtyc.utn.edu.ar/index.php/rtyc/article/view/596>

Carlos, M, Luis, S, Sergio, A, Ubany Z. (2021). Ladrillos porosos cerámicos a partir de mezclas de arcilla y carozos de durazno. 37-49.

http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0123-77992021000300084

León Ortiz, W, Juan Pablo, C. (2019). Influencia de la molienda húmeda en el comportamiento estructural y mecánico de productos cerámicos conformados por extrusión de una arcilla del Zulia. 190-198.

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0366317519300019>

J. Muñoz, F. Vera, A. Briones (2019). Determinación de la resistencia a la compresión de bloques, utilizando desperdicios de ladrillos artesanales. 19-24.

<https://revistas.utm.edu.ec/index.php/Riemat/article/view/1941/2111>

G. Alberto, M. Daniela (2018). Ladrilleros un ejemplo de artesanía de construcción. 7-17.

<https://www.redalyc.org/pdf/6841/684175705002.pdf>

O. Marín (2019). Ladrillero. 1-20.

<http://148.215.1.155:89/temporal/Portadilla/6680/72603/668072603020.pdf>

M. Amariz, A. David, M. Liliana. (2014). Diseño y fabricación de ladrillo reutilizado. 76-80.

<https://revistascientificas.cuc.edu.co/ingecuc/article/view/493/402>

G. Díaz, J. Alberto, M. Andrés (2008). Caracterización de los ladrillos. 15-21.

http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-56092008000200002

M. Felipe, M. Sócrates, R. Ernesto (2021). Uso de ladrillos triturados en concreto. 82-100.

<https://revistas.elpoli.edu.co/index.php/pol/article/view/1879/1946>

E. González, L. Lizárraga (2015). Evaluación de las propiedades de ladrillos de arcilla con incorporación de residuos agrícolas.

<https://www.redalyc.org/pdf/467/46750925002.pdf>

Yepes R., L. Marina, O. Jaime (2006). Estudio de la coloración de ladrillos. 29-38.

https://www.redalyc.org/pdf/1695/Resumenes/Abstract_169517424004_2.pdf

M. Gómez, S. Vidal (2006). Influencia en la resistencia a la compresión de hormigones. 56-61.

<https://www.redalyc.org/pdf/1276/127619408007.pdf>

E. González, F. Córdova (2019). Determinación de eco indicadores de una ladrillera de Cupía Chiapas. 55-64.

<https://revistavivienda.cuaad.udg.mx/index.php/rv/article/view/125/107>

M. Alejandro, M. Leda (2016). Influencia del Hollín sobre la resistencia a la compresión de ladrillos.

https://revistascientificas.cuc.edu.co/ingecuc/article/view/1076/pdf_32

Propiedades físicas y mecánicas de los ladrillos macizos. G. Afanador, G. Guerrero, R.

Monroy (2012).

http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0124-81702012000100003

M. William, A. Gómez, G. Camargo (2015). Efecto de la adición de biosólido sobre la resistencia de los ladrillos. 61-78.

http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1692-33242015000200005

C. Karyn, G. Jorge (2006). Aptitud a la expansión térmica de las arcillas. 69-80.

http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0012-73532006000200006

T. Wilma, B. Mario, T. Julian (2012). Investigación y desarrollo de materiales arcillosos. 136-143.

<https://www.redalyc.org/pdf/4263/426339678003.pdf>

C. Vivianne, M. Jorge, C. Amanda (2017). Evaluación de arcillas del área metropolitana de Cúcuta Colombia. 117-127.

http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-100X2017000100117

C. Margarita, L. Lidia, S. Cecilia (2005). Estudio de yacimiento arcilloso Singuilucan. 76-82.

<https://www.redalyc.org/pdf/4435/443543686013.pdf>

M. Margarita, J. Miguel, H. leonardo (2008). Caracterización de arcilla en las minas de Pomoca. 67-74.

<https://www.redalyc.org/pdf/4435/443543714009.pdf>

G. Yusleiby, M. Rafael, O. Alexis (2019). Evaluación de la expansividad de arcillas en el Pinar.

<https://www.redalyc.org/journal/6378/637869112006/html/>

Walpole, R. E., Myers, R. H., Myers, S. L. (1999). Probabilidad y Estadística para Ingenieros.

México: Pearson Prentice Hall.

Dr. Roberto Hernández Sampieri, Dr. Carlos Fernández Collado, Dra. Pilar Baptista Lucio.

Metodología de la investigación. Cuarta Edición. McGraw-Hill 2006.

Roberto Hernández Sampieri, Cristhian Paulina Mendoza Torres. Metodología de la investigación, las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta. McGraw-Hill 2023.

Héctor Daniel Lerma Gonzáles. Metodología de la Investigación, propuesta, anteproyecto y proyecto. ECOE Ediciones 2016.

Luis Arturo Rivas Tovar. Elaboración de Tesis. Estructura y metodología. Trillas 2020.

Alexia Sono Tantarico. Proyecto de tesis, un enfoque práctico. Zafiro 2023.

Humberto Gutiérrez Pulido y Román de la Vara Salazar, Análisis y Diseño de Experimentos, McGraw-Hill 2003.

Niebel-Freivalds. Ingeniería industrial, métodos, estándar y diseño del trabajo. Editorial Alfaomega. 12ª. Edición.

García Criollo, Estudio del Trabajo, Ed. Mc Graw-Hill, Segunda Edición, 2005.

Sule, D. R. Instalaciones de Manufactura: Localización, planeación y diseño México: Editorial Thomson. 2002.

Meredith. Administración de Operaciones. Limusa Willey., segunda edición.

Chase, Richard B., Aquilano, Nicholas J. Y Jacobs, F. Robert. Administración de la Producción y las operaciones. Mc Graw-Hil.

Apéndices y Anexos