

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA

FACULTAD DE ARQUITECTURA Y DISEÑO

MAESTRÍA Y DOCTORADO ARQUITECTURA, URBANISMO Y DISEÑO.



**Caracterización Física de Arcillas de Mexicali para la
Elaboración de Productos Cerámicos**

T E S I S

que para obtener el grado de

MAESTRO EN ARQUITECTURA, URBANISMO Y DISEÑO

Presenta

ALICIA CONCEPCIÓN GRACIA CABRERA

Directora de Tesis

DRA. RAMONA ALICIA ROMERO MORENO

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA

FACULTAD DE ARQUITECTURA Y DISEÑO

**MAESTRÍA Y DOCTORADO
EN ARQUITECTURA, URBANISMO Y DISEÑO**

CARACTERIZACIÓN FÍSICA DE ARCILLAS DE MEXICALI PARA LA ELABORACIÓN DE PRODUCTOS CERÁMICOS

TESIS PARA OBTENER EL GRADO
DE MAESTRÍA PRESENTA

ALICIA CONCEPCIÓN GRACIA CABRERA

Correo electrónico UABC: alicia.gracia@uabc.edu.mx

Correo personal: gracia.alicia@uabc.edu.mx

Identificador ORCID:

Director de tesis: Dra. Ramona Alicia Romero Moreno

Identificador ORCID: 0000-0002-5853-0229

Co-Director de tesis: Dr. Jorge Anguiano Lizaola

Identificador ORCID: 1732-3825

Revisor de tesis: Dr. Aníbal Luna León

Revisor de tesis: MDI. Emma del Carmen Vázquez Malagón

Mexicali B.C., 1 junio de 2021

DECLARACIÓN DE ORIGINALIDAD

Declaro que la tesis que se presenta contiene material original que no ha sido presentado para la obtención de un grado académico o diploma en esta u otra institución de educación superior. Asimismo declaro que hasta donde yo sé no contiene material previamente publicado o escrito por otra persona excepto donde se reconoce como tal a través de las citas.

Mexicali, Baja California a 1 de junio de 2021

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'AGC', is written over a horizontal line.

Alicia Concepción Gracia Cabrera

AVAL DE TERMINACIÓN DE TESIS

Fecha: 3 de Junio de 2021

DR. ALEJANDRO JOSÉ PEIMBERT DUARTE
Director de la Facultad de Arquitectura y Diseño
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA
Presente.-

Para dar cumplimiento al artículo 106 del ESTATUTO ESCOLAR DE LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA, en su TÍTULO CUARTO DE LOS TÍTULOS PROFESIONALES, GRADOS ACADÉMICOS Y DIPLOMAS, CAPÍTULO ÚNICO, sobre los requisitos para la obtención del grado de **Maestría en Arquitectura, Urbanismo y Diseño**, como director de tesis en la Línea de Generación y Aplicación del Conocimiento de Arquitectura y Medio Ambiente de la Facultad de Arquitectura y Diseño Se emite la presente acta que avala que la estudiante:

ALICIA CONCEPCIÓN GRACIA CABRERA

ha concluido su tesis de grado titulada:

CARACTERIZACIÓN FÍSICA DE ARCILLAS DE MEXICALI PARA LA ELABORACIÓN DE PRODUCTOS CERÁMICOS

Lo anterior en virtud de que se realizaron las correcciones y recomendaciones del comité tutorial, por lo que ha sido aprobada para el proceso de presentación de examen de grado.



DIRECTOR DE TESIS

DRA. RAMONA ALICIA ROMERO MORENO

FIRMA

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar quiero agradecer a mi alma máter la Facultad de Arquitectura y Diseño por brindarme la oportunidad de continuar estudiando lo que me apasiona. Especial y afectuoso agradecimiento al Mtro Jorge Anguiano Lizaola quién me brindó su apoyo antes y durante el proceso de investigación, a mi directora de tesis la Dra. Ramona Romero Moreno que supo guiarme y motivarme en cada momento. Dr. Gonzalo Bojórquez y Dr. Aníbal Luna gracias por sus revisiones y observaciones que permitieron enriquecer mi proyecto de investigación.

También quiero agradecer a MDI Emma Vázquez, a la Técnico Ceramista Norma Mainero y al Dr. Luis Guerrero Baca quienes con su conocimiento me apoyaron en el desarrollo de la experimentación. Al Instituto Nacional de Antropología e Historia de Baja California y el Arqueólogo Porcayo Michelin por el acceso a las imágenes y, al Dr. Everardo Garduño del Instituto de Investigaciones Culturales UABC por su apoyo y asesoría.

Por último quiero agradecer la vida que me permitió rodearme de personas maravillosas que me impulsaron a continuar preparándome, a mi familia, en especial a Eduardo Cota que me motivó y apoyó en los momentos más difíciles, por facilitar el acceso a herramientas y materiales, pero sobre todo gracias por tu amor y paciencia.

DICATORIA

A mí querida maestra Juliana Camacho por empaparme de su alegría y pasión por la cerámica. A mis colegas ceramistas y aprendices entusiastas por darme la motivación para explorar el comportamiento del material y así compartir conocimientos y continuar creado juntos.

RESUMEN

“CARACTERIZACIÓN FÍSICA DE ARCILLAS DE MEXICALI PARA LA ELABORACIÓN DE PRODUCTOS CERÁMICOS”

Con la llegada de la pandemia generada por el SARS-CoV-2 se evidenció la importancia de trabajar con materiales regionales ya que el cierre de fronteras impidió la adquisición de materias primas, unido a los costos de adquisición de estos materiales han dejado en desventaja a los ceramistas de Mexicali. El objetivo general de esta investigación fue realizar una caracterización física de arcillas sedimentarias de Mexicali para determinar su potencial de uso en el desarrollo de productos cerámicos. El tipo de investigación fue experimental, se recolectaron 7 muestras de suelos tipo vertisol, por medio de ensayos organolépticos se analizaron para determinar la textura de suelo, plasticidad a través de las técnicas de aro y “cola de cochino”, contracción lineal por medio de probetas, y una aproximación a la temperatura de cocción por medio del ensayo de deformabilidad. Los resultados obtenidos demostraron que las muestras del Colorado 1 pueden implementarse en el desarrollo de productos cerámicos por su excelente plasticidad y porcentaje de contracción de 8.6 a 9.6, la temperatura de cocción es entre 1013 °C a 1077 °C sin sufrir deformaciones. Se recomienda el uso de estas arcillas para la conformación de piezas utilitarias y decorativas por medio de técnicas tradicionales.

SUMMARY

"PHYSICAL CHARACTERIZATION OF CLAYS FROM MEXICALI FOR THE ELABORATION OF CERAMIC PRODUCTS"

The arrival of the pandemic generated by SARS-CoV-2, the importance of working with regional materials become evidenced since the closure of borders prevented the acquisition of raw materials, sideways the purchase costs of these materials, Mexicali potters work is on disadvantage. The general objective of this research was to generate a physical characterization of sedimentary clays from Mexicali to determine their potential for use in the development of ceramic products. The type of research was experimental, 7 vertisol-type soil samples were collected, through organoleptic tests they were analyzed to determine the soil texture, plasticity

through the techniques of hoop and "pig's tail", linear contraction by test tubes, and an approximation to the burning temperature by means of the deformability test. The results obtained showed that the Colorado 1 samples can be implemented in the development of ceramic products due to their excellent plasticity and contraction percentage of 8.6 to 9.6, the burning temperature is between 1013 ° C to 1077 ° C without suffering deformations. The use of these clays is recommended for shaping utilitarian and decorative pieces using traditional techniques.

Índice de figuras

Figura 1 Ollas de uso doméstico	xxviii
Figura 2 Piezas cerámicas para uso en rituales.	xxix
Figura 3 Talleres de artesanías Pai Pai	xxx
Figura 4 Piezas cerámicas de ceramistas pai pai.	xxxi
Figura 5 Recortes del periódico La Crónica de Mexicali 30 de abril de 1989.	xxxvi
Figura 6 Certificado de estudios de María Eugenia y recorte de La Crónica de Mexicali 30 de abril de 1989.	xxxvii
Figura 7 Interior del negocio en los 90's por Arturo Elías, exterior 2014 por Alicia Gracia, interior Zavala 2020	xxxvii
Figura 8 Proceso de elaboración básico de la cerámica. Fuente: elaboración propia.	xxxix
Figura 9. Losetas de alumnos de la clase de diseño artesanal FAD. Autor: Gracia 2018	xli
Figura 10. Piezas de las clases de diseño artesanal y diseño III. Autores Alejandra Ávila y Maythé Curiel.	xlii
Figura 11 Crisoles de cerámica obtenido de www.directindustry.es el día 14 de abril del 2021 https://www.directindustry.es/prod/morgan-molten-metal-systems/product-14746-2034746.html	xlii
Figura 12 Productos artísticos decorativos producidos en tíip talleres creativos. Imagen por Gracia 2018 y 2012.	xliii
Figura 13 Artesanías de Baja California por Alejandra Ávila	xliv
Figura 14 Proceso cerámico industrial elaboración propia.	xlvi
Figura 15 Arcilla de ladrillos. Obtenido de https://www.matildeceramica.com/diferentes-tipos-de-arcilla/ el 28 de Febrero del 2021.	li
Figura 16 Arcilla de alfareros. Obtenido de https://www.matildeceramica.com/diferentes-tipos-de-arcilla/ el 28 de Febrero del 2021.	li
Figura 17 Arcilla gres. Obtenido de https://www.matildeceramica.com/diferentes-tipos-de-arcilla/ el 28 de Febrero del 2021.	lii
Figura 18 Arcilla de bola. Obtenido de https://www.matildeceramica.com/diferentes-tipos-de-arcilla/ el 28 de Febrero del 2021.	lii

Figura 19	Caolín.	Obtenido de https://www.matildeceramica.com/diferentes-tipos-de-arcilla/ el 28 de Febrero del 2021.	liii
Figura 20	Arcilla refractaria.	Obtenido de https://www.matildeceramica.com/diferentes-tipos-de-arcilla/ el 28 de Febrero del 2021.	liii
Figura 21	Bentonita.	Obtenido de https://www.matildeceramica.com/diferentes-tipos-de-arcilla/ el 28 de Febrero del 2021.	liv
Figura 22	Clasificación de las pastas tradicionales.	Fuente: Vázquez 2005	lv
Figura 23	Esquema general de clasificación de los materiales arcillosos de aplicación cerámica.	Fuente: (Suárez)	lvi
Figura 24	Caracterización de las materias primas	(Alvarez-Rozo, 2017)	lvii
Figura 25	Caracterización de arcillas por ensayos organolépticos.	Elaborado por Gracia 2020	lix
Figura 26	Ejemplos de fracciones granulométricas de las playas de Mezquitilla (Málaga).	Obtenido de : http://www.edafologia.net/introeda/tema04/text.htm 30 Mayo 2020	lx
Figura 27	Textura del suelo.	Obtenido de http://www.edafologia.net/introeda/tema04/text.htm el 16 de Abril del 2021	lx
Figura 28	Clases texturales.	Obtenido de http://www.edafologia.net/introeda/tema04/text.htm el 16 de Abril del 2021	lxi
Figura 29	Clases de texturas.	Obtenido de http://www.prosap.gov.ar/Docs/INSTRUCTIVO%20_R001_Gu%C3%ADa%20para%20la%20determinaci%C3%B3n%20de%20textura%20de%20suelos%20por%20m%C3%A9todo%20organol%C3%A9ptico.pdf el 27 de Mayo 2021	lxii
Figura 30	Ilustraciones del proceso para el análisis de suelos por sedimentación.	Autor: The Food and Agriculture Organization.	lxiii
Figura 31	Ilustración sobre la interpretación de los datos obtenidos por análisis de sedimentación.	Autor: Nieves, 2009.	lxiv
Figura 32	Clave para determinar las clases texturales a campo.	Modificado de Thien (1979) por Tarabini en su publicación “Estimación de la capacidad de retención de agua de suelos volcánicos en función de variables de fácil determinación a campo” del 2018.	lxv
Figura 33	Procedimiento para determinar las clases texturales de suelos con forma de esfera.		lxvi

Figura 34 Procedimiento para determinar las clases texturales de suelos por medio de cordón.	Ixvi
Figura 35 Procedimiento para determinar las clases texturales de suelos forma de aro.	Ixvi
Figura 36 Aspecto de una misma masa de arcilla con diferentes contenidos de humedad, según F. H. Norton.	Ixviii
Figura 37 Pasta enrollada en forma de “cola de cochino” para medir la plasticidad de una pasta. Vázquez (2005)	Ixxi
Figura 38 Posibles resultados de la “técnica de aro” .Elaborado por Cristina Ruiz Díaz.	Ixxi
Figura 39 Contracciones que sufre una pasta cerámica en diferentes estados a la izquierda y a la derecha medición directa de la contracción de una pasta. Fuente: Vázquez 2005	Ixxiv
Figura 40 Placa de pruebas para el análisis de pastas cerámicas y disposición de las placas de pruebas durante el secado, para evitar deformaciones. Fuente: Vázquez 2005	Ixxv
Figura 41 Temperatura de cocción de las pastas tradicionales Fuente: Vázquez 2005	Ixxvi
Figura 42 Diagrama de flujo de la metodología.	Ixxix
Figura 43 Entrevista. Elaboración propia.	Ixxx
Figura 44 de el Valle de Mexicali (Ortega, 2013) Obtenido de https://sites.google.com/site/dhirebajacfa/home/municipios/mexicali/delegaciones-municipales/mapadelasdelegacionesmunicipalesdemexicali el 15 de Abril 2021	Ixxxii
Figura 45 Zonas de suelos de tipo vertisol en Mexicali. Fuente: INEGI	Ixxxii
Figura 46 Suelo con agrietamientos y conchas. Fuente: Gracia 2020.	Ixxxiii
Figura 47 Zona de extracción Colorado 1. Fuente: Google maps 2021.	Ixxxiii
Figura 48 Zona de extracción Ejido Chihuahua. Fuente: Google maps 2021.	Ixxxiii
Figura 49 Restos de conchas. Ejido Chihuahua. Alicia 2020.	Ixxxiv
Figura 50 Zona húmeda encontrada en Colorado 1.	Ixxxiv
Figura 51 Capas de limo y arcillas.	Ixxxv
Figura 52 Zona de extracción en Colorado 1 muestras 3 y 3.1 Fuente: Google maps.	Ixxxv
Figura 53 Zona de extracción Ejido Chihuahua Muestras 2 y 2.1 Fuente: Google maps.	Ixxxv

Figura 54 Zona de extracción 1 Ejido chihuahua muestras 1, 2 y 2.1. Fuente: google maps.	lxxxvi
Figura 55 Zona de extracción de la muestra 3, 3.1, 4 y 4.1 Colonia Ladrillera Mexicali B.C. Fuente: Google Maps 2020	lxxxix
Figura 56 Diagrama de procesos realizados en los análisis texturales de suelos	xcii
Figura 57 Diagrama de Tarabini (2018) basado en Thien (1979)	xciii
Figura 58 Imágenes del proceso para análisis textural de suelos arcillosos.	xciii
Figura 59 Propuesta de modificación al diagrama de Tarabini (2018) basado en Thien (1979) con énfasis en suelos arcillosos. Elaboración propia Gracia 2020.	xciv
Figura 60 Imágenes de proceso de sedimentación. Gracia 2021.	xcv
Figura 61 Procedimiento para la elaboración del cordón con forma de “cola de cochino”.	xcvii
Figura 62 Posibles resultados al aplicar la evaluación de plasticidad por técnica de cordón “Cola de cochino”.	xcvii
Figura 63 Análisis de plasticidad cordón en forma de aro.	xcviii
Figura 64 Posibles resultados de las pruebas de aro Elaborado por Cristina Ruiz Díaz	xcix
Figura 65 Procedimiento para la elaboración de placas de contracción.	c
Figura 66 Montaje de probetas en el horno.	ci
Figura 67 Elaboración de placas para evaluar la deformación de las arcillas después de una cocción.	cii
Figura 68 Montaje de probetas para evaluar la deformabilidad.	ciii
Figura 69 Equipo para la elaboración de piezas cerámicas con la que cuentan los ceramistas de Mexicali. Elaboración propia.	civ
Figura 70 Técnicas de conformación utilizadas por los ceramistas.	cvi
Figura 71 Problemas más comunes a los que se enfrentan los ceramistas al elaborar sus productos.	cvi
Figura 72 Aspecto de las muestras de izquierda a derecha 1, 2, 2.1, 3, 3.1, 4, 4.1 y 5.	cviii
Figura 73 Crecimiento de una planta en la botella de la muestra 5.	cix
Figura 74 Representación de los resultados de las pruebas de análisis por sedimentación en el diagrama triaxial. Elaboración propia.	cix
Figura 75 Resultados de análisis de plasticidad por cola de cochino, las muestras numeradas de izquierda a derecha 1, 2, 2.1, 3, 3.1, 4, 4.1 y 5.	cxii

Figura 76 Resultados de análisis de plasticidad por aro, las muestras numeradas de izquierda a derecha 1, 2, 2.1, 3, 3.1, 4, 4.1 y 5.	cxix
Figura 77 Sales en muestras 2 y 2.1 de izquierda a derecha	cxii
Figura 78 Polvo en probeta de muestra 2.1.	cxiii
Figura 79 Color de las muestras 3 y 3.1	cxv

Índice de tablas

Tabla 1 Técnicas de decoración de cerámica yumana. Fuente: INAH B.C.	xxx
Tabla 2 Registro de muestra 1	lxxxvi
Tabla 3 Registro de muestra 2	lxxxvii
Tabla 4 Registro de muestra 2.1	lxxxviii
Tabla 5 Registro de muestra 3.	lxxxix
Tabla 6 Registro de muestra 3.1.	xc
Tabla 7 Registro de muestra 4.	xcix
Tabla 8 Cantidad de agua necesaria en cada muestra para generar una mezcla plástica.	c
Tabla 9 Resultados de análisis de suelo por sedimentación.	cviii
Tabla 10 Resultados de análisis textural por plasticidad.	cx
Tabla 11 Resultados de ensayos de plasticidad.	cxii
Tabla 12 Resultados de contracción en textura de bizcocho.	cxiii
Tabla 13 Resultados generales de los ensayos.	cxvi

Índice

Introducción	xix
1.1. Antecedentes	xxi
1.2. Planteamiento del problema	xxiii
1.3. Preguntas de investigación.	xxiv
1.4. Objetivos de la investigación	xxiv
1.5. Alcances y limitaciones	xxv
1.6. Justificación	xxvi
1.7. Hipótesis	xxvi
2. FUNDAMENTOS	xxvii
2.1. Marco contextual	xxvii
2.1.1. La producción de cerámica indígena.	xxviii
2.1.2. Producción cerámica con fines educativos	xxxii
2.1.3. La producción cerámica con fines comerciales	xxxv
2.2. Marco conceptual	xxxviii
2.2.1. Tipos de productos cerámicos	xxxviii
2.2.2. Utilitario	xl
2.2.3. Decorativo	xl ii
2.2.4. Artesanales	xl iv
2.2.5. Industriales	xl v
2.3. Arcillas	xl viii
2.3.1. Definición	xl viii
2.3.2. Composición	xl ix
2.3.3. Tipos	l
2.3.4. Caracterización	liv

2.4. Ensayos	lvii
2.4.1. Análisis textural	lix
2.4.2. Plasticidad	lxvii
2.4.3. Contracción	lxxii
2.4.4. Temperatura de cocción	lxxv
3. MÉTODO	lxxix
3.1. Entrevistas	lxxx
3.2. Área de estudio	lxxxii
3.3. Extracción de las muestras	lxxxiv
3.4. Análisis textural de suelos	xcii
3.4.1. Análisis por plasticidad	xciii
3.4.2. Análisis por sedimentación	xciv
3.5. Análisis de plasticidad	xcvi
3.5.1. Ensayo “cola de cochino”	xcvi
3.5.2. Ensayo de “aro”.	xcviii
3.6. Análisis de contracción	c
3.7. Análisis de deformabilidad.	cii
4. RESULTADOS Y DISCUSIONES	civ
4.1. Entrevistas	civ
4.2. Resultados de análisis de suelo.	cviii
4.3. Resultados de análisis de plasticidad.	cxii
4.4. Resultados de contracción y deformabilidad.	cxiii
5. CONCLUSIONES	cxv

Introducción

En este trabajo de tesis se muestran los resultados de una investigación aplicada, la cual se realizó en la ciudad de Mexicali Baja California México con la cual se pretende solucionar los problemas de adquisición de materias primas a los que se enfrentan los ceramistas, ya sean artesanos, artistas plásticos, diseñadores, estudiantes o maestros. La estructura del documento está dividido en 5 capítulos: 1 Aspectos preliminares, 2 esquema de fundamentos, 3 marco metodológico, 4 resultados y discusión, finalizando con el capítulo 5 conclusiones.

El proceso de investigación inició con el acercamiento a los antecedentes por medio de una investigación documental a través de la exposición Nómadas de Barro (Porcayo, 2014) del Instituto Nacional de Antropología e Historia de Baja California (INAH), publicaciones del antropólogo (Garduño, 2016) así como la tesis de la Dra. Katerly García (García Martínez, 2017) en donde se documentaron los primeros espacios dedicados a la enseñanza y elaboración de piezas cerámicas.

También se participó en un taller de artesanías pai pai en donde se registró el proceso de conformación de piezas cerámicas tradicionales, durante este taller se aplicaron entrevistas a ceramistas lo que permitió generar redes de comunicación que posteriormente permitieron conocer a profundidad los problemas a los que se enfrentan.

El marco conceptual se enfocó en describir los tipos de productos cerámicos así como los procesos de conformación con la finalidad de mostrar la importancia de las variables a analizar, cuyos conceptos también se profundizan dentro del marco teórico y metodológico.

El enfoque del marco teórico se basó en identificar ensayos para determinar la plasticidad, contracción y punto de cocción. Los ensayos seleccionados son los comúnmente utilizados por los ceramistas y los que han permanecido en práctica, basados en la elaboración de cordones ensayos con placas para determinar la contracción y plasticidad (Vázquez, 2005). Durante el proceso de documentación se encontró información importante para determinar la presencia de arcillas en las muestras y no confundir con otro tipo de material por lo que se integró este ensayo en la exploración de suelos.

El marco metodológico inicia con una serie de entrevistas aplicadas a ceramistas con la finalidad de identificar sus usos y costumbres permitiendo

identificar los principales problemas a los que se enfrentan y así dar una perspectiva clara a la investigación experimental y de campo, así mismo se consideró el equipo con el que cuentan ya que se pretende replicar los ensayos en los talleres de los ceramistas. Según los resultados obtenidos se determinó que las arcillas nativas debían permitir la elaboración de piezas cerámicas por técnicas tradicionales y evaluar sus características físicas por medio de ensayos fáciles de replicar con materiales y herramientas accesibles.

En la fase experimental se realizó una búsqueda de campo en el Valle de Mexicali en áreas con suelo tipo vertisol según el mapa edafológico del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) para seleccionar siete muestras de arcilla en zonas húmedas cercanas a canales de riego, o bien, espacios donde se mostrará evidencia del paso de agua, como conchas y caracoles. Las áreas de extracción se encuentran en Ejido Chihuahua, Colonia la ladrillera también llamada “el chorizo” y colonia Progreso.

El Análisis textural se basó en el diagrama de Tarabini (2018) modificado de Thien (1979), en este se hace un aporte enfocado al análisis de suelos con contenido de arcilla y con las cantidades necesarias para llevar a cabo los análisis de plasticidad por medio de dos ensayos organolépticos, el primero es el comúnmente conocido como “*cola de cochino*” (Vázquez, 2005) y el segundo es con “*forma de aro*” de acuerdo al seminario de pastas con Norma Mainero (2020), en este último se propone una modificación para determinar plasticidad y porcentaje de contracción en un mismo ensayo por medio de un molde circular impreso en plástico. Otro ensayo realizado para determinar el porcentaje de contracción y para el punto de deformabilidad que ayuda a determinar la temperatura de cocción es el de placas de contracción indicado por Vázquez (2015) para la cual se diseñó un molde de plástico en impresión 3D.

El análisis de resultados se basó en determinar las arcillas con mayor potencial para su implementación en el desarrollo de productos cerámicos tomando en cuenta los resultados de los ensayos y las técnicas de conformación utilizadas por los ceramistas de la región.

1. ASPECTOS PRELIMINARES

1.1. Antecedentes

Por medio de la transformación de las materias primas encontradas en la naturaleza el ser humano ha modificado su entorno para satisfacer sus necesidades diseñando objetos que han facilitado su vida. La transformación de estos materiales “condicionó no sólo la solución de sus problemas de supervivencia sino que contribuyó también al desarrollo de él mismo” (Alpizar., 2008).

Cuando el hombre descubrió que los objetos de barro húmedo se contraen y endurecen al secarse por la acción del calor, y que su resistencia mecánica en esas condiciones mejora, comenzó un avance importante en el desarrollo del hombre. La abundancia de este material y su accesibilidad le permitió desarrollar vasijas para almacenar, transportar y cocinar los alimentos satisfaciendo sus necesidades básicas hasta la actualidad. A través de los trabajos arqueológicos efectuados por el Instituto Nacional de Antropología e Historia (INAH) de Baja California se ha descubierto que los antiguos pobladores del territorio norte de la península entre los actuales estados de California, Baja California, Sonora y Arizona, desarrollaron cerámica desde hace más de un milenio. (Porcayo, 2014)

Los materiales cerámicos han tenido un papel importante en el desarrollo del hombre y en la actualidad estos materiales siguen siendo importantes para el desarrollo de la humanidad ya que no solo son utilizados para actividades domésticas, hoy en día son utilizados en la construcción, medicina, incluso en el transporte como autos, aviones, naves espaciales entre muchas aplicaciones más ya que como menciona Alpizar “... es importante mencionar que en las pastas cerámicas técnicas utilizadas en la ingeniería, la arcilla puede ser sustituida por otros materiales que proporcionan propiedades específicas de acuerdo a los requerimientos del proyecto. Gracias a los avances en la comprensión teórica de la estructura física y biológica de la materia, así como los progresos en las técnicas experimentales e industriales, han permitido a la humanidad desarrollar nuevos materiales..” (Alpizar, 2008), este desarrollo permite diseñar productos más especializados e innovadores que facilitan las actividades de la humanidad, abriendo nuevos horizontes inimaginables.

Para los ceramistas es importante conocer las características de los materiales ya que les permitirá explorar diversas aplicaciones, ya sean utilitarias o

artísticas, y les permite elegir técnicas para la manufactura de sus diseños o prever el tamaño adecuado durante la construcción para obtener las dimensiones deseadas. En Mexicali existen 10 espacios para el aprendizaje de la cerámica de los cuales egresan artistas plásticos, diseñadores industriales y personas interesadas en esta actividad que lo toman como un pasatiempo. La mayoría de estos centros utilizan materias primas de Estados Unidos o bien del interior de la república, lo que provoca el incremento del costo por el pago de envío y genera largos tiempos de espera que pueden ocasionar la demora del inicio de prácticas en estos centros e incluso hasta mediados del ciclo escolar. Los altos costos de importación encarecen los productos que elaboran y limita la cantidad de alumnos que ingresan a estudiar cerámica por la dificultad económica.

También se encuentran aquellos artesanos que se dedican a la cerámica como sustento, los artesanos que producen ladrillos para la construcción experimentan con arcillas regionales a prueba y error enfrentándose al reto de controlar su comportamiento mermando horas de trabajo en cada quema. Por el desconocimiento del comportamiento del material se pierden muchas piezas en el proceso de construcción, desde rupturas, mala cochura, piezas de gran espesor entre otros inconvenientes.

1.2. Planteamiento del problema

El uso de materias primas importadas eleva el precio de adquisición ya que no solo se tiene que realizar el pago por el traslado del material de un país a otro sino que además, los tiempos de traslado del material puede atrasar el tiempo de producción. Lo mismo sucede con las materias primas provenientes del interior de la república que por su peso generan costos de envío que encarecen la materia prima. Los precios y tiempos prolongados impactan en la productividad y encarecen los productos de los ceramistas.

Aunque algunos ceramistas han comenzado a explorar suelos arcillosos de la región no siguen un proceso ni documentan sus procedimientos, por lo cual determinar sus características sigue siendo un reto. El utilizar arcillas regionales sin realizar un análisis para estabilizar la pasta, puede generar problemas en relación a porcentajes de contracción de las piezas y en muchas ocasiones rupturas.

En centros culturales y en licenciaturas relacionadas al arte y diseño se imparten cursos de cerámica en donde también se enfrentan a dificultades para adquirir los materiales básicos, por lo que en ocasiones empiezan clases sin éstos, limitarse a comprar fuera de la ciudad es continuar lidiando con el problema y heredarlo a las futuras generaciones de ceramistas, incluso verse reflejado en la disminución de matrícula por la falta de acceso a materiales más económicos que les permita aprender a todas las clases sociales.

1.3. Preguntas de investigación.

Pregunta general

¿Cuáles son las características de las arcillas sedimentarias regionales para la elaboración de objetos cerámicos en Mexicali Baja California?

Preguntas específicas

¿Cuáles son las arcillas con mejor plasticidad para la elaboración de objetos cerámicos?

¿Cuál es el porcentaje de contracción de las arcillas en sus diferentes estados?

¿Cuál es el rango de temperaturas para cocción de las arcillas de Mexicali?

1.4. Objetivos de la investigación

General

Caracterización física de las arcillas sedimentarias de Mexicali para determinar su potencial de uso en el desarrollo de productos cerámicos.

Específicos

1. Determinar las características de los materiales que requieren los ceramistas y el equipo con el que disponen.
2. Seleccionar los posibles lugares para la extracción de las muestras de las arcillas sedimentarias.
2. Medir la plasticidad y porcentaje de contracción de las arcillas.
3. Determinar la temperatura de cocción de las arcillas analizadas.

1.5. Alcances y limitaciones

La investigación se enfoca en identificar tres zonas de extracción de arcillas en suelos tipo vertisol de Mexicali, así como determinar las variables de plasticidad, porcentaje de contracción y temperatura de cocción de las muestras que permitan determinar su potencial de uso en el desarrollo de productos cerámicos.

El tiempo requerido para el desarrollo de la investigación es de dos años en el cual se desarrolló trabajo documental y de campo, las limitantes causadas por la pandemia generadas por el virus SARS-CoV-2 provocó cambios sustanciales en el desarrollo de la investigación. La falta de acceso a laboratorios y equipo especializado así como el recurso humano de especialistas generó la necesidad de adecuar un espacio en casa para el desarrollo de las actividades. Estos cambios se vieron reflejados en la decisión de utilizar los análisis a través de ensayos organolépticos, los cuales no requieren de equipo costoso. Las limitaciones del proyecto permitieron explorar nuevas rutas que se adaptan a las condiciones de los ceramistas ya que los instrumentos necesarios se encuentran en los talleres convencionales, esto permite que los ensayos sean replicados fácilmente teniendo un mejor impacto para la comunidad ceramista.

1.6. Justificación

El diseño de productos cerámicos requiere de conocimientos técnicos y prácticos sobre las arcillas y sus comportamientos, esto le permite al ceramista cumplir con los requerimientos de sus proyectos, en especial cuando se pretende cumplir con medidas exactas y acabados precisos.

El desarrollo de esta investigación permitirá a los ceramistas de Mexicali ser más competitivos al contar con lugares potenciales para la extracción de arcillas, formular sus propias pastas permite poner en ventaja económica tanto a los emprendedores regionales como a los alumnos que se encuentran en formación. El uso de arcillas regionales y el desarrollo de prácticas de investigación dentro del Laboratorio de Cerámica del programa de estudios en Diseño Industrial permitirán proporcionar una formación integral a los estudiantes con la finalidad de que ellos mismos puedan elaborar sus materias primas.

Es elemental realizar una caracterización de materiales arcillosos de acuerdo a las variables de interés para el ceramista, ya sea estudiante, artesano, artista o diseñador industrial. Determinar la plasticidad del material permite elegir la apropiada para modelar piezas, conocer el porcentaje de contracción durante los diversos estados del barro permite desarrollar piezas con exactitud dimensional. Identificar el punto de cocción es elemental para cristalizar el material y así obtener piezas cerámicas resistentes.

Los beneficiarios directos en el sector público son las escuelas de diseño y artes plásticas como la Facultad de Arquitectura y Diseño (FAD), Facultad de Artes (FA) de la Universidad Autónoma de Baja California (UABC) que ofrecen cursos de cerámica, así mismo las casas de la cultura del Instituto Municipal de Arte y Cultura de Mexicali. En el sector privado los beneficiarios directos son los talleres de artesanos y egresados de las carreras afines así como artesanos que se dediquen a la producción de piezas cerámicas como las ladrilleras.

1.7. Hipótesis

El uso de las arcillas tipo vertisol cumple con las propiedades y características para la elaboración de productos cerámicos y su uso disminuye los costos de producción artesanal.

2. FUNDAMENTOS

El capítulo de fundamentos se encuentra dividido en marco contextual, teórico y metodológico. El primer apartado muestra las bases de la cerámica regional con la producción de cerámica indígena, así mismo describe el estado actual del problema a través del tiempo y espacio desde dos perspectivas: producción cerámica con fines educativos y con fines comerciales.

En el apartado de marco teórico se describen conceptos básicos relacionados con el proyecto de investigación, definiciones de producto cerámico y los tipos de productos según su función: práctica o estética. Se realizó una clasificación de productos de acuerdo a la forma de elaboración industrial o artesanal, además se explicó a grandes rasgos el proceso cerámico con la finalidad de comprender la importancia de las variables a analizar.

El marco teórico inicia con el acercamiento a las arcillas y su composición, con el propósito de identificar los ensayos para la caracterización física de materiales arcillosos, se llevó a cabo una investigación documental con énfasis en los ensayos organolépticos que permitieran evaluar las variables de plasticidad, porcentaje de contracción y temperatura de cocción de las arcillas, es necesario aclarar que ante las limitantes generadas por la pandemia se recurrió a ensayos que requirieran de equipo básico y de fácil acceso.

2.1. Marco contextual

La investigación se basó en publicaciones del Antropólogo Everardo Garduño y la exposición Nómadas de Barro así como la asistencia al taller “Artesanías Pai Pai” en Casa de Artes y Oficios “La Joyita” en el cual se observó la técnica tradicional por manos de la artesana Daría Mariscal de la comunidad Pai Pai en Santa Catarina, Ensenada.

En el apartado producción de cerámica indígena se describen las técnicas y formas que dieron origen a las primeras piezas cerámicas, así como, el uso que le daban las tribus Yumanas de acuerdo a la información presentada en la Exposición Nómadas de Barro. El capítulo termina con muestras de piezas de las artesanas que actualmente elaboran cerámica en Santa Catarina y fotografías del taller de artesanías Pai Pai.

En la segunda sección se encuentra la producción cerámica con fines educativos, la información se obtuvo de entrevistas, documentación por medio de revistas, periódicos y la tesis “Alternativas para la producción de obra artística en cerámica: caso taller de cerámica de la Universidad Autónoma de Baja California de Mexicali” de la Dra. Katery García. La tercera sección abarca los antecedentes de la cerámica con fines comerciales con el caso del proveedor de materiales cerámicos que desde 1989 se ha mantenido como principal proveedor de Mexicali.

2.1.1. La producción de cerámica indígena.

En Baja California se han encontrado restos de objetos cerámicos lo que demuestra que las comunidades indígenas comenzaron a fabricar cerámica entre los años 1000 y 1300 probablemente por las tribus del Río Colorado ya que las formas y técnicas empleadas son comunes entre todos los grupos de la región yumana, a través de estas piezas se han podido determinar el uso que se les daba, así como las técnicas empleadas en la elaboración de dichas piezas.

Los restos encontrados son diversos desde pequeños fragmentos llamados tiestos cerámicos hasta vasijas y ollas de cerámica en buen estado, comúnmente eran de uso doméstico ver figura 1.1. Las vasijas se utilizaban para contener, preparar y almacenar alimentos, las ollas más grandes servían de graneros donde almacenaban diversas semillas que recolectaban como las de mezquite, bellotas o piñones, también utilizaban ánforas y jarras para transportar agua, estas eran más propensas a romperse ya que eran trasladadas de campamento en campamento por los grupos nómadas. (Porcayo, 2014)



Figura 1 Ollas de uso doméstico

Otro uso común de las ollas eran en rituales, estas piezas tenían apliques e incisiones o aplicaciones de pigmento, se cree que los elementos decorativos quizás definían los límites étnicos entre los grupos de habla Yumana. En los rituales también se utilizaban unas cucharas efigie con un asa con la representación de un

rostro, los ojos parecen granos de café formados por aplique de bolitas de barro. En ocasiones se utilizaban ollas efígie para contener sustancias que alteraban la conciencia mental, otro objeto cerámico utilizado en ceremonias de luto eran las pipas. (Garduño, 2016).



Figura 2 Piezas cerámicas para uso en rituales.

De acuerdo a la información presentada por el arqueólogo Antonio Porcayo en la exposición nómadas de barro 2014 del Instituto Nacional de Antropología e Historia de Baja California (INAH B.C.) el proceso para la elaboración de piezas cerámicas comenzaba con "la selección de las arcillas que se encontraban a su alcance posteriormente se hacía una reducción por medio del uso de morteros. Para disminuir su plasticidad se aplicaban desgrasantes con el fin de disminuir su plasticidad y retener la forma, para moldear la base de las vasijas se colocaba una "tortilla" de barro sobre una piedra o la base de una olla, y entre estas se colocaba ceniza para evitar que se adhiriera. Posteriormente se aplicaban tiras de barro sobreponiéndolas para formar el cuerpo, conforme se agregan los cordones se hacía uso de una pala y un yunque.

La pala servía para desbastar las tiras de barro y los yunques de base o soporte para que los golpes formaran las paredes, continuando con la aplicación de más tiras que se devastaban con las manos formando el cuello y borde de las vasijas, dándoles un acabado final alisando las paredes con la mano mojada y se decoraban si se deseaba. Finalmente se secaban y se cocían en hornos alimentados con las maderas accesibles."

Identificar las técnicas de elaboración que implementaban permite comprender el desarrollo tecnológico de estos grupos de ceramistas, en la tabla 1 se pueden apreciar las técnicas decorativas.

Tabla 1 Técnicas de decoración de cerámica yumana. Fuente: INAH B.C.

Pastillaje	Incisión	Punzonado	Corrugados	Calados
				
				

La técnica de pastillaje Consiste en pegar, antes de la cocción, elementos decorativos de pequeñas dimensiones esta técnica también es conocida como adición. Por otra parte la técnica de incisión consistía en la aplicación de un cordón o banda de arcilla en el borde de la vasija fresca, que después era modelado con las yemas de los dedos, el cordón se desbastaba sólo en el interior. Otra técnica es la de punzonado que consiste en pinchar repetidamente la superficie del cuerpo cerámico fresco. El acabado rugoso se daba por medio de una capa de arena que se aplicaba sobre el cuerpo y base exterior de las ollas aumentando su resistencia al fuego y conservando por más tiempo su temperatura. Por último el calado parte de un delineando en las paredes de la pieza de barro, comúnmente utilizaban diseños geométricos que después eran totalmente extraídos de las vasijas crudas.

La técnica de cocción utilizada por los indígenas fue la hoguera primitiva la cual consiste en hacer hoyos poco profundos y alimentar el fuego con leña, en el caso de los pai pai han experimentado con el excremento de vaca, que al momento de la combustión y del horneado de las piezas trae como resultado manchas de la cocción diferencial, que se manifiestan en el color café de base de sus vasijas, matizándolas con colores que van desde los óxidos hasta el negro con dibujos caprichosos únicos que ahora son una especie de decoración.

Actualmente las alfareras de Santa Catarina desarrollan piezas de cerámica aunque han cambiado las formas, en estas nuevas piezas se utiliza arcillas del Río Colorado y del Río Hardy en la comunidad indígena del Mayor Cucapá. Los artesanos imparten talleres en donde transmiten sus conocimientos milenarios sobre la transformación del barro en la figura 1.1 se muestran imágenes del taller “Artesanías Pai Pai” en el taller Xicali de Mexicali.



Figura 3 talleres de artesanías Pai Pai

Durante los talleres se improvisó un punto de venta en el cual se pudo observar el trabajo de las artesanas, en la figura 4 se muestran piezas de las artesanas comúnmente utilizadas en la cocina.



Figura 4 Piezas cerámicas de cerámistas pai pai.

2.1.2. Producción cerámica con fines educativos

Por medio de una investigación documental, entrevistas así como la tesis de Garcia 2017 se recolectó información sobre las instituciones educativas que en algún momento han impartido clases de cerámica y/o se encuentran impartiendo cursos actualmente. Entre las instituciones se encuentra Instituto Pedagógico Auditivo Oral (IPAO), Escuela de Bellas Artes, Casa de la cultura, Centro Estatal de las Artes, Escuela de Artes ahora FA y la FAD de la UABC.

En 1958 se fundó el Instituto Psicopedagógico Auditivo Oral por padres con hijos que padecían problemas de audición, entre los padres se encontraba el Sr. César Prieto Larriva, padre de una niña con problemas de audición y por ende, también oral, quien encabezó al grupo de papás junto a Guillermo Lagarde, Mago Ruiz de Chávez y otros. Prieto Larriva donó el terreno localizado en el Kilómetro 1.5 de la Carrereta a San Felipe, en donde se encuentra dicho centro. Vale la pena comentar que Armando y su esposa fueron fundadores, junto con el señor César Prieto, del Instituto Pedagógico Auditivo Oral de Mexicali (Bojórquez, 2015)

En este espacio se contaban con hornos en donde se desarrollaban piezas cerámicas como vajillas, las vendían en la central licorera ya que el Sr. Cesar Prieto era el dueño, es así como la cerámica elaborada en Mexicali comenzó a comercializarse.

“Él tenía unos hornos, él fue realmente el primero que hizo cerámica aquí en Mexicali... Trajo maestros del sur para que los sordos de aquí del instituto pedagógico auditivo oral hicieran cerámica” (Camacho, 2020)

Actualmente el Instituto sigue brindando el servicio para pequeños en edades de intervención temprana, preescolar y primaria, así como también ofreciendo talleres laborales dirigidos a adolescentes, la enseñanza de la cerámica quedó en el pasado, actualmente no se imparte cursos de este tipo.

En la fase de investigación sobre la escuela de Bellas Artes y el Centro Estatal de las Artes fue complicado recopilar información a causa de la contingencia por Covid 19, por tal motivo el acceso a información se vio restringida, por medio de entrevistas solo se pudo determinar que en los 70's el maestro Sergio Reyes impartía clases en Bellas Artes. El profesor Ariel Duarte actualmente imparte clases

de cerámica en esta institución, quien además se encuentra investigando sobre las arcillas de la región y elabora sus propias pastas, tanto para su consumo como para apoyar a alumnos con interés por aprender pero que no cuentan con recursos económicos para acceder al material. La necesidad de utilizar materiales cerámicos regionales se hace latente en las clases según las experiencias que compartió para esta investigación vía telefónica.

Por otra parte en la década de los ochenta, la Universidad Autónoma de Baja California (UABC), a sus 26 años de haber sido fundada, inició actividades artísticas y culturales por medio de la Dirección de Extensión Universitaria en donde germinó un semillero de jóvenes promotores culturales y artistas en todas las áreas de creación.

Los talleres de la Universidad Autónoma de Baja California iniciaron en el campus central de la Universidad por medio de profesores dedicados a la docencia con gran motivación por compartir sus conocimientos y técnicas, aunque no contaban con estudios universitarios, su formación fue autodidacta y con base empírica, por medio de su propia investigación como Elmer Alberto Sánchez, instructor de los cursos de cerámica.

En 1982 iniciaron los cursos de cerámica en un salón con unas cuantas sillas, mesas, y el horno del maestro Sánchez, al inicio solo se ofertaron dos niveles el básico y el de avanzado, los últimos eran alumnos que acreditaban el primer curso y deseaban permanecer aprendiendo, así fue como los primeros grupos de jóvenes destacados consolidaron el primer grupo representativo. Lo que caracterizó a los cursos culturales de cerámica y a los miembros del taller fue que eran demandados por el público en general y no por estudiantes.

Este espacio fungió como catalizador para acelerar y agrupar a personas interesadas en la actividad de la cerámica como comenta García (2017) “Los talleres son un formato muy común en la educación, resultan útiles para la transmisión de información y la adquisición de capacidades. Cuando un taller se origina es para lograr que un grupo pequeño de personas mejore su formación, obtenga conocimientos y aprenda a aplicarlos por medio de las actividades propuestas en el mismo”.

En estos espacios, así como en los que actualmente se imparten cursos de cerámica, se desarrollan capacidades y habilidades a través de actividades cortas e intensivas en donde un pequeño grupo de personas comparten experiencias y conocimientos. Por medio de la investigación y exploración del material, el alumno va adquiriendo nuevos conocimientos, en este proceso de aprendizaje juega un papel muy importante la exploración y compartir conocimientos entre docente y alumnos ya que el comportamiento de los materiales cerámicos depende de una gran variedad de factores y no es preciso.

El problema de adquisición de materias primas para la elaboración de cerámica siempre ha existido ya que como comenta Katery “los materiales que requerían los alumnos, eran adquiridos, transportados y vendidos en el taller por el propio maestro, quien viajaba a la ciudad de Los Ángeles, California para poder conseguirlos con precios más accesibles para los estudiantes. Este sistema de trabajo se mantuvo durante las dos primeras etapas del taller.” (Garcia, 2017)

Casa de la cultura inició a impartir cursos de cerámica en 1991 con la maestra Carmen a cargo del grupo, esta institución educativa solo ha tenido tres maestros de cerámica siendo la maestra Carmen quién impartió durante la mayoría del tiempo. Entre 1990 y el 2010 hubo mayor interés en las clases de cerámica de casa de la cultura, siendo las amas de casa las más interesadas, en 1993 y 1994 participaban en la exposición de Imperial California.

Con el tiempo, el interés por el curso disminuyó a causa de los costos que representaba la clase no solo por la inscripción sino por la adquisición de las materias primas y las herramientas, en el 2015 la maestra Carmen dejó de impartir la clase por problemas de salud, consecuencia de la práctica docente con este material. Fue entonces cuando por un periodo breve el Maestro Juan José Cardoza Rojero impartió el curso. La maestra que actualmente imparte el curso es Karina Venegas egresada al igual que el maestro Cardoza de la Escuela de Artes de la UABC, ella inició en febrero del 2016 impartiendo el curso para adultos y en julio del mismo año se aventuró a impartir clase a niños en casa de la cultura progreso enseñando técnicas básicas de construcción, esmaltes y marmoleado.

Taller “*Xicali cerámica*” fue fundado recientemente por la unión de dos ceramistas Marcela Guevara Villareal y Samanta Ibarra Rangel en octubre del 2019

siendo la escuela más joven de la región, en donde se imparten las técnicas básicas (cordón, pellizco y placa) y se trabaja con barro de la región. Además de impartir cursos también promueven el trabajo artesanal de las ceramistas de Santa Catarina que desarrollan piezas con la técnica tradicional, por medio de apoyos de la Secretaría de Cultura de Baja California (ICBC), Centro Cultural Tijuana (CECUT) y la diputada Carmen Hernández de Tijuana lograron impartir el taller “*Jornada de talleres de artesanías Paipai*” el 7 y 8 de marzo del 2020 con la artesana Daria Mariscal de la comunidad Santa Catarina, quién fue su madrina de primera quema en Noviembre del 2019.

Taller “*La Planta*” fundado en Septiembre del 2019 por Karina Venegas, egresada de la Facultad de artes de la UABC, se dedica a la elaboración de productos cerámicos y a la formación de ceramistas por medio de las técnicas tradicionales (cordón, pellizco y placa), su fundadora ha comenzado recientemente a comercializar arcillas y herramientas entre sus alumnos.

Indiscutiblemente podemos condensar que la accesibilidad a los materiales cerámicos en el sector educativo es un problema que prevalece a través del tiempo, aunque se cuenta con un proveedor de materiales provenientes de Estados Unidos de América es una realidad que los altos costos limitan a muchos estudiantes. Por otra parte se encuentran los ceramistas que han comenzado a comprar materiales al interior de la república que también tiene el reto de reducir los costos de producción de sus piezas.

2.1.3. La producción cerámica con fines comerciales

El proveedor de materiales cerámicos de Mexicali más conocido y con mayor tiempo en el mercado regional siendo el único durante más de 21 años es “La Casita de Marú” que inició actividades formalmente en el año de 1989. Atendida por la Sra. María Eugenia de Elías y su esposo el Sr. Armando Elías quién actualmente continúa con las actividades del negocio. Ellos lograron adquirir la licencia de la marca Duncan para comercializar sus productos en México. La venta de materiales, pinturas, moldes, accesorios, pinceles y artículos para elaborar cerámica han posicionado a La casita de Marú como proveedor número uno en Mexicali por su variedad, tiempo y formalidad.

El mayor auge de la cerámica en Mexicali fue a mediados de los 80's y en los 90's, la gente estaba muy interesada en aprender a hacer cerámica por lo que las actividades recurrentes en el taller eran los cursos con ceramistas certificados por la marca Duncan, en donde la dueña del negocio aprendió a elaborar cerámica.

En la figura 4 se puede observar a la izquierda la sección novedades del periódico La crónica de Mexicali en donde se muestra la inauguración de La casita de Marú en Abril de 1989. A la derecha Recorte del periódico la crónica que muestra los productos en venta de la tienda “La casita de Marú”.



Figura 5 Recortes del periódico La Crónica de Mexicali 30 de abril de 1989.

La casita de Marú se convirtió no solo en proveedor sino en escuela en donde los cursos se impartían por proyecto, es decir el alumno llegaba y adquiría los insumos para elaborar su proyecto (barro, herramientas de modelado, pinceles, pinturas y esmaltes) se les daba acceso a las instalaciones y se le guiaba en el proceso de elaboración de una pieza de cerámica. En este espacio se realizaba todo el proceso de conformación, desde la elaboración de la barbotina, conformación, cocción, esmaltado y cocción final. La enseñanza de esta escuela se distinguió por los maestros de los talleres de la marca Duncan quienes hacían giras por diversas partes del mundo. El proceso de colado en moldes les permitía la perfección de las piezas y la calidad de los productos cerámicos. En la figura 5 a la izquierda el primer reconocimiento de la Sra. María Eugenia de Elías en donde se avalan sus estudios de cerámica. A la derecha recorte del diario La crónica de Mexicali en donde se puede apreciar la primera generación de maestras de cerámica. Con un acervo impresionante de moldes se continúa vendiendo de todo tipo de formas tanto utilitarias como decorativas.



Figura 6 Certificado de estudios de María Eugenia y recorte de La Crónica de Mexicali 30 de abril de 1989.

Con el tiempo se expandió la sub-distribución de productos, moldes, bizcocho en Baja California Sur y al interior de la república como el Distrito Federal, Nuevo León y Chihuahua. En este espacio actualmente se cuenta con un gran acervo de esmaltes cerámicos y herramientas para la conformación de productos cerámicos.

“La Casita de Marú” sigue comercializando productos cerámicos y posicionándose como principal proveedor de los ceramistas regionales teniendo como principales clientes las escuelas como Casa de la cultura, los programas de Artes Plásticas y Diseño Industrial de la UABC. En este espacio atienden actualmente dos egresados de Diseño Industrial Poletth Zavala y Jordan Javier que se encuentran renovando el espacio con intención de abrir nuevamente cursos de cerámica. En la figura 6 a la izquierda se muestra una imagen del interior de la tienda La casita de Marú, en el lado derecho se muestra atendiendo en la caja a la Sra. María Eugenia Elías, a la derecha se muestra el exterior actual del establecimiento.



Figura 7 Interior del negocio en los 90's por Arturo Elías, exterior 2014 por Alicia Gracia, interior Zavala 2020

2.2. Marco conceptual

En este apartado se describen conceptos básicos relacionados al proyecto de investigación tales como definiciones de producto cerámico y los tipos de productos según su función: práctica o estética. Además se realizó una clasificación de productos de acuerdo a la forma de elaboración industrial o artesanal, así mismo describe a grandes rasgos el proceso cerámico con la finalidad de comprender la importancia de las variables a analizar en el marco teórico.

2.2.1. Tipos de productos cerámicos

En el diseño se hace referencia al producto como un objeto de diseño, que tras ser evaluado en el cumplimiento de los condicionantes y requerimientos para el cual fue creado, es producido y puesto en el mercado al criterio del usuario o consumidor final. La American Marketing Association (A.M.A.) en su sitio web define el término producto, como:

"un conjunto de atributos (características, funciones, beneficios y usos) que le dan la capacidad para ser intercambiado o usado. Usualmente, es una combinación de aspectos tangibles e intangibles. Así, un producto puede ser una idea, una entidad física (un bien), un servicio o cualquier combinación de los tres. El producto existe para propósitos de intercambio y para la satisfacción de objetivos individuales y de la organización" (American Marketing Association, 2009)

El Laboratorio de Diseño e Innovación para Cundinamarca Artesanías de Colombia S.A. en su proyecto Fomento a la actividad productiva artesanal del departamento de Cundinamarca del 2014 determina que:

"El producto es un conjunto de atributos físicos tangibles reunidos en una forma identificable. Cada producto tiene un nombre descriptivo o genérico que todo mundo comprende: reloj, lapicero, pelotas de béisbol etc. El producto es el resultado de un proceso creador que tiene un conjunto de atributos tangibles e intangibles: Apariencia formal – Color - Empaque Precio

Calidad Marca Servicios Posicionamiento del vendedor (empresa, taller o persona)"

Por otra parte se puede definir producto cerámico a todos los objetos elaborados por medio de los procesos de transformación de la cerámica ya sean artesanales o industrializados artísticos o utilitarios, sin importar el nombre (escultura, taza, florero, ladrillo, etc) ni su apariencia formal (color, textura, forma, etc.) Los productos cerámicos pueden tener diversas funciones como la estética, función práctica, incluso simbólica. "Los productos cerámicos son artículos hechos por el "hombre", que han sido primero moldeados o modelados usando un amplio número de minerales y rocas, y luego permanentemente endurecidos por el calor (Adams, 1961)." Por lo anteriormente mencionado podemos retomar que el proceso de cocción es un paso imprescindible para endurecer los objetos cerámicos y por lo tanto un aspecto importante a tomar en cuenta.



Figura 8 Proceso de elaboración básica de la cerámica. Fuente: elaboración propia.

Para comprender mejor la figura 8 es necesario identificar que el diagrama muestra el proceso de elaboración de cerámica de forma general ya sea artesanal o industrial los cuales se explicara más adelante. Existen diversas maneras de elaborar piezas cerámicas, la intención de este apartado es simplemente informar de forma general al lector para facilitar la comprensión de la importancia de las

variables a analizar ya que en cada parte del proceso la materia prima sufre cambios importantes que abordaremos en el marco teórico y metodológico.

Avanzando en nuestra definición podemos consultar a Emiliano Galán (2005) en su publicación Materias primas para la industria cerámica en donde define la cerámica como "objeto moldeado con materias primas naturales plásticas y endurecido permanentemente por el calor". En la definición anterior vemos como requisito el uso del calor para la transformación del material arcilloso para considerar que se trata de un objeto cerámico. Según la Norma Oficial Mexicana NOM-231-SSA1-2016, donde se especifican las características de los artículos de alfarería vidriada, cerámica vidriada, porcelana y artículos de vidrio indica que se determina cerámica a:

"material inorgánico no metálico que se produce por sinterización de materiales inorgánicos a partir de temperaturas de 700 °C o más, cuyo principal componente es el de óxido de silicio y silicatos complejos como caolines, arcillas, feldespatos y otros. La superficie puede ser vidriada o esmaltada para hacerla más impermeable, resistente o con propósitos decorativo-estéticos. En esta se incluyen las porcelanas refractarias."

En conclusión los productos cerámicos son objetos artísticos o utilitarios que son elaborados por medio de procesos de transformación de materias primas como caolines, arcillas, feldespatos, sílice que componen una pasta cerámica. Durante el proceso es elemental la intervención del fuego, ya sea mediante un proceso artesanal o industrial.

2.2.2. Utilitario

Los productos utilitarios son objetos diseñados en base a las funciones primordiales requeridas para solucionar una o varias necesidades, la funcionalidad de un objeto es el resultado de estudiar profundamente factores como forma, función, uso, materiales y procesos de producción. Los productos cerámicos utilitarios son objetos creados con una finalidad determinada, cumplir una necesidad a través de su función práctica y estética, aunque en este apartado haremos mayor

énfasis en la función práctica es importante precisar que los objetos utilitarios creados por diseñadores industriales tienen un alto valor estético.

Tellez, en su obra *El diseño y la multifunción de los objetos* precisa que:

Un objeto que incorpora adecuadamente en su diseño sus funciones primordiales, tiene la posibilidad según su eficiencia, para demostrar que posee un valor agregado adicional al que puedan conferirle sus atributos de marca y manufactura. Trasciende del objeto común y local para convertirse en un objeto utilitario de calidad. El objeto utilitario debiera pensarse en razón del aprovechamiento máximo de sus propiedades para configurar su valor en función de los atributos de diseño que incorpora en su manufactura (Téllez, 2006, pág. 233)

En relación con la interpretación de Tellez me atrevo a confirmar que los objetos utilitarios muestra su eficiencia a través de sus funciones primordiales, la configuración estética, práctica y de uso de un objeto utilitario dependerá no solo de factores funcionales, estéticos, ergonómicos si no que el aprovechamiento máximo de las propiedades del material así como el conocimiento de los procesos de manufactura permiten la configuración correcta de un producto. En el caso de los productos utilitarios cerámicos la resistencia del material y los acabados son requerimientos elementales para terminar el tipo de pasta cerámica a implementar.

Los productos utilitarios de cerámica se pueden producir de manera artesanal o industrial, entre los productos utilitarios que podemos encontrar están los elaborados para la construcción y el hogar. En la imagen 2.7 se observan losetas elaboradas en la clase de diseño artesanal de la carrera de diseño industrial de la FAD en UABC campus Mexicali.



Figura 9. Losetas de alumnos de la clase de diseño artesanal FAD. Autor: Gracia 2018

La cerámica para el hogar como: Artículos de cocina, vajillas, ollas, comales, floreros, macetas, lámparas, son otros de los productos utilitarios básicos que se pueden encontrar en abundancia, en la figura 10 se observan trabajos de alumnos de la licenciatura en diseño industrial, a la izquierda un plato plano, en el centro un plato hondo ambos con aplicación de esmaltes por medio de pincel y vinilos

utilizados como plantillas para generar la decoración del centro. Al lado derecho de se muestra un juego de jarra y vaso elaborado en la FAD UABC campus Mexicali.



Figura 10. Piezas de las clases de diseño artesanal y diseño III. Autores Alejandra Ávila y Maythé Curiel.

Otros de los productos utilitarios son los realizados con cerámica química y técnica como lo son los crisoles, embudos, vasos de precipitados, cápsulas, rodillos, trituradores, diagramas eléctricos, etc (Vázquez, 2015)



Figura 11 Crisoles de cerámica obtenido de [www.directindustry.es](https://www.directindustry.es/prod/morgan-molten-metal-systems/product-14746-2034746.html) el día 14 de abril del 2021

2.2.3. Decorativo

Según Lobach existen tres funciones en los productos: práctica, simbólica y estética. La función estética es el aspecto psicológico de la percepción sensorial durante el uso, es decir la relación que experimenta el usuario al interactuar con un objeto, colores, textura, tamaño, contraste, relieves, signos, etc. Los productos decorativos cumplen con la función estética la cual se caracteriza por la interacción usuario-objeto por medio de la percepción, es decir, es el aspecto psicológico de la percepción sensorial durante el uso. El Laboratorio de Diseño e Innovación para Cundinamarca Artesanías de Colombia S.A. 2014 en su proyecto fomento a la actividad productiva artesanal del departamento de Cundinamarca determina que:

Productos Decorativos: Son aquellos que cumplen una tarea estrictamente estética y simbólica. Estética dirigida a los sentidos y simbólica ante el valor de representación que le da la condición humana (cultura). Los objetos decorativos cumplen funciones secundarias en necesidades opcionales y muchas veces suntuarias del hombre. El valor de este tipo de objetos se mide por elementos estéticos, culturales, y simbólicos, incluso son valorados subjetivamente por el valor de los materiales en

que están elaborados o contruidos Ej. El cuadro de un paisaje, una escultura de cerámica, productos iconos culturales como las Chivas de Pitalito –Huila, o los canastos en Werregue elaborados por la comunidad indígena del Bajo san Juan en Choco. (Artesanías de Colombia S.A. 2014)

Los productos decorativos también se relacionan con los productos artísticos u obra artística aunque los productos artísticos tienen más que una finalidad estética y simbólica, estos objetos buscan expresar ideas o sentimientos a través del arte escultórico en el caso de la cerámica. En la figura 12 al lado izquierdo se presentan tres piezas elaboradas con técnicas de cordones que cumplen con una la función estética, dichas piezas fueron diseñadas para embellecer una sala, la misma función se cumple a través de los elementos decorativos para jardín mostrados al lado derecho.



Figura 12 Productos artísticos decorativos producidos en tí'ip talleres creativos. Imagen por Gracia 2018 y 2012.

2.2.4. Artesanales

La etimología de la palabra artesanía, deriva de las palabras latinas «artis-manus» que significa: arte con las manos son piezas producidas en base a la cultura de los mismos y con técnicas tradicionales que pueden ser producidas de forma repetitiva pero no son iguales ya que se elaboran por procesos artesanales ya sea totalmente a mano, o con la ayuda de herramientas manuales o incluso de medios mecánicos, teniendo como predominante la contribución manual directa del artesano. En la figura 13 se aprecian herramientas manuales utilizadas en la elaboración de vasijas por las artesanas Pai pai.



Figura 13 Artesanías de Baja California por Alejandra Ávila

Los materiales empleados en las artesanías son recursos procedentes del área en donde se desarrollan, por tal motivo podemos apreciar en las artesanías pai pai mica y las vetas que se forman durante la cocción que implementan de forma artesanal tal como se muestra en la figura 13. El Laboratorio de Diseño e Innovación para Cundinamarca Artesanías de Colombia S.A. en su proyecto Fomento a la actividad productiva artesanal del departamento de Cundinamarca del 2014 determina que los productos artesanales son:

"Objeto o producto con identidad cultural comunitaria, con valor simbólico, ideológico y estético. Realizados a partir de procesos continuos individuales o grupales, con materiales preferentemente regionales, herramientas

“sencillas”, con apoyo de implementos semi-industriales o industriales. Con especialización técnica tradicional. Pueden ser destinados al autoconsumo o a la comercialización”. Laboratorio de Diseño e Innovación para Cundinamarca Artesanías de Colombia S.A. 2014 P.21

Las artesanías son productos comercializables que permiten a las comunidades obtener recursos económicos a través de las mercancías que elaboran, el valor agregado de estos productos se encuentra en técnicas tradicionales, los materiales de la región y los elementos culturales que se plasman a través de los elementos formales que conforman al objeto: colores, formas, texturas entre otros.

2.2.5. Industriales

El término productos industriales está relacionado a la industria, según la RAE industrial es un adjetivo perteneciente o relativo a la industria en donde prevalece el uso de maquinaria y el avance tecnológico para el desarrollo de productos fabricados en serie, Martínez (2016) afirma que la Industria tiene como objetivo transformar la materia prima en productos elaborados con la ayuda de la mano del hombre y las máquinas.

De acuerdo con lo anterior dentro de los procesos de producción de objetos industriales es elemental la intervención del ser humano interactuando con la maquinaria y equipo de la industria pero su intervención es mínima en comparación con los productos artesanales, la producción es sistematizada por medio de máquinas que hacen la mayor parte del trabajo. La fabricación en serie se define no solo por las necesidades del usuario sino también por las materias primas y procesos de fabricación con los que cuenta la empresa para el desarrollo del producto. Laboratorio de Diseño e Innovación para Cundinamarca Artesanías de Colombia S.A. 2014 en su proyecto: Fomento a la actividad productiva artesanal del departamento de Cundinamarca determina que

Los productos industriales son fabricados a través de procesos industriales asistidos en mayor proporción por máquinas; las series de producción son grandes con procesos especializados establecidos por personal experto en

ingeniería de procesos: empleando conocimientos, adelantos y procesos de la ciencia y la tecnología. Los productos industriales se especializan en: La transformación de materia en bruto para obtener piezas específicas como copas, vasos y jarrones en vidrio. (Laboratorio de Diseño e Innovación para Cundinamarca, 2014)

Como se afirma arriba dentro de la industria el personal tiene perfiles que permiten la operación constante de la fabricación en serie, la exactitud en los procesos y calidad de las piezas requieren de procesos sistematizados y personal capacitado. A diferencia de los procesos artesanales que se concentran en la elaboración de objetos con gran contenido cultural y se basa en las técnicas tradicionales y materias primas de la región, los productos industriales se basan en el desarrollo tecnológico de materiales, procesos y maquinaria que permite la producción de objetos estandarizados en donde todos tienen las mismas características: formas, dimensiones, colores, acabados etc. Así como los artistas son maestros en técnicas y procedimientos artesanales en la industria existen diversos profesionistas en ingeniería de procesos que empleando sus conocimientos permiten el desarrollo de productos rentables para la empresa.

“es más comúnmente aplicado a la producción industrial, en la cual las materias primas son transformadas en bienes terminados a gran escala. La fabricación se produce bajo todos los tipos de sistemas económicos. En una economía capitalista, la fabricación se dirige por lo general hacia la fabricación en serie de productos para la venta a consumidores con una ganancia.” (Laboratorio de Diseño e Innovación para Cundinamarca, 2014) p.11

Los productos industriales se especializan en la transformación de materia en bruto para obtener piezas específicas ya sean utilitarias (cerámica para la construcción, para el hogar, cerámica química y técnica, especializada para laboratorios e ingeniería) o decorativas (jarrones, esculturas, murales, mosaicos, entre otros) el enfoque de esta producción es principalmente la obtención de un beneficio económico que permite el sustento y crecimiento de la empresa así como sus asociados.

Los productos industriales tienen un alto grado de funcionalidad ya que se consideran las necesidades de la mayoría de la población y son económicamente accesibles para el nicho de mercado para el cual fue diseñado. Responden a la solución de un problema o necesidad por medio de materiales transformados por procesos industrializados.

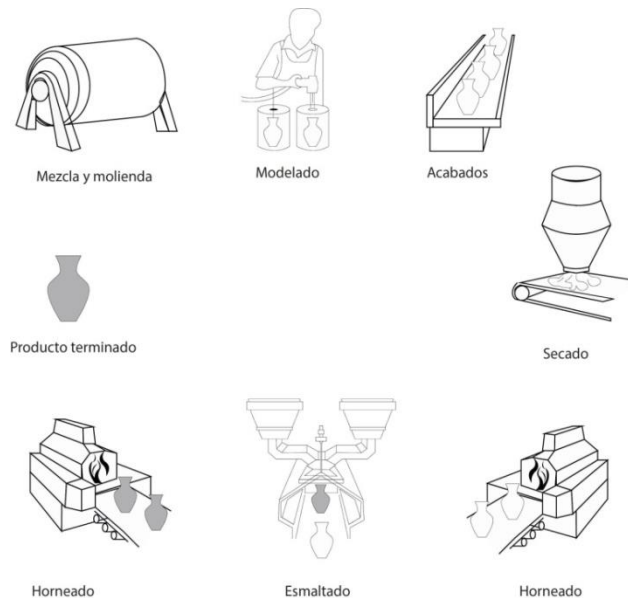


Figura 14 Proceso cerámico industrial elaboración propia.

En la figura 14 se puede apreciar el proceso de elaboración de productos industriales en donde prevalece el uso de maquinaria, este proceso inicia en la empresa una vez que se tiene la materia prima en planta mezclando y moliendo las materias primas. Una vez que se obtiene una barbotina, pasta líquida o semilíquida compuesta por sustancias arcillosas mas antiplásticos Fernández, 2007, se procede a verter en moldes para generar la forma de las piezas. Al sacar las piezas de los moldes se procede a dar acabados para unir partes y quitar. El horneado se lleva a cabo en hornos industriales una vez que las piezas se encuentran bien secas, en estos dos procesos las piezas sufren contracciones por la eliminación de agua entre sus partículas. El esmaltado se lleva a cabo por diversos procesos que son sistematizados, sin embargo algunas empresas aun conservan técnicas artesanales en este proceso. Una vez que se esmaltan las piezas se procede a hornearlas por segunda vez, en este proceso la pieza obtiene sus acabados finales. Es importante mencionar que el proceso que se presenta es general y puede tener variaciones de acuerdo a los productos que se fabriquen, sin embargo la intención de su presentación es mostrar al lector un esquema general y que logre diferenciar entre el proceso artesanal ya que en el industrial intervienen mayormente maquinaria y

equipo sistematizado con operadores especializados en una sola parte del proceso, mientras que en el proceso artesanal prevalece la interacción del artesano durante todo el proceso.

2.3. Arcillas

El barro plástico natural es aquel que se puede utilizar solo tras una mínima limpieza en cambio el barro preparado está constituido por una combinación de barro que se forman de manera natural y se mezclan según una fórmula (Mattison, 2017). Es importante conocer las características de los materiales para encontrar la fórmula y porcentajes perfectos para el diseño de una pasta cerámica. El Componente principal de una pasta cerámica tradicional es una arcilla o una mezcla de arcillas, combinadas principalmente con sílice y feldespato. Vásquez 2005. La arcilla es mezclada con diversos materiales con la finalidad de obtener colores, texturas, o calidad específica.

La caracterización de las arcillas permite determinar la función útil del material, atendiendo los requerimientos que le permitan desempeñar su función de manera adecuada y duradera. Para el ceramista es elemental conocer las propiedades de las arcillas antes de la elaboración de piezas, esto evitará los ensayos de prueba y error que cuestan tiempo y esfuerzo en la construcción de piezas cerámicas. En este apartado se analizará la definición de arcilla, su composición y las diferentes clasificaciones que se le dan, los métodos para su caracterización de forma general con énfasis en los llamados ensayos organolépticos más utilizados por los ceramistas para determinar la plasticidad, porcentaje de contracción, y deformabilidad al ser sometidas a altas temperaturas.

2.3.1. Definición

La cerámica es una combinación de sustancias minerales, entre ellas se encuentra la arcilla componente principal combinado con sílice y feldespato. La arcilla es un material natural que cuando se mezcla con agua en la cantidad adecuada se convierte en una pasta plástica que le permite al ceramista elaborar productos cerámicos, para el artista es un material que le permite expresar sus pensamientos mediante formas, composiciones y color. Para el diseñador industrial es un material

que le permite desarrollar productos utilitarios que satisfagan las necesidades del hombre.

Según Fernández en su obra del 2007 titulada diccionario de cerámica precisa que “es una materia prima del arte y la industria cerámica, sin la cual no podrían existir pues no tiene sustitutos variables. Es un mineral (no es una roca) ya que posee una constitución atómica y un retículo cristalino fijo, característico y reconocible” (Fernández, 2007: 69).

En la mayoría de las definiciones se encuentra el término plasticidad como referencia a una de las características de las arcillas, “La arcilla es un silicato de aluminio hidratado, en forma de roca plástica, impermeable al agua y bajo la acción del calor se deshidrata, endureciéndose mucho.” (Domínguez, 1995) La plasticidad de la arcilla permite modelar formas complejas y orgánicas mientras que la dureza que se obtiene después de la cocción permite mantener la forma dada por el ceramista durante el modelado. La Enciclopedia técnica define a las arcillas como “cualquier sedimento o depósito mineral que es plástico cuando se humedece y que consiste de un material granuloso muy fino, formado por partículas muy pequeñas cuyo tamaño es inferior a 4 micras, y que se componen principalmente de silicatos de aluminio hidratados.” (Domínguez, 1995) Desde una perspectiva más técnica podemos afirmar que las arcillas provienen de la descomposición de las rocas sedimentarias que fueron arrastradas vía fluvial por ríos y fondos marinos o bien por medio del viento, durante este proceso las arcillas se mezclan con diferentes minerales.

2.3.2. Composición

Galán y Aparicio en su obra Materias primas para la industria cerámica no dudan en recurrir a Guggenheim para indicar que ‘la arcilla contiene filosilicato, cuarzo, feldespatos, calcita, pirita y ciertas fases asociadas no cristalinas y la materia orgánica’ (Galán & Aparicio, 2006: 3 en Guggenheim y Martin, 1995). La arcilla es un silicoaluminato hidratado, es decir que desde el punto de vista químico está compuesta de silicio (Si), aluminio (Al), oxígeno (O) e hidrógeno (H). Son aquellos minerales naturales que se han depositado en los lechos de lagos y mares por la acción de arrastre de los ríos. La familia de los silicatos comprende la mayoría de

los minerales de la corteza terrestre, incluido el cuarzo. Las arcillas son una rama de los silicatos, el 95% de la corteza terrestre está formada por silicatos.

Las arcillas pueden ser primarias o secundarias según el lugar en dónde se encuentran Fernández en su obra de 2007 Diccionario cerámico de cerámica indica que:

“se llaman secundarias a las arcillas que no permaneció en el lugar mismo de su formación, sobre rocas madres, si no que han sido arrastradas por las aguas durante periodos geológicos, depositándose y formando sedimentos en el fondo de los valles. Estas son más impuras ya que durante el arrastre se han mezclado con granos gruesos de cuarzo, mica, feldespato, cal etc.” (Fernández, 2007, pág. 69)

2.3.3. Tipos

Según Norton 1982 existen caolines, arcilla bola “ball clay”, arcillas compactas y arcillas de ladrillo rojo. Según la teoría Condorhuasi solo existen tres tipos sustancias arcillosas de uso cerámico, en función de tres tipos de cristal de arcilla: caolinita se encuentra en colores blancos con tonos grisáceos, amarillos y verdosos con brillo terroso. Illita o hidrómica; roja o rojiza, son de baja refractariedad muy plásticas, aparecen mezcladas con arcillas comunes, con limos, arenillas, cal; pero en ocasiones aparecen con buenas caolinitas, formando arcillas rojizas con mayor contenido de alúmina (aptas para gres). Montmorillonitas (expandibilas) capaz de expandir 10 veces su volumen al mezclarse con agua lo que causa deformaciones en las piezas por lo que no se recomienda utilizarlas solas, pueden usarse para la conformación de pastas utilizando un 5% una de estas es la bentonita. (Fernández, 2006:194)

De acuerdo a las lecturas realizadas en la investigación “Materiales cerámicos, propiedades, aplicaciones y elaboración de Emma Vázquez y la página Matilde cerámica artística los tipos de arcillas utilizadas en la elaboración cerámica son las siguientes:

Arcilla de ladrillos: Contiene muchas impurezas. Cocida presenta tonos amarillentos o rojizos, según la cantidad de óxido de hierro que intervenga en su composición. Se emplea en cerámica utilitaria (vasijas, botijos, etc.) Temperatura de cocción: 850-1.000°. En la figura 15 se puede apreciar su apariencia.



Figura 15 Arcilla de ladrillos. Obtenido de <https://www.matildeceramica.com/diferentes-tipos-de-arcilla/> el 28 de Febrero del 2021.

Arcilla de alfarero: El término alfarería es utilizado para aquellas cerámicas rojas con alto contenido de hierro, también es conocida como terracota como comúnmente se le llama barro en México. Por su alta plasticidad es utilizada en la conformación de piezas por técnicas tradicionales y con algunos moldes de prensado que requieran esta característica, sin embargo por proceso de vaciado es imposible de usar ya que no se logra flocular fácilmente, es recomendada para trabajar en torno. Cocida presentará un color claro, rojizo o marrón muy poroso por lo que se requiere de esmaltado para impermeabilizar, en piezas decorativas se puede bruñir para alisar la superficie pero en piezas utilitarias principalmente para uso doméstico es importante esmaltar para evitar que se encapsule polvo o se generen hongos. La temperatura de cocción se encuentra entre los 900-1.050°, por encima de esos grados tiende a deformarse, resiste la llama directa aunque posee poca resistencia mecánica. En la figura 16 se puede apreciar su apariencia.

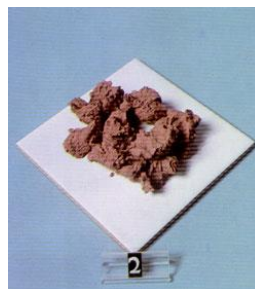


Figura 16 Arcilla de alfareros. Obtenido de <https://www.matildeceramica.com/diferentes-tipos-de-arcilla/> el 28 de Febrero del 2021.

Arcilla gres: El término gres proviene del francés que significa roca arenisca formada por granos de cuarzo de cuarzo cementados (Fernández, 2006). Roca sedimentaria formada de granos de arena de la talla relativamente igual,

cementados por un material de silicio o calcáreo (Vázquez, 2005). Su alta plasticidad permite ser modelada manualmente, por torno, vaciado y prensado. Tiene un cuerpo denso de aspecto pétreo y rústico de color claro, grisáceo, ocre o amarillento, aunque también se puede encontrar rojizo. Es una pasta refractaria que se cuece entre 1200° y 1300°C debido al contenido de arcilla aluminosa que oscila entre 24 y 26% resiste a altas temperaturas de cocción, tiene una porosidad muy baja o nula lo que la hace impermeable al agua, es de elevada dureza y resistente a ralladuras con punta de acero. Los esmaltes característicos de gres son muy ricos en texturas y son empleados en esmaltes para alta temperatura. En la figura 17 se puede apreciar su apariencia.



Figura 17 Arcilla gres. Obtenido de <https://www.matildeceramica.com/diferentes-tipos-de-arcilla/> el 28 de Febrero del 2021.

Arcillas “Ball clay” o de bola: Son llamadas así porque en la antigüedad eran vendidas en formas de bola con un peso de más de 10 kg (Fernández, 2006). Tiene gran contenido de materia orgánica y su partícula es muy fina lo que causa una elevada plasticidad, no es recomendable usarse solas, posee un color oscuro o gris por el material carbonoso que contienen, se convierte en claro al cocerse no es tan blanco como el caolín (Nortón, 1982) debe quemarse en cocción lenta y bien ventilada. Suele tener alúmina entre un 27 a 35 %. En la figura 18 se puede apreciar su apariencia.



Figura 18 Arcilla de bola. Obtenido de <https://www.matildeceramica.com/diferentes-tipos-de-arcilla/> el 28 de Febrero del 2021.

CAOLÍN su nombre es de origen chino Kao ling que significa “montaña alta” se destaca por su refractariedad ya que tiene porcentajes de alúmina elevados que oscilan en el 30%. Es la arcilla más pura (primaria) y lavada produce pastas de gran blancura, comúnmente utilizada para elaborar pastas de porcelana . El tamaño de partícula oscila entre 0,5 a 2 micrones lo que la hace poco plástica y menor contracción al secado es por esto que no se utiliza sola sino mezclada con otras arcillas. Temperatura de cocción: entre 1.250° y 1.450°, según se trate de porcelana blanda o dura. En la figura 19 se puede apreciar su apariencia. En la figura 19 se puede apreciar su apariencia.



Figura 19 Caolín. Obtenido de <https://www.matildeceramica.com/diferentes-tipos-de-arcilla/> el 28 de Febrero del 2021.

Arcilla refractaria: Muy resistente a la temperatura, funde por encima de los 1500°, por lo que se utiliza para la fabricación de ladrillos para hornos refractarios y para modelar murales. Esta arcilla tiene muchas impurezas, por lo que al aplicarla a murales mezclada con chamota (la misma arcilla molida y cocida) produce diferentes e interesantes texturas. En la figura 20 se puede apreciar su apariencia.

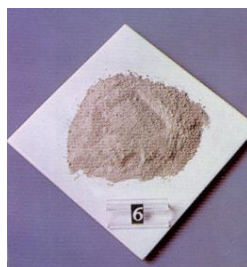


Figura 20 Arcilla refractaria. Obtenido de <https://www.matildeceramica.com/diferentes-tipos-de-arcilla/> el 28 de Febrero del 2021.

Bentonita: Arcilla derivada de cenizas volcánicas, muy plástica a causa de que sus moléculas son pequeñas. Se utiliza mezclada en las pastas de loza o de porcelana y su proporción no debe de ser mayor al 3%, pues por la gran cantidad de hierro que posee y su alta concentración provocaría grietas en las piezas. En la figura 21 se puede apreciar su apariencia.



Figura 21 Bentonita. Obtenido de <https://www.matildeceramica.com/diferentes-tipos-de-arcilla/> el 28 de Febrero del 2021.

2.3.4. Caracterización

La ciencia de los materiales es fundamental para la solución de problemas económicos como la sostenibilidad del crecimiento económico, la limitación de recursos y escasez de materiales ya que a través de ella se logran soluciones inimaginables como las que menciona Torres en su publicación *Influencia de la ciencia de los materiales en el desarrollo histórico y social de la humanidad*. antecedentes, desarrollo y perspectivas futuras indica que:

... gracias a los avances en la comprensión teórica de la estructura física y biológica de la materia, así como los progresos en las técnicas experimentales e industriales, han permitido a la humanidad desarrollar nuevos materiales cuya existencia y utilización hace 30 años hubiera servido únicamente como tema de novelas de ciencia-ficción... En la construcción de aviones y cohetes se han desarrollado aleaciones cerámicas ultraligeras que resisten temperaturas de hasta 1880°C lo que permitirá diseñar en un futuro no lejano aeronaves que superen ocho veces la velocidad del sonido. (Torres Alpizar, 2008: 7)

La caracterización de los materiales cerámicos permite su correcta aplicación ya que el desconocimiento de las características provoca fallos en los diferentes procesos de producción como lo indica Florez Albeiro:

.. la variación y desconocimiento de las características químicas, mineralógicas y físicas de las arcillas, contribuyen a la generación de problemas en diferentes puntos del proceso de producción, como en el secado, la cocción y la estética del producto terminado, dando como resultado una reducción de las ganancias de la empresa al tener que clasificar el material como de segunda calidad o como desperdicio. (Florez, 2016:1)

A partir de la respuesta a de un material al ser manipulado se busca obtener información, como la composición, estructura, topografía, morfología, color entre otras, que permite conocer o predecir las propiedades de un material para determinar su utilidad en diversas aplicaciones. Los criterios de clasificación de las arcillas suelen ser muy diversos desde características físicas como su color (blanca, gris, roja) textura (fina, intermedia y gruesa, densidad (porosas o densas) comúnmente son clasificadas por temperatura que puede ser baja (850° - 1050°C), media (1100° - 1150°C) o alta temperatura (1200° - 1300°C).

Vázquez 2015 indica que las arcillas que conforman una pasta tradicional también pueden ser clasificadas por su composición y uso, como se muestra en la figura 22, el principal uso de estos materiales arcillosos se da en el campo de la cerámica de construcción, alfarería tradicional, lozas, azulejos y gres.

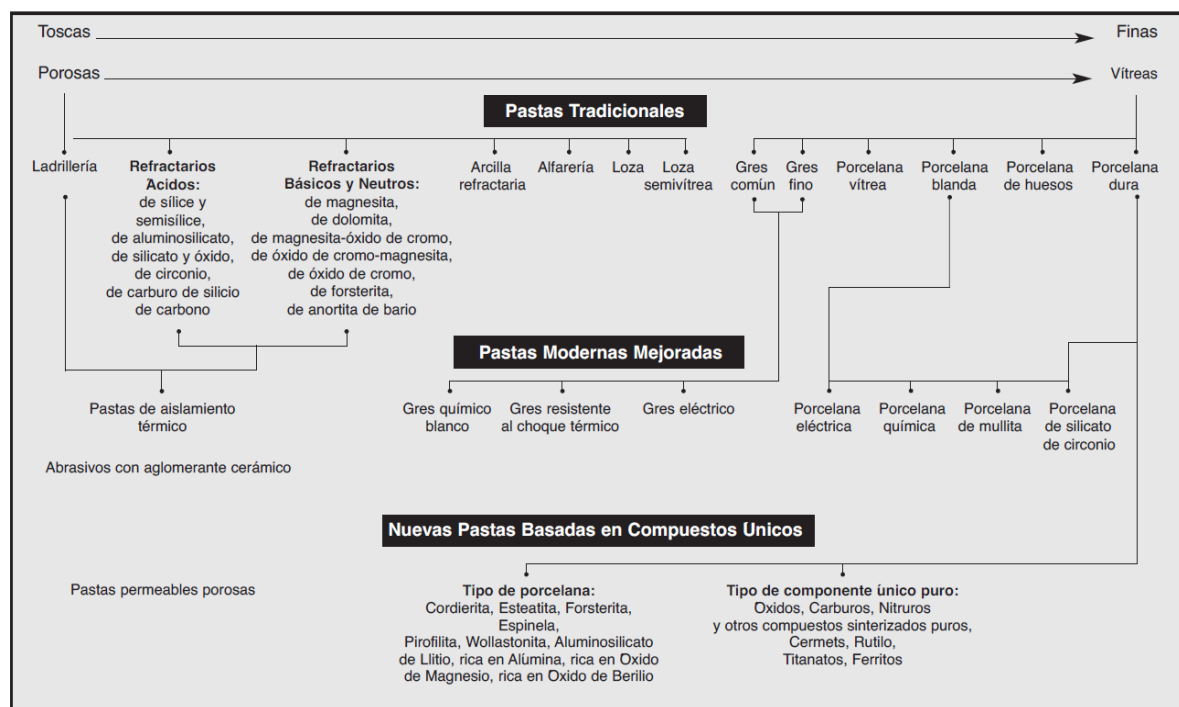


Figura 22 Clasificación de las pastas tradicionales. Fuente: Vázquez 2005

Así mismo pueden ser clasificadas por su mineralografía, su composición química, origen geológico, o bien por sus propiedades físicas. Tomando como base la mineralogía, una de las principales formas de clasificarse en minerales arcillosos y minerales no arcillosos, que son los que brindan la plasticidad y las propiedades de secado y cocción de los productos finales hechos a base de esta materia prima. Los minerales arcillosos corresponden a los filosilicatos, es decir, los silicatos de aluminio, hierro y magnesio hidratados con estructuras en capas incluyendo a las

palygorskitas y las sepiolitas (Torrecillas & Diaz, 2002). Las arcillas que están englobadas dentro del grupo de yacimientos minerales no metálicos, están divididas como lo indica la figura 23, desde el punto de vista cerámico-geológico. Las dos ramas principales dentro de las rocas arcillosas son las arcillas comunes y la de los caolines.

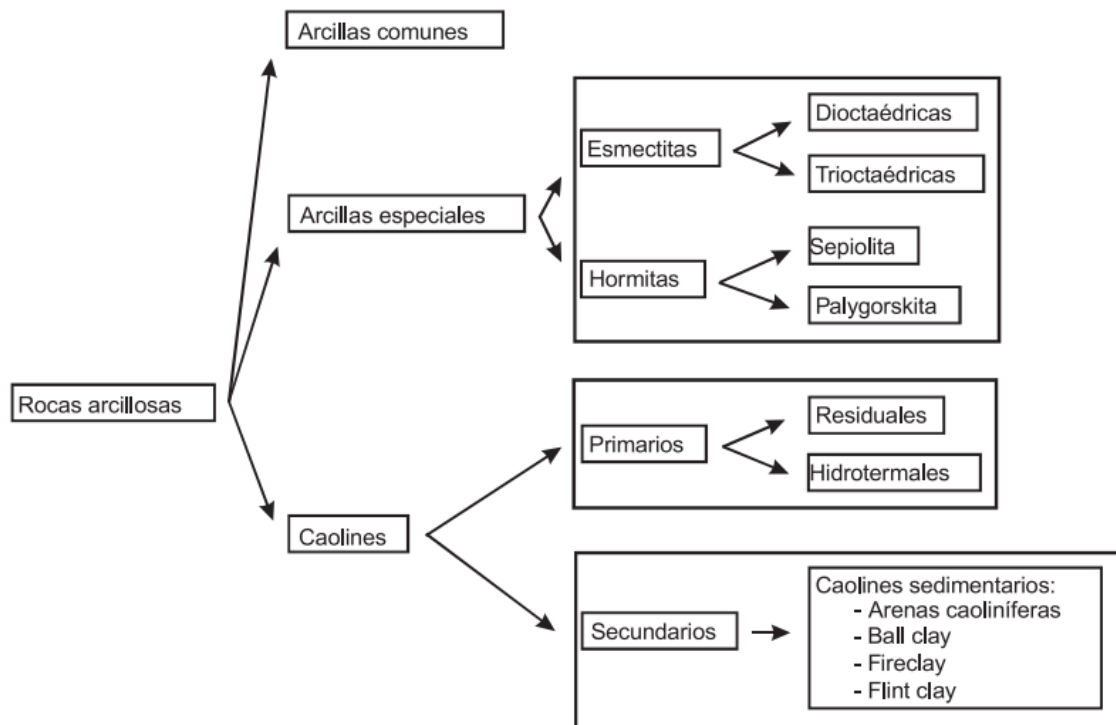


Figura 23 Esquema general de clasificación de los materiales arcillosos de aplicación cerámica. Fuente: (Suárez)

Al seleccionar el procedimiento más adecuado para determinar la plasticidad de una arcilla se debe tomar en cuenta la sensibilidad del método, la reproducibilidad de los resultados, el tiempo que requiere el método y del que se dispone para realizar las pruebas así como el coste del equipo. (Ginés, 1997)

Para determinar el método a implementar es importante tomar en cuenta la aplicación que tendrá la arcilla, ya que dependiendo del proceso de fabricación a implementar, es conveniente someter a las muestras a condiciones semejantes a las que se enfrentará en el proceso industrial o artesanal.

La rapidez en que se puede obtener resultados, es de vital importancia cuando se trata de producción industrial ya que para una empresa el proceso de investigación y desarrollo tiene que ser controlado, tanto por los tiempos de respuesta al mercado y/o la amortización de los costos del desarrollo para un

resultado efectivo en las ventas y utilidad de la empresa. Por otra parte un artista o artesano pueden experimentar con las pruebas sin requerir de resultados muy precisos que cumplan con normas establecidas por la industria, la desventaja de estos es la limitación de recursos con los que cuenta en comparación la industria.

2.4. Ensayos

Existen diversos métodos para la caracterización de los materiales cerámicos que van desde los más sofisticados y que requieren de equipos costosos así como de personal capacitado, como la técnica de difracción de rayos X (DRX) que es utilizada para el estudio de minerales y se puede aplicar a las diversas fases granulométricas del suelo como arena, limo y arcillas naturales. (Justo & Murillo, 1999) Otra técnica es la fluorescencia de rayos x (FRX) cuya finalidad es obtener un análisis químico elemental de los elementos comprendidos entre el flúor (F) y el uranio (U) de muestras sólidas como rocas y polvos así como muestras líquidas, los resultados obtenidos pueden ser cualitativos y cuantitativos. (Cerquera, 2017) En la figura 24 se puede observar las diferentes técnicas para la caracterización de materias primas.

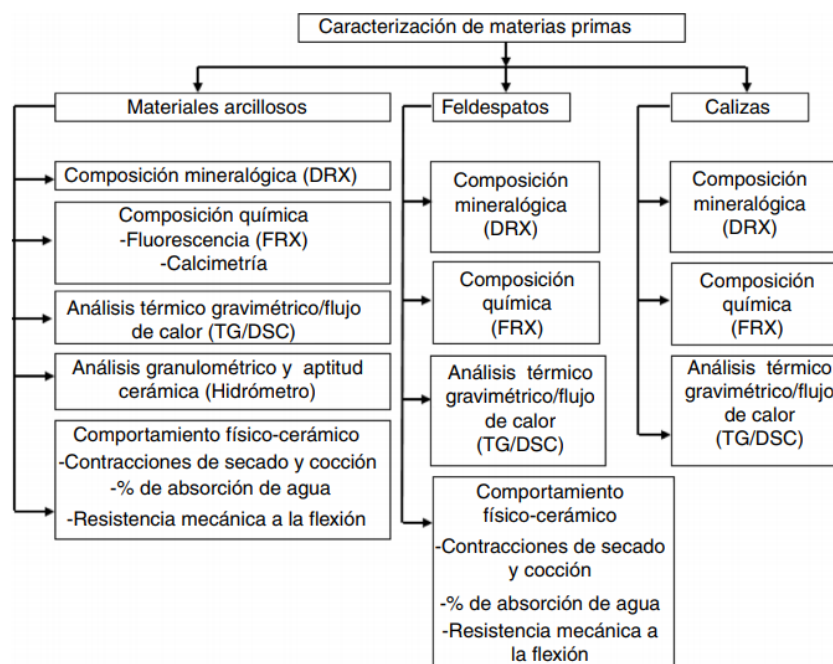


Figura 24 Caracterización de las materias primas (Alvarez-Rozo, 2017)

El calor puede provocar diversos cambios en las propiedades de los materiales para analizarlos se utilizan análisis térmicos como el termogravimétrico

(TG) que analiza los cambios de peso. El cambio de color se realiza por medio del ensayo de calorimetría diferencial de barrido (DSC). En un análisis termogravimétrico se registra, de manera continua, la masa de una muestra colocada en una atmósfera controlada, o bien en función de la temperatura, o bien en función del tiempo. En el primer caso (experimento dinámico) la temperatura de la muestra va aumentando de manera controlada (normalmente de forma lineal con el tiempo), y en el segundo (experimento isoterma), la temperatura se mantiene constante durante todo el experimento. La calorimetría diferencial de barrido permite el estudio de aquellos procesos en los que se produce una variación entálpica como puede ser la determinación de calores específicos, puntos de ebullición y cristalización, pureza de compuestos cristalinos, entalpías de reacción y determinación de otras transiciones de primer y segundo orden. (González Benito, 2019)

La complejidad de los ensayos anteriormente mencionados requiere de personal capacitado y de instalaciones así como de equipo especializado por lo cual es importante mencionar que la accesibilidad a estos espacios es limitada y por lo tanto se determina explorar otros ensayos menos complejos pero eficaces para la investigación en curso.

Existen otros ensayos para la caracterización de las arcillas más sencillos pero eficaces por accesibilidad económica y baja complejidad, se les denomina ensayos organolépticos. Los ensayos organolépticos se basan en los sentidos, son fundamentalmente estáticos y cualitativos ya que se reducen a comparar el aspecto de las muestras así como en determinar las propiedades. En el siguiente capítulo explicaremos a grandes rasgos aquellos enfocados a la evaluación de la plasticidad, contracción y temperatura de quema, utilizados comúnmente por ceramistas.

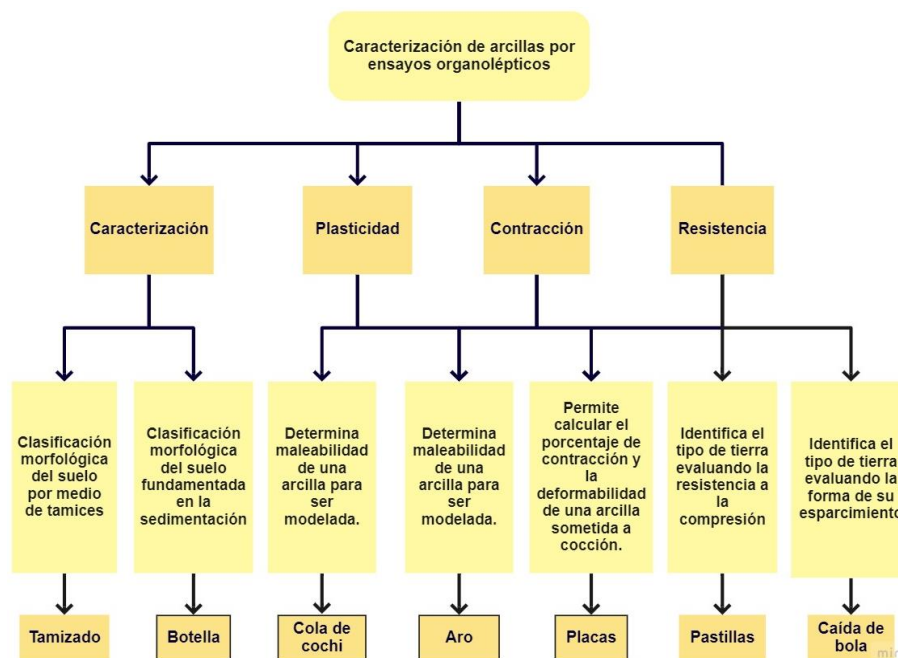


Figura 25 Caracterización de arcillas por ensayos organolépticos. Elaborado por Gracia 2020

2.4.1. Análisis textural

La edafología es la ciencia encargada de estudiar los suelos y sus características, se puede estudiar desde aspectos morfológicos simples como el color que permiten determinar la taxonomía de los suelos, el color de los suelos guarda una estrecha relación con los componentes sólidos como la materia orgánica, textura, composición mineralógica, morfología. Entre las características de

interés en el análisis de suelos se encuentran el tamaño de partícula de un suelo, que se le conoce como granulometría. Los suelos están compuestos por fracciones y partículas minerales de diferentes tamaños, las arenas son las más gruesas, después siguen los limos y las arcillas son las más pequeñas



Figura 26 Ejemplos de fracciones granulométricas de las playas de Mezquitilla (Málaga). Obtenido de <http://www.edafologia.net/introeda/tema04/text.htm> 30 Mayo 2020

El tamaño de las diferentes partículas que componen un suelo puede determinar la velocidad con la que el agua penetra el suelo, la cantidad necesaria de agua para su trabajabilidad y la aplicación que se le puede dar en el sector cerámico. Para conocer la textura de una muestra de suelo se utilizan los términos texturales según su tamaño de partícula (granulometría) en términos de grava > 2 mm, arena 2-0,02 mm, limo 0,02 - 0,002 mm y arcilla <2 micras, esta información puede diferir de acuerdo a las escalas Atterberg o United States Department of Agriculture (USDA) que se muestran en la figura 27.

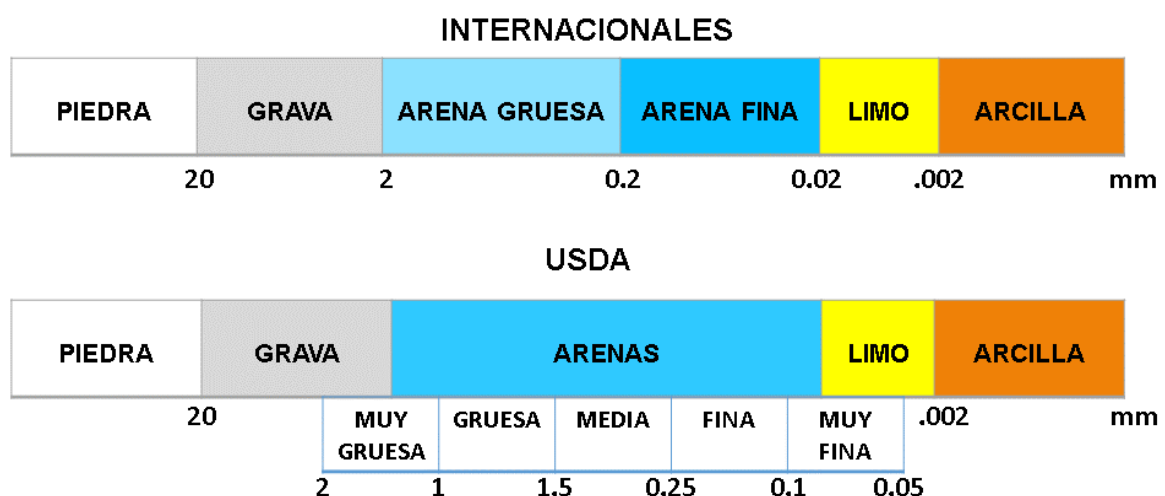


Figura 27 Textura del suelo. Obtenido de <http://www.edafologia.net/introeda/tema04/text.htm> el 16 de Abril del 2021

Para determinar las clases textural se utiliza un diagrama triangular que representa los valores de las tres fracciones: arena, arcilla y limo como se muestra

en la figura 28 Cada término textural corresponde a una determinada composición cuantitativa de arena, limo y arcilla, dependiendo de los porcentajes de las fracciones en una muestra se puede determinar su ubicación en el diagrama.

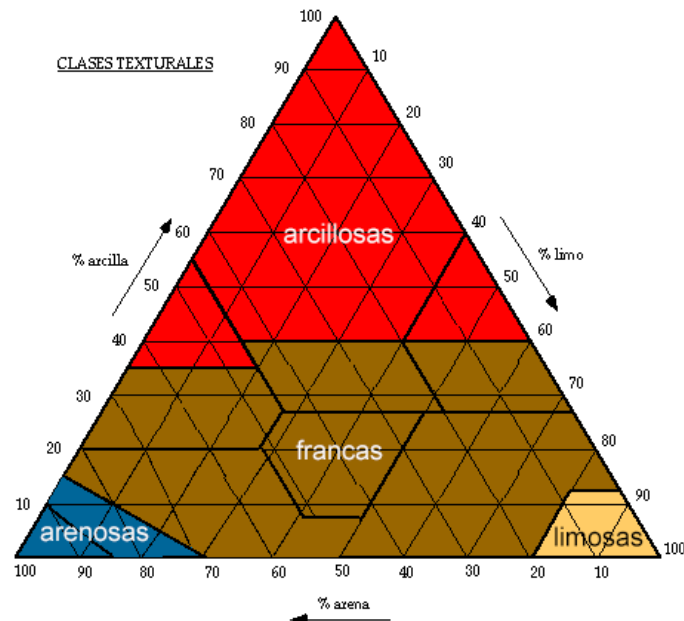


Figura 28 Clases texturales. Obtenido de <http://www.edafologia.net/introeda/tema04/text.htm> el 16 de Abril del 2021

Para comprender el diagrama triangular supongamos que tenemos un suelo que contiene 25% de arena, 25% de limo y 50% de arcilla: ubiquemos este suelo recorriendo la línea numérica en donde se ubica la arena hasta el 25, así mismo recorreremos la línea de limo hasta el 25 para finalizar la intersección en el 50 de la arcilla como se muestra en la imagen 29 entonces podemos determinar que ese suelo es arcilloso.

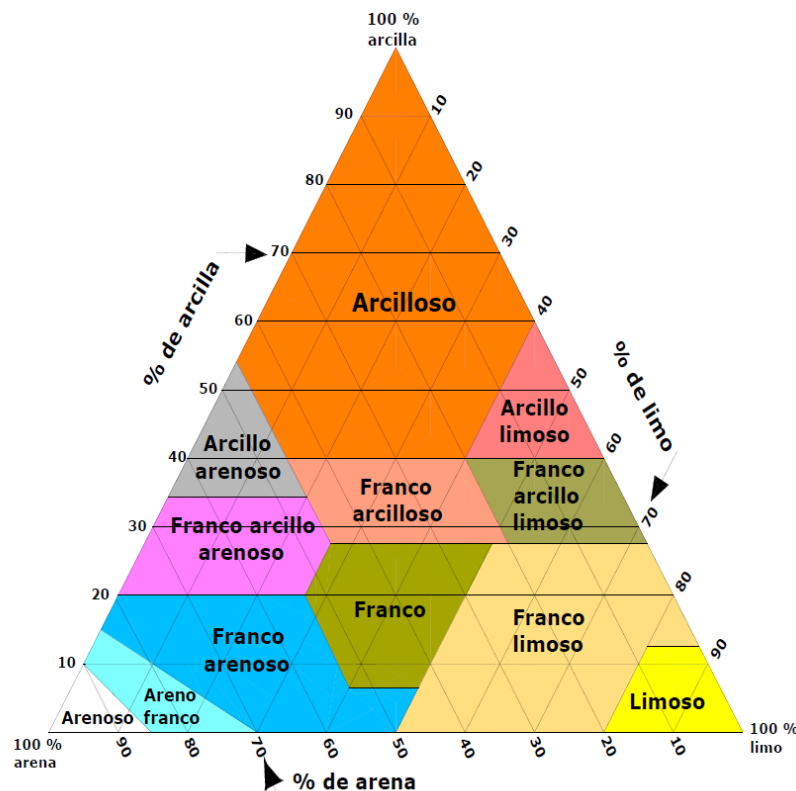


Figura 29 Clases de texturas. Obtenido de http://www.prosap.gov.ar/Docs/INSTRUCTIVO%20R001_Gu%C3%ADa%20para%20la%20determinaci%C3%B3n%20de%20textura%20de%20suelos%20por%20m%C3%A9todo%20organol%C3%A9ptico.pdf el 27 de Mayo 2021

Existen diversas técnicas para realizar un análisis textural, entre las más comunes se encuentran aquellas que parten del análisis granulométrico, un procedimiento manual o mecánico en el cual se procede a separar las partículas de una muestra por su tamaño a través de tamices con mallas de diferentes aberturas. El material se deposita en el tamiz de mayor abertura y por medio de agitación comienza a bajar aquellas partículas de menor dimensión hacia los tamices de menor abertura de esta manera se puede conocer el peso de cada tamaño. Una vez que se tienen los pesos se puede determinar los porcentajes de grava, arena, limo y arcilla que componen la muestra, posterior a esto se procede a trazar la gráfica de sus valores. (Simeon, 2007)

Otro método comúnmente empleado es el de Bouyoucos está basado en la sedimentación, este es utilizado para separar los limos de las arcillas de acuerdo a la velocidad de caída de una esfera en un líquido en reposo. La velocidad de caída dependerá del tamaño de la partícula (r), densidad (d_f), del medio acuoso (d_w),

viscosidad del agua (n) y la fuerza de gravedad (g), estas variables están contempladas en la Ley de Stokes:

$$V = [2 \times r^2 \times (d_f - d_w) \times g] / (9 \times n)$$

Para realizar el método de bouyoucos se requiere de equipo de laboratorio como pipetas, basculas, densímetro y reactivos para destruir los agentes cementantes (agua oxigenada, ataque ácido de los carbonatos y compuestos de Fe con HCl, dispersión de las arcillas con hexametáfosfato sódico o amoníaco)

Existe otra prueba sencilla basada en la sedimentación llamada coloquialmente prueba de la botella comúnmente utilizada en campo para estimar las proporciones de arcilla, limo, arena y grava. El procedimiento se muestra en varias fuentes con variables en cada una, en la página de internet The Food and Agriculture Organization (FAO) se describe el procedimiento de la siguiente manera:

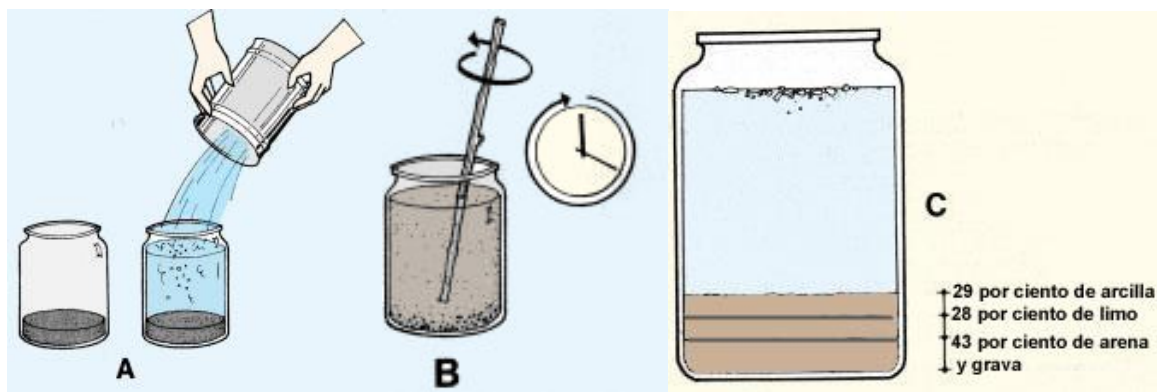


Figura 30 Ilustraciones del proceso para el análisis de suelos por sedimentación. Autor: The Food and Agriculture Organization.

“Coloque 5 cm de suelo en una botella y llénala de agua (A). Agítese bien y déjela reposar durante una hora. Transcurrido este tiempo, el agua estará transparente y observará que las partículas mayores se han sedimentado (B); En el fondo hay una capa de arena; En el centro hay una capa de limo; En la parte superior hay una capa de arcilla. Si el agua no está completamente transparente ello se debe a que parte de la arcilla más fina está todavía mezclada con el agua; En la superficie del agua pueden flotar fragmentos de materia orgánica; Mida la profundidad de la arena, el limo y la arcilla y calcule la proporción aproximada de cada uno (C).” The Food and Agriculture Organization.

Según la Red Iberoamericana Proterra y su publicación sobre la selección de suelos y métodos de control en la construcción con tierra el proceso lo nombra como test de vidrio y el proceso lo describe de la siguiente forma:

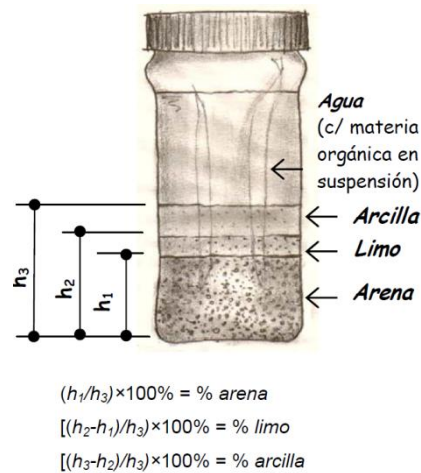


Figura 31 Ilustración sobre la interpretación de los datos obtenidos por análisis de sedimentación. Autor: Nieves, 2009.

Colocar una porción de tierra, seca y desmenuzada, en un vidrio cilíndrico, liso y transparente, hasta cerca de 1/3 de su altura; adicionar agua hasta 2/3 de la altura del vidrio, acrecentando una poca de sal (la sal ayuda a desunir – o separar - las partículas de arcilla, pero, si es utilizada en demasía puede actuar de forma contraria); tapar el vidrio y agitar vigorosamente la mezcla para que haga la dispersión del suelo en el agua; dejar en reposo por 1 h y, en seguida, promover nueva agitación; colocar el vidrio en reposo, sobre una superficie horizontal; Cada uno de los componentes de la tierra decanta en tiempos diferentes, formando distintas capas que se puede visualizar. La grava y la arena decantan primero, por ser las partículas más pesadas, seguido del limo y por último la arcilla. Si el suelo contiene materia orgánica, ésta flota en la superficie del agua. Cuando el agua esté limpia, medir la altura de las distintas capas. Con los resultados obtenidos, se puede confirmar la clasificación realizada por medio de los tests táctil y visual e identificar la técnica más adecuada para la tierra analizada. (Nieves, 2009:18)

Otro método para calcular la textura aproximada se basa en la plasticidad en la cual se toma una muestra pequeña y se le añade agua hasta saturarla. Se frota entre las manos para hacer un cilindro fino, dependiendo de la facilidad o complejidad para formarlo y según si se logra o no doblarlo se establece la textura. Se frota la muestra cerca al oído y se escucha el chirrido de los granos para determinar el contenido de arena en función de la aspereza. (Dorronsor, 2020)

El diagrama de flujo de Thien es otro método por el cual se puede calcular la textura de suelos, sin necesidad de equipo especializado como el de Bouyoucos y el

granulométrico. El método de Thien 1979 consiste en realizar una serie de pasos en los cuales se agrega agua a una muestra de suelo y se modela un cordón, en la figura 32 se muestra el proceso por (Tarabini, 2018)

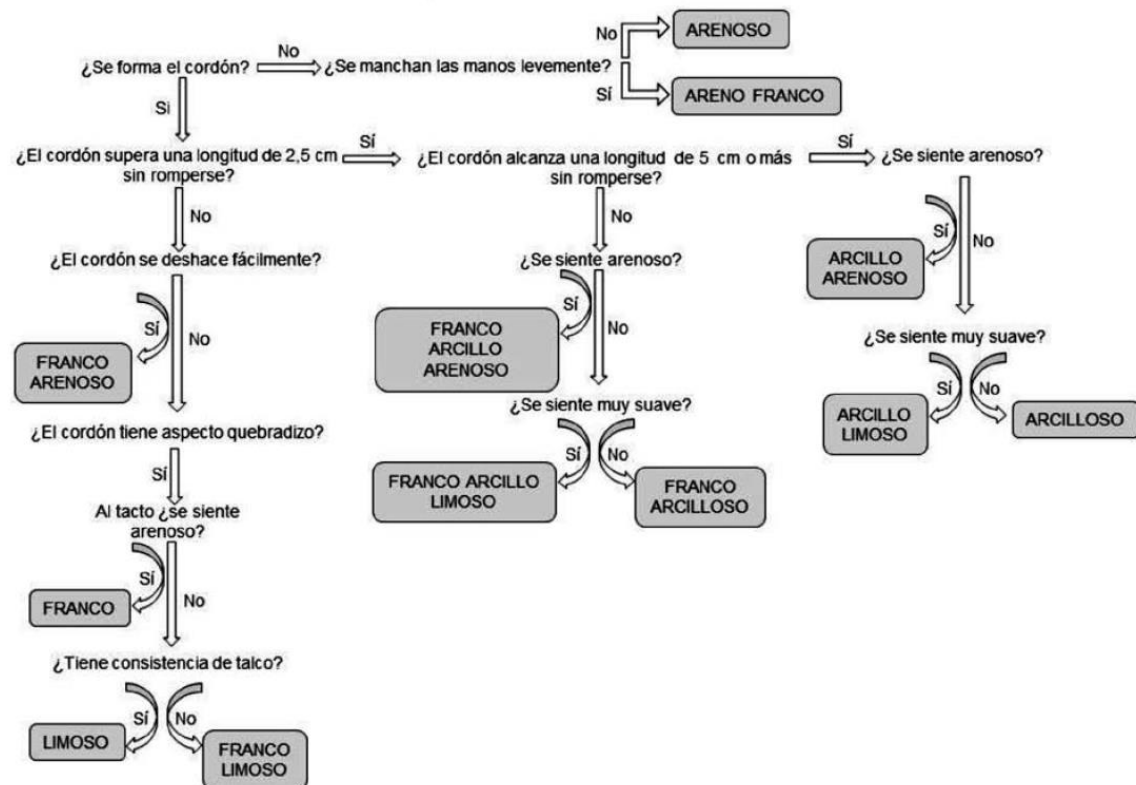


Figura 1. Clave para determinar las clases texturales a campo. Modificado de Thien (1979).

Figure 1. Key for determining field textural classes. Modified from Thien (1979).

Figura 32 Clave para determinar las clases texturales a campo. Modificado de Thien (1979) por Tarabini en su publicación Estimación de la capacidad de retención de agua de suelos volcánicos en función de variables de fácil determinación a campo del 2018.

En la página de internet The Food and Agriculture Organization (FAO) se describe una prueba de manipulación parecida al diagrama de Thien:

Tome una muestra de suelo (A); mójela un poco en la mano hasta que sus partículas comienzan a unirse, pero sin que se adhiera a la mano; amase la muestra de suelo hasta que forme una bola de unos 3 cm de diámetro (B); Deje caer la bola (C) si se desmorona, es **arena**; si mantiene la cohesión, prosiga con el siguiente paso Ver ejemplo en la figura 33.

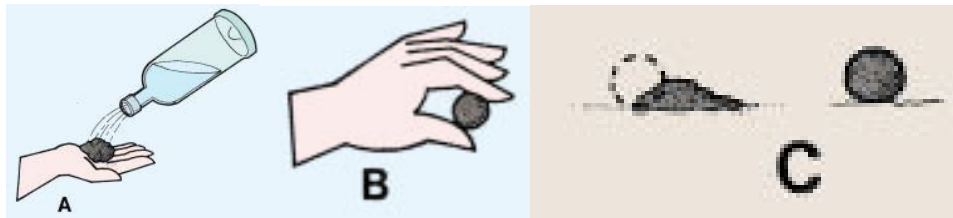


Figura 33 Procedimiento para determinar las clases texturales de suelos con forma de esfera.

Amase la bola en forma de un cilindro de 6 a 7 cm, de longitud (D) si no mantiene esa forma, es **arenoso franco**; si mantiene esa forma, prosiga con el siguiente paso. Ver figura 34 en donde se muestra el procedimiento anteriormente mencionado.



Figura 34 Procedimiento para determinar las clases texturales de suelos por medio de cordón.

Continúe amasando el cilindro hasta que alcance de 15 a 16 cm de longitud (E) si no mantiene esa forma es **franco arenoso**; si mantiene esa forma, prosiga con el siguiente paso.

Trate de doblar el cilindro hasta formar un semicírculo (F) si no puede, es **franco**; si puede, prosiga con el siguiente paso.

Siga doblando el cilindro hasta formar un círculo cerrado (G) si no puede, es **franco pesado**; si puede, y se forman ligeras grietas en el cilindro, es **arcilla ligera**; si puede hacerlo sin que el cilindro se agriete, es **arcilla**. En la figura 35 se puede observar los posibles resultados de este proceso.



Figura 35 Procedimiento para determinar las clases texturales de suelos forma de aro.

Los procedimientos anteriormente descritos se aplican para determinar el tipo de suelo al que pertenece la muestra, sin embargo procesos parecidos se utilizan para determinar la plasticidad de las pastas cerámicas como veremos en el siguiente apartado.

2.4.2. Plasticidad

El comportamiento de un cuerpo plástico puede considerarse intermedio entre el de un sólido elástico y un líquido viscoso. Esta característica de la arcilla permite ser modelada y retener la forma, sin deformarse, entonces podría decirse que la plasticidad es la capacidad que tiene el material para dejarse moldear.

La plasticidad puede definirse (1)(2)(3) como « la capacidad de un material para ser deformado sin ruptura por la acción de una fuerza y de retener, posteriormente, la deformación alcanzada cuando esta fuerza es eliminada». (GiNÉS, 1997, pág. 1 y 2)

“Es una propiedad que indica la capacidad de moldeo de los materiales arcillosos cuando estos entran en contacto con agua. La plasticidad de un material arcilloso está determinada por el tamaño de las partículas que lo conforman así como de su naturaleza” (Singer y Singer, 1976, p. 80).

El término “plástico”, cuando se aplica en arcilla se refiere a la capacidad de absorber agua y a cierta cantidad puede deformarse sin rotura al aplicar una presión y conservar una forma nueva cuando se deja de presionar, al secarse la capacidad de deformación se pierde y se vuelve relativamente dura y frágil. (Singer, 1976)

Si bien la relación agua/arcilla influye en el comportamiento plástico de las masas arcillosas, algunas tienen mayor capacidad que otras para desarrollar mayor plasticidad, esta capacidad está relacionada con las características fisicoquímicas del material. El término plasticidad se utiliza de manera indistinta para un comportamiento de las arcillas que depende de la humedad o de las propiedades tecnológicas (plasticidad intrínseca) independiente del contenido en humedad. La elevada plasticidad de las arcillas es consecuencia de su tamaño de partícula extremadamente pequeño y alta capacidad de hinchamiento. El hinchamiento se da por medio de la absorción de agua en el espacio interlaminar, por la acción del calor el agua se evapora adquiriendo propiedades notables como la dureza, la cohesión, la contracción y la sonoridad. (Fernandez, 1962, pág. 457) Entre más agua, más gruesa será la envoltura acuosa lo que generará un flujo viscoso ver figura 2.34.

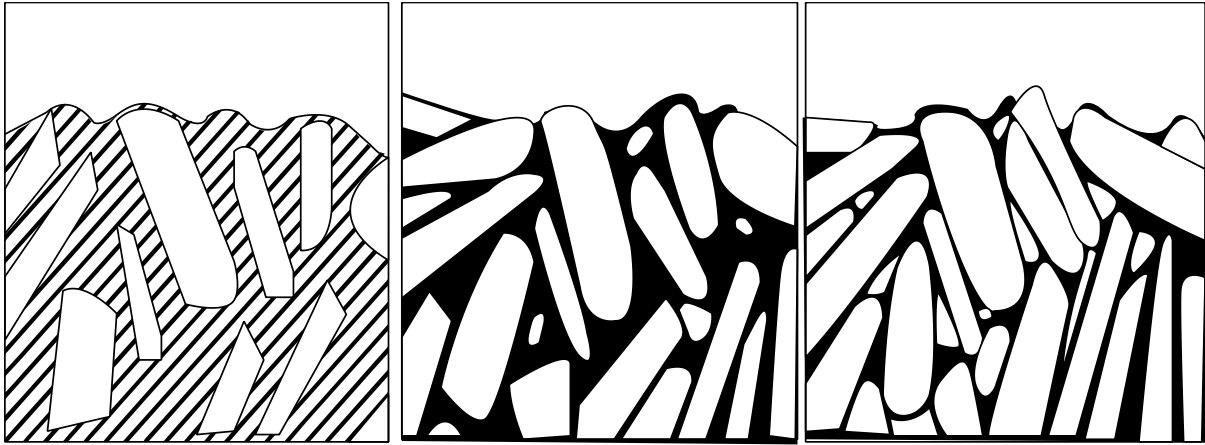


Figura 36 Aspecto de una misma masa de arcilla con diferentes contenidos de humedad, según F. H. Norton.

Seger asegura que si se trituran los granos de sustancias no plásticas y se pasan por malla 200 y se agrega agua se logra obtener cierta plasticidad pero no se logran los mismos resultados de plasticidad que con una arcilla, durante el secado se desmoronan por la falta de cohesión.

...si en una arcilla separamos la fracción más fina, su plasticidad disminuye notablemente y casi desaparece. Asimismo una arcilla mejora sus propiedades plásticas cuando se aumenta el grado de finura, mientras que la adición de granos gruesos la perjudican. Pero en contra de esto tenemos el hecho de que arcillas compuestas por granos más finos no son precisamente las más plásticas, y cuando una arcilla se descompone por el calor, estas partículas son más pequeñas que las originales de las que proceden y en consecuencia debieran ser más plásticas; sin embargo, no es esto lo que sucede, pues el material resultante carece casi en absoluto de plasticidad. (Fernández, 1962:457)

De lo anteriormente mencionado podemos determinar que la plasticidad de una pasta tradicional no depende únicamente de un porcentaje elevado de arcilla fina, existen otros factores a analizar. R. W. Grimshaw Y A. B. Searle indican que otro factor importante es el contenido en agua y la presencia de materia orgánica, la cantidad de agua que será preciso añadir a una arcilla para poderla moldear dependerá de la superficie real de sólido que se tenga, cuanto mayor sea su proporción de finos, más elevado será el volumen de agua que requiera (Fernandez, 1962, pág. 456) como sucede con las arcillas secundarias que se encuentran en el fondo de los valles, ya que estas pueden necesitar más agua (15 a 35%) para lograr el intervalo de moldeabilidad común entre arcillas medianamente plásticas.

La cantidad de agua a aplicar a una mezcla también dependerá del método por el cual se modelará ya que según J. W. Mellor entre menor presión para modelar la arcilla mayor proporción de agua se necesitará. Para modelar con las técnicas tradicionales cordón, placa y pellizco debe utilizarse una pasta blanda, en caso de modelar por vaciado en molde se requerirá de mayor cantidad de agua así como defloculantes como el silicato de sodio y carbonato de sodio para formar una barbotina, de esta manera permitirá que el material se integre a los recovecos del molde, en cambio una pieza por moldeo a presión requerirá de menor plasticidad por la fuerza empleada en su conformación.

Para determinar el método a implementar es importante tomar en cuenta la aplicación que tendrá la arcilla, ya que dependiendo del proceso de fabricación a implementar es conveniente someter a las muestras a condiciones semejantes a las que se enfrentará en el proceso industrial o artesanal. Es importante tomar en cuenta la sensibilidad del método, es decir que tan confiable así como la aplicación que se desea dar al material, Ginés indica lo siguiente:

Al seleccionar el procedimiento más adecuado para determinar la plasticidad de una arcilla se debe tomar en cuenta la sensibilidad del método, la reproductibilidad de los resultados, el tiempo que requiere el método y del que se dispone para realizar las pruebas así como el coste del equipo. (Ginés, F.,1997).

La rapidez en que se puede obtener resultados es de vital importancia cuando se trata de producción industrial ya que para una empresa el proceso de investigación y desarrollo tiene que estar más controlado, tanto por los tiempos de respuesta al mercado y/o la amortización de los costos del desarrollo para un resultado efectivo en las ventas y utilidad de la empresa.

Por otra parte un artista o artesano cuenta con recursos limitados en comparación con los de la industria de tal manera que si se desea replicar los ensayos es esencial que se tome en cuenta el mínimo de herramientas y maquinaria con la finalidad de ser más accesibles, por tales motivos los métodos que se explicarán a continuación son de tipo organoléptico.

La plasticidad puede ser cuantificada mediante la determinación de los índices de Atterberg (Límite Líquido, Límite Plástico y Límite de Retracción). Estos límites marcan una separación arbitraria entre los cuatro estados o modos de

comportamiento de un suelo sólido, semisólido, plástico y semilíquido o viscoso (Jímenez & De Justo, 1975)

Los límites marcan una separación entre los tres estados o modos de comportamiento de un suelo sólido, semisólido, plástico y semilíquido o viscoso. Cuanto más pequeñas son las partículas y más imperfecta su estructura, más plástico es el material. Aunque el Método Atterberg es muy utilizado para determinar los límites de plasticidad sin embargo la accesibilidad al equipo fue una limitante, recordando que este proyecto se llevó a cabo durante la pandemia generada por el SARS-CoV-2 ya que los ceramistas no cuentan con este equipo para replicar las pruebas, se decide descartar este método no sin antes mencionar su importancia.

Según Fernandez Chiti (2006) no es posible establecer mediciones o coeficientes válidos para todo tipo de arcillas ya que depende de la técnica a implementar en el desarrollo de las piezas. Existen métodos indirectos y todas las pruebas son experimentales, explica que cuanto más delgado y largo se logra hacer un cordón con una arcilla más plástico será, cuanto más tiempo logre permanecer suspendido ese cordón en el aire más plástico será.

Existe una técnica que consiste en elaborar un “*conito de arcilla*” y dejarlo secar, posteriormente se introduce en un contenedor de agua y se toma el tiempo, entre más tiempo tarda en deshacerse puede considerarse más plástica la arcilla, los valores máximos que se dan son de dos horas y media de inmersión hasta la destrucción total de la muestra, para arcillas poco plásticas como las magras de grano grueso es poco menos de una hora.

Por medio del sentido del oído podemos identificar la plasticidad de una arcilla, se toma un poco de arcilla húmeda y se presiona entre el dedo índice y el pulgar, al despegar los dedos reaccionara con un ruido, las que no tienen adherencia viscosa no son plásticas y no provocarán dicho sonido.

Otro método que no incluye los sentidos pero es sencillo y fácil de llevar a la práctica consiste en pesar una muestra de arcilla cruda bien seca al aire; se le somete a calor por una hora hasta llegar a 200 o 250 grados y se le vuelve a pesar, los valores deseados son entre una pérdida del 10 al 14%.

Según Vazquez Malagón (2015) la comprobación de la plasticidad de una pasta cerámica debe ser a través de la manipulación, pellizcando, amasando y estirando. En su obra sobre materiales cerámicos propiedades, aplicaciones y

elaboración precisa que “existe una prueba muy simple que consiste en hacer un churro de pasta y enrollarlo tratando de simular una “cola de cochino”, si el material resiste bien, se considera que es plástico; si por el contrario, éste se quiebra, es significado de poca plasticidad ver figura 37.

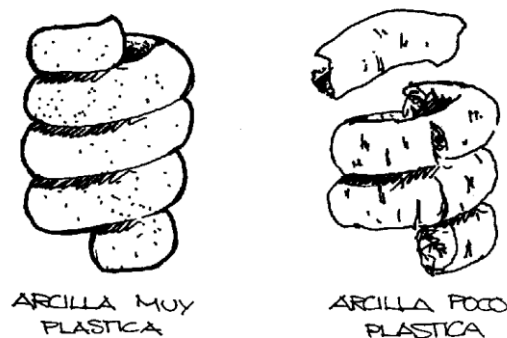


Figura 37 Pasta enrollada en forma de “cola de cochino” para medir la plasticidad de una pasta. Vázquez (2005)

Dicha técnica es común y de frecuente uso entre los ceramistas, también lo es la técnica de aro que comienza con los principios básicos de muchas otras técnicas, elaborar un cordón de un centímetro. La técnico ceramista argentina Norma Mainero, (2020) utiliza dentro del taller de pastas y barbotinas la llamada “*técnica de aro*” que también se indica en el apartado de análisis textural de suelos, el proceso que indica es el siguiente: “Elaborar un rollo circular para examinar el comportamiento y aspecto de la forma. Si luego del secado de la misma conservó la forma y no se agrieto, se descarta la falta de plasticidad. Es decir, es factible que sirva para modelar piezas.”



Figura 38 Posibles resultados de la “técnica de aro” .Elaborado por Cristina Ruiz Díaz.

Las técnicas descritas anteriormente requieren de instrumentos básicos, exceptuado el método Atterberg que requiere del aparato cuchara Casagrande entre otros instrumentos. En todos prevalece la observación y el tacto del material para determinar su comportamiento así como se indicó en el análisis textural de suelo con el cual existen muchos pasos en común.

2.4.3. Contracción

El ceramista artesano en su búsqueda por encontrar materia prima para la elaboración de cerámica realiza diversas pruebas, en principio con muestras de suelo que entre sus componentes se encuentra la arcilla mezclada con otros componentes de forma natural. Para el trabajo de investigación se contempla la evaluación de las muestras de suelo en su estado natural con la finalidad de conocer el comportamiento de las arcillas en conjunto con los componentes naturales que integran a la muestra, al ser una mezcla natural de diversos componentes se utiliza el término pasta cerámica, y por tanto su evaluación se realizará con los métodos comúnmente utilizados en la evaluación de pastas cerámicas.

Fernández (2007) define contracción como la disminución de tamaño que experimenta una pasta durante su secado en la cocción. Puede hablarse de contracción lineal, superficial o cúbica, según se la mida por la contracción de una línea de pasta, una superficie plana o bien un volumen.

Son en tres fases en las que se da la contracción de una arcilla: secado, bizcocho y durante la segunda cocción, en esta última se cuece a su máxima temperatura. Cuando el encogimiento de una pasta de arcilla se da durante su secado se le denomina contracción de secado. Entre mayor cantidad de agua absorbe la pasta, mayor será su contracción. Fernández explica que la contracción se da por las siguientes razones:

“Al añadir agua a la mezcla para dar plasticidad y modelar las piezas las partículas de arcilla se rodean de una película húmeda que puede estar constituida hasta por 200 capas moleculares. Al secarse la pieza dicha humedad se evapora y desaparece, con lo cual las partículas de arcilla se acercan entre sí, determinando el encogimiento o contracción.” (Fernández 2007:258)

La contracción de cocción es la que experimentan las pastas durante su cocción, ya sean tradicionales o mejoradas, durante este proceso llegan a vitrificarse, todas las sustancias que pasan de un estado sólido o cristalino al vítreo o líquido (fusión) reducen su tamaño. Las pastas de baja temperatura tienden a ser porosas y a encogerse poco. Se puede controlar el porcentaje de reducción con fundentes o de materiales refractarios según el resultado que se esté buscando, así como la

temperatura del horneado. Según Fernández (2006) la contracción aceptable para una pasta de gres es de 8 al 10%, aunque Vázquez refiere que el rango de encogimiento es de 10 a 15%. Otros factores alternos que afectan la contracción de las pastas cerámicas son el uso de esmaltes, los cuales pueden incrementar el volumen de las piezas hasta un 5% o el apilar las piezas dentro del horno durante la quema puede estimular la reducción al cual se le denomina contracción bajo carga. A mayor porcentaje de agua requerida para obtener una masa plástica mayor será su plasticidad y por lo tanto al secarse mayor será su contracción, en una muestra seca sin cocción 10% de contracción o más es adecuado, menos del 5% es poco.

Fernández indica que el procedimiento para determinar la contracción de una pasta arcillosa consiste en elaborar placas de 12 cm de longitud por 4 de altura y un centímetro de espesor, a dichas placas se les marca en el centro una línea de 10 cm, la toma de dimensiones se da en estado plástico, en seco y después de la cocción. La toma de medidas se realiza sobre la línea de 100 mm que equivale al 100%, conforme se contrae se toma la equivalencia en porcentaje para determinar la contracción en los diversos estados. Una pasta apta para modelar por medio de técnicas manuales debe oscilar entre el 8 y el 10% de contracción. Las pastas industriales tienen altos contenidos de antiplásticos por lo cual su contracción se encuentra entre un 2 y 3%, muy bajo.

Emma Vázquez afirma que la contracción se da en dos momentos, contracción al secado y contracción de la quema. En la primera la pasta sufre contracción cuando pasa de estado de cuero a hueso, el porcentaje de encogimiento depende de dos factores: cantidad de agua y plasticidad del material, si la arcilla es muy plástica tenderá a encogerse más. Al encogimiento que se da durante la cocción se le denomina contracción de quema y depende de la pasta y su capacidad de vitrificar. Las pastas de baja temperatura son naturalmente porosas por lo que su contracción es menor que las de alta temperatura; las de alto grado de vitrificación presentarán mayor encogimiento.

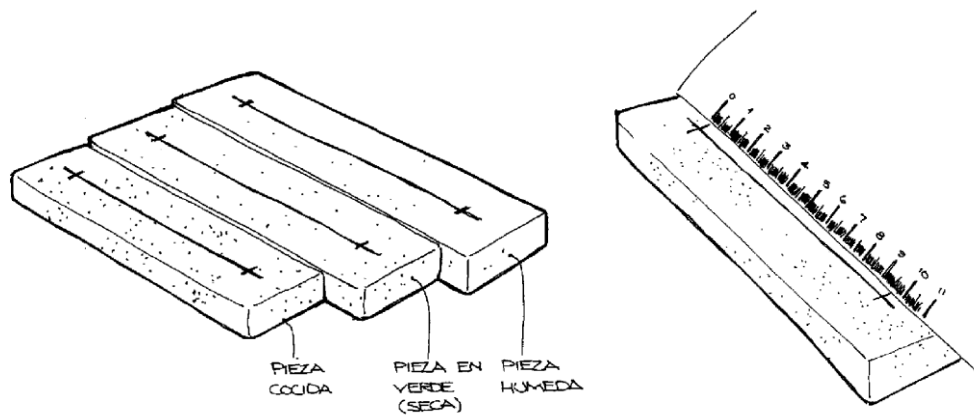


Figura 39 Contracciones que sufre una pasta cerámica en diferentes estados a la izquierda y a la derecha medición directa de la contracción de una pasta. Fuente: Vázquez 2005

En la publicación Materiales cerámicos propiedades, aplicaciones y elaboración de Emma Vázquez indica el procedimiento para la elaboración de las placas para la comprobación de los materiales:

1. Pesar los materiales de acuerdo a la fórmula correspondiente.
2. Mezclar los materiales en seco.
3. Hidratar la mezcla perfectamente y amasar en placa de yeso hasta obtener una pasta que no se pegue a las manos y esté libre de aire.
4. Elaborar las placas de pruebas de acuerdo a las dimensiones establecidas, se recomiendan las siguientes medidas: 15 x 3 x 1 cm (el espesor puede ser de 6-7 mm para pastas de porcelana). Las placas pueden modelarse manualmente auxiliándose de rodillos, o por medio de moldes de yeso.
5. Marcar la línea de encogimiento una vez que la placa esté terminada, trazando una línea recta atravesada por dos líneas perpendiculares equidistantes una de otra 100 mm, esta línea sirve para medir la contracción de secado o de quema de la pasta. Los 100 mm se determinaron de tal manera que la diferencia de mediciones nos proporcione directamente el porcentaje de contracción; por ejemplo, si la línea mide 87 mm el encogimiento por diferencia será del 13%.
6. Secar las probetas colocándolas sobre una placa de yeso de manera que los pandeos naturales que se pueden presentar durante el secado traten de evitarse, por lo cual se recomienda poner una placa sobre otra, acomodándolas para que pueda fluir el aire entre ellas.
7. Pulir las probetas si se desea. Para no correr el riesgo de deformarlas, es mejor hacer este procedimiento cuando se encuentran libres de humedad.

8. Quemar a la temperatura establecida, introduciendo las placas al horno solamente hasta que se hayan secado totalmente.

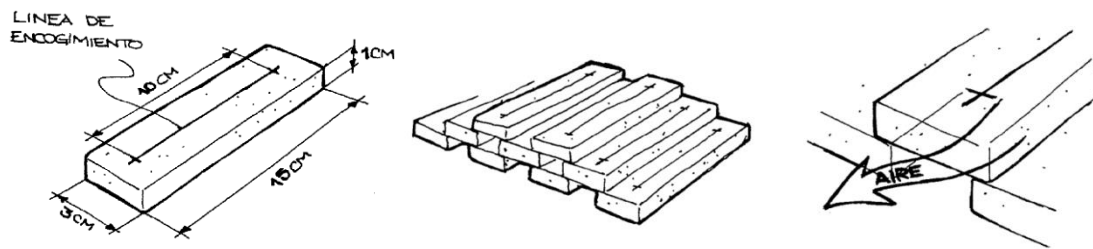


Figura 40 Placa de pruebas para el análisis de pastas cerámicas y disposición de las placas de pruebas durante el secado, para evitar deformaciones. Fuente: Vázquez 2005

Vázquez Malagón explica que la contracción se expresa en porcentajes y puede medirse en forma lineal, superficial o cúbica. Las tres contracciones se relacionan matemáticamente en fórmulas determinadas por la contracción lineal de la siguiente manera:

a = % de la contracción lineal

b = % de la contracción superficial

c = % de la contracción cúbica.

$$b = 2^a - (a^2/100)$$

$$c = 3^a - (3^a 2/100) + (a^3/100^2)$$

$$a = 100 - 10 [3\sqrt{(1000 - 10c)}]$$

Fórmula para determinar la contracción, si se ha hecho la línea de encoqueamiento: Porcentaje de contracción = [(medida inicial – medida final) / medida inicial] x 100

Conocer el porcentaje de contracción de la muestra durante sus estados plásticos, en seco y después de la cocción permite identificar si es una muestra apta para su uso en la elaboración de piezas cerámicas o si es necesario mezclar de una o varias arcillas con otros materiales antiplásticos y/o fundentes.

2.4.4. Temperatura de cocción

Proceso cerámico mediante el cual las piezas de arcilla son transformadas irreversiblemente en su constitución química obteniendo características definitivas

de resistencia, dureza, color, brillo, textura, entre otras. En la cerámica actual se llevan a cabo cocciones a baja y alta temperatura. Para el ceramista es más práctico realizar la clasificación de los materiales cerámicos de acuerdo a la temperatura de quema que puede ser baja (850°- 1050°C), media (1100°- 1150°C) o alta temperatura (1200° - 1300°C.) esto le permite determinar en qué rango de temperatura podrá cocer las piezas.

La temperatura de quema se determina de acuerdo a las arcillas utilizadas y a la combinación de estas con los demás materiales. De tal manera que hay pastas que no pueden resistir más allá de cierta temperatura, que de sobrepasarse se provocan deformaciones e incluso fusión del material, o bien al ser expuestas a una menor temperatura, quedarían infracocidas impidiendo el desarrollo adecuado de todas sus propiedades, presentando por lo tanto, resistencia muy por debajo de lo esperado. (Vazquez,2005:34)

La cerámica de baja temperatura normalmente se cuece de 1000 - 1080 C, al agregar arena o chamota, admite una temperatura de más alta cocción. Lo que permite una mayor fusión y disminución de porosidad. Por lo regular a mayor temperatura de cocción mayor será la resistencia de las piezas obteniendo mejores resultados para el uso doméstico.

COMPOSICIÓN DE LAS PASTAS TRADICIONALES*					
Materias primas	Función de los materiales	Alfarería	Loza	Gres o Stoneware	Porcelana
- Materias primas arcillosas	- Plasticidad y endurecimiento después de la quema	- Total o parcialmente de arcillas rojas - Mezcla de arcillas rojas	- Arcilla bola 25-30% - Caolín 10-15%	- Arcilla bola 50-60% - Caolín 20%	- Arcilla bola 25% - Caolín 25%
- Materias primas no arcillosas	- Estructurante	- Silice 10%	- Silice 15%	- Silice 10-20%	- Silice 25%
	- Fundentes	- No se requiere	- Feldespato 10% - Ca CO ₃ 10% - Talco 25-40%	- Feldespato 10-30%	- Feldespato 25%
- Materiales agregados	- Texturizante	- Arcilla refractaria o grog como agregado 10-20%		- Arcilla refractaria o grog como agregado 10-20%	
	- Colorantes	- Por ser una pasta coloreada naturalmente, no se usan.	- Óxidos metálicos o pigmentos en diferentes proporciones.		- Es poco común su uso, ya que la blancura es su principal característica.
- Temperatura de quema		- 850°-1050°C	- 1000°-1050°C	- 1200°-1280°C	- 1240°-1300°C
- Características técnicas		- Contracción: 7-10% - Absorción: 10-20%	- Contracción: 7-10% - Absorción: 10-15%	- Contracción 13-16% - Absorción: 0.0-1.0%	- Contracción 12-15% - Absorción: 0.0-0.5%

* Las cifras que se presentan (porcentajes de materiales, temperaturas de quema y características técnicas) son generales para cada tipo de pasta, éstas pueden variar dependiendo de las necesidades específicas.

Figura 41 Temperatura de cocción de las pastas tradicionales Fuente: Vázquez 2005

Según Fernandez Chiti las etapas de cocción se dividen en dos la primera es el calentamiento dividido en tres periodos, el primer periodo es secado de las piezas ya que siempre conservan agua por más seca que esté la pieza, dicha humedad se

encuentra entre los poros y capilares de la pasta cruda. Para este proceso es importante mantener una buena ventilación, una llama oxidante y sumisa así como controlar los tiempos, la temperatura debe elevarse lentamente para facilitar la salida de gases y vapor de agua, si por el contrario se realiza rápidamente pueden generarse fracturas en las piezas incluso explotar y caer sobre otras piezas ocasionando que se facturen o estropear el esmalte. Entre los 430 y los 700 grados la molécula se abre dejando escapar el agua químicamente en forma de vapor dejando porosidad en la pieza y una leve dilatación. La segunda etapa es llamada fuego pequeño, esta se da entre los 350 y 800 grados, la arcilla se transforma y se vuelve anhidra, oxidándose los componentes. A la tercera fase se le denomina el gran fuego y comienza a partir de los 800 grados hasta el final de la cocción, en cada uno de estos procesos se producen cambios. Sobre los 1000 las pastas se van vitrificando gradualmente, formándose una fase vítrea, débil al principio y más abundante, al ascender la temperatura la vitrificación avanza y las pastas van sufriendo una contracción gradual que llega a su máximo en la temperatura final. Si se continúa sometiendo a mayor temperatura las piezas comenzarán a deformarse por exceso de vitrificación y terminará por fundirse. Es común agregar antiplásticos a las pastas, entre un 20% y 30%, estos actúan como fundentes para la formación del vidrio. El tiempo de cocción juega también un papel muy importante en el proceso de cocción, este dependerá del tamaño, espesor y el tipo de material, entre más grandes y gruesas sean requerirán de un proceso lento es decir entre 150 a 200 grados por hora.

Para calcular el rango de temperatura de cocción puede contemplarse la deformabilidad, esta es la propiedad de una arcilla de deformarse a temperaturas elevadas es decir que el material no puede seguir conservando su forma debido a la presencia de compuestos fundidos dentro de su estructura, lo cual indica que el punto de fusión se encuentra cercano (aproximadamente 150°C como mínimo). Determinar la temperatura máxima a la que puede ser sometida una pasta cerámica es elemental para evitar llevar al material a ese límite.

Emma Vázquez describe el procedimiento para determinar la deformación basándose en el diseño de las probetas anteriormente mencionadas en el apartado de contracción:

1. Marcar dos muescas a 10 cm de distancia en el costado de la placa de pruebas (la línea de encogimiento puede servir de guía).
2. Someter a cocción dichas placas, sostenidas en sus extremos sobre dos soportes que coincidan con las muescas realizadas.
3. Una vez cocidas, apoyar una regla en las muescas que se encuentran marcadas en nuestra placa de pruebas y medir la perpendicular desde el punto más alejado; si la deformación no es excesiva, se considera que la temperatura es la correcta, de lo contrario hay que reformular o disminuir la temperatura de quema (no hay rangos recomendados y las más de las veces se determina por sentido común).

3. MÉTODO

El capítulo está dividido en tres secciones, la primera se enfoca en profundizar en la problemática por medio de una investigación cualitativa en la cual se aplicó una encuesta a ceramistas. El objetivo fue recolectar información sobre los materiales, técnicas, procesos, herramientas y maquinaria utilizada para el desarrollo de objetos cerámicos, así como los tipos de productos que se desarrollan en la región. Esta muestra exploratoria permitió identificar las características que debieran tener las arcillas para su implementación en la elaboración de sus productos así como el equipo con el que cuentan los ceramistas para replicar el ensayo. En segunda sección se muestra una investigación de campo, por medio de la exploración de suelos en el valle de Mexicali cuya finalidad fue identificar suelos de tipo vertisol y tomar las muestras para su posterior análisis por medio de ensayos organolépticos. La última sección muestra el procedimiento que se realizó en los diferentes ensayos: Análisis organoléptico textural de suelos por plasticidad y sedimentación, análisis por plasticidad con el ensayo “cola de cochino” y de “aro”, análisis de contracción y deformabilidad. En la figura 42 se muestra el diagrama de flujo de la metodología implementada.

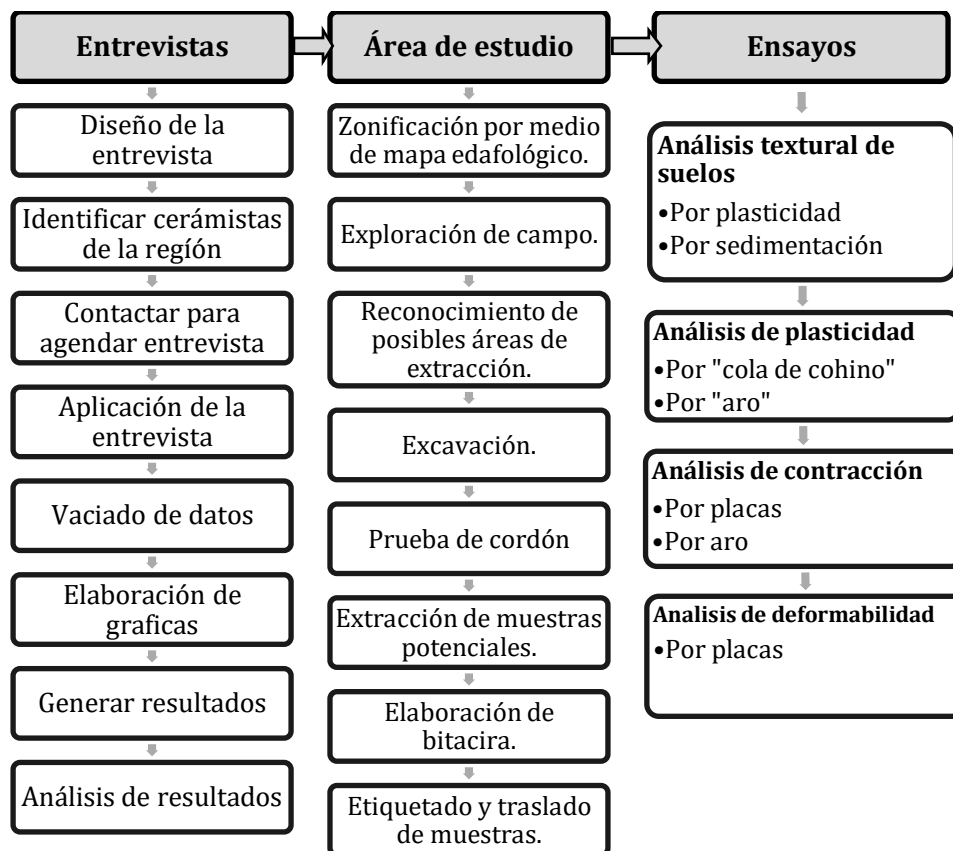


Figura 42 Diagrama de flujo de la metodología.

3.1. Entrevistas

Con el objetivo de recolectar información sobre las practicas recurrentes de los ceramistas de Mexicali se diseño un cuestionario dividido en tres secciones, la primera asociada a información personal de los encuestados, la segunda a aspectos técnicos sobre la construcción de piezas cerámicas y finalmente la tercera en donde se determinan aspectos relacionados a la comercialización de sus productos. La aplicación se realizó entre el 8 de marzo al 18 de mayo del 2020 por medio de llamadas telefónicas, durante las cuales se vació la información en un documento de Excel con la finalidad de crear gráficas que faciliten su análisis. El método de recolección de información se realizo por medio de los siguientes pasos: (1) Identificación de los ceramistas de la región (2) Aplicación de cuestionarios (3) Vaciado de datos (4) Análisis de datos (5) Elaboración del informe. La muestra exploratoria se conformó por once ceramistas: un artesano, tres artistas plásticos, dos diseñadores industriales y cinco maestros. En la figura 42 se muestra la estructura de la entrevista.

INFORMACIÓN PERSONAL.	
NOMBRE:	EDAD:
INFORMACIÓN BÁSICA DEL TALLER DONDE LABORA UBICACIÓN Y TELÉFONO	
¿DÓNDE APRENDIÓ A ELABORAR CERÁMICA?	
¿CUÁNTO TIEMPO TIENE TRABAJANDO CON CERÁMICA?	
INFORMACIÓN TÉCNICA.	
¿DÓNDE CONSIGUE EL BARRO? ¿A QUÉ PRECIO?	
¿CONOCE OTROS LUGARES DONDE CONSEGUIR BARRO? ¿DÓNDE?	
¿QUÉ TIPO DE PRODUCTOS ELABORA?	
¿QUÉ PROCESOS REALIZA?	
¿QUÉ TÉCNICAS APLICA?	
A) TÉCNICAS TRADICIONALES (PLACA, PELLIZCO, CORDÓN)	
B) COLADO DE MOLDES	
C) TORNO	
D) OTRO: _____	
¿QUÉ MAQUINARIA TIENE EN EL TALLER DONDE LABORA?	
A) TORNO	
B) HORNO (ESPECIFICAR DE QUÉ TIPO)	
C) TORNETA	
D) MOLINO	
E) BATIDORA DE BARBOTINA	
F) EXTRUSORA	
G) OTRO(S): _____	
¿A QUÉ PROBLEMAS SE ENFRENTA AL ELABORAR SUS PRODUCTOS?	
COMERZIALIZACIÓN DE PRODUCTOS	
¿CUÁNTOS TALLERES CONOCE? ¿DÓNDE SE UBICAN?	
¿CUÁNTAS TIENDAS CONOCE CON VENTA DE PRODUCTOS CERÁMICOS?	
¿CUÁLES DE SUS PRODUCTOS SE COMERCIALIZAN MÁS?	

Figura 43 Entrevista. Elaboración propia.

3.2. Área de estudio

Las arcillas son constituyentes esenciales de gran parte de los suelos y sedimentos que forman los suelos Mexicali y su valle, se encuentran en la provincia fisiográfica Sonorense, la cual se caracteriza por tener en su mayoría depósitos de rocas sedimentarias tales como areniscas, conglomerados y suelos de origen aluvial provenientes de las aportaciones del Río Colorado y del intemperismo al que estuvieron sujetas las Sierras circundantes cuya formación está compuesta por rocas de diferentes edades y distintas eras geológicas. (Estado, 2016, pág. 18)

En el valle de Mexicali existen zonas con potencial para extracción, según (Villa, 2013) este valle cuyo relieve contiene un mismo conjunto de agentes modeladores del terreno, así como de un mismo origen geológico y tipo de vegetación al Desierto Sonorense que se caracteriza por tener una superficie casi plana con altitudes de poco más de 40 metros sobre el nivel del mar (msnm), en la desembocadura del Río Colorado (límite oriente), que hacia el valle va disminuyendo progresivamente hasta alcanzar el abanico aluvial de la Sierra Cucapá (bajada). El Río Colorado generó una cuenca de origen tectónico formada por sedimentos de material rico en minerales, este suelo se caracteriza por la acumulación de arcilla en el subsuelo. En la figura 43 se puede observar un mapa del Valle de Mexicali.

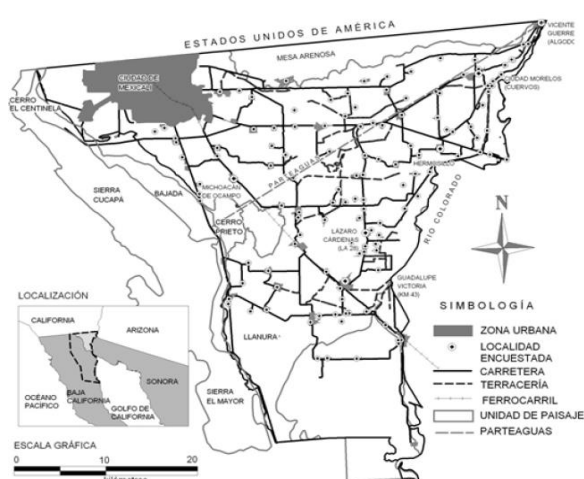


Figura 44 de el Valle de Mexicali (Ortega, 2013) Obtenido de <https://sites.google.com/site/dhirebajacfa/home/municipios/mexicali/delegaciones-municipales/mapadelasdelegacionesmunicipalesdemexicali> el 15 de Abril 2021

El área de estudio se eligió de acuerdo a el mapa edafológico de INEGI en donde se muestran los suelos de tipo vertisol por su alto contenido de arcilla, la cual se expande con la humedad formando sobre la superficie pequeños montículos

conocidos como microrelieve; en el subsuelo, (Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI)., 2004) ver figura 44.

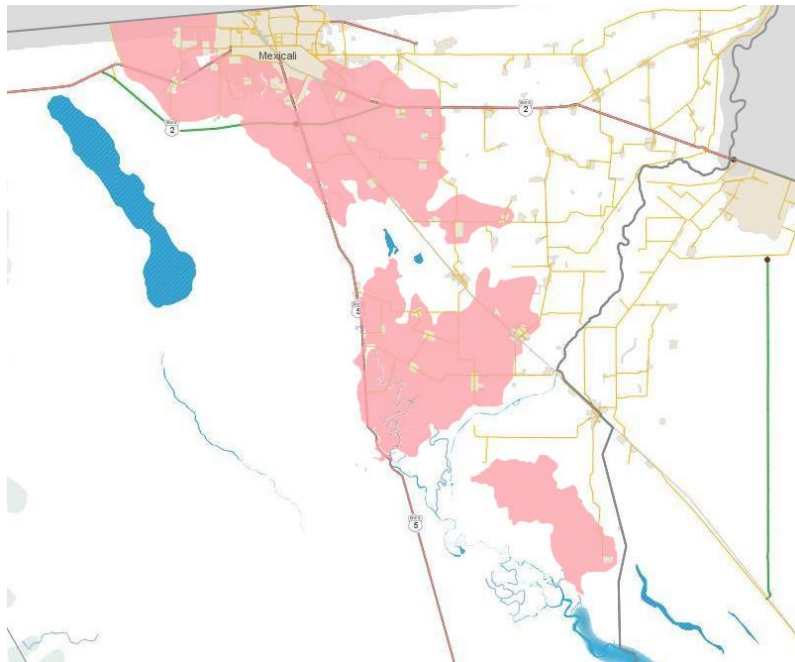


Figura 45 Zonas de suelos de tipo vertisol en Mexicali. Fuente: INEGI

Se seleccionaron zonas del Valle de Mexicali en donde encontraron arcillas secundarias, es decir que han sido arrastradas por las aguas durante periodos geológicos, depositándose y formando sedimentos en el fondo de los valles. Estas arcillas son impuras ya que se han mezclado con granos gruesos de cuarzo, mica, feldespato y cal sin embargo pueden ser utilizadas en la elaboración de cerámica. En Mexicali se pueden encontrar principalmente arcillas en seco aunque conforme se excava la humedad en la tierra se comienza hacer presente, en zonas cercanas a canales de riego se filtra el agua y es más evidente la plasticidad de la arcilla en el lugar de extracción.

Las arcillas analizadas en este trabajo provienen de dos zonas del Valle de Mexicali con suelo tipo vertisol los cuales presentan 30% o hasta 90% de arcilla en todos los horizontes, tiene un alto coeficiente de expansión en húmedo y contracción en seco, materiales parentales calcáreos, tienen contenido de materia orgánica de medio a bajo, su textura es arcillosa, en suelos secos se contraen y aparecen grietas profundas, ver imagen 46, se determinó realizar la extracción de las muestras en el mes de septiembre dentro del periodo del verano cuando las

temperaturas de Mexicali no son tan extremas y permitiendo visualizar las grietas típicas de estos suelos que según (Sotelo, 2008) se dan en esta temporalidad.



Figura 46 Suelo con agrietamientos y conchas. Fuente: Gracia 2020.

Para el desarrollo de esta investigación se seleccionaron siete muestras tomando en cuenta aspectos como la previa utilización de la arcilla para la elaboración de productos cerámicos como el ladrillo, zonas húmedas o bien cercanas a canales de riego es decir suelos aluviales o fluviales transportadores de agua o bien residuos de conchas y caracoles que evidencian que en algún momento se transportaba agua. Se extrajeron siete muestras de tres zonas: Ejido Chihuahua ver imagen de la zona de extracción en la figura 48, de este lugar se extrajeron las muestras 1, 2, 2.1. En la colonia ladrillera, figura 47, se extrajeron las muestras 3, 3.1, 4 y 4.1.



Figura 47 Zona de extracción Colorado 1. Fuente: Google maps 2021.

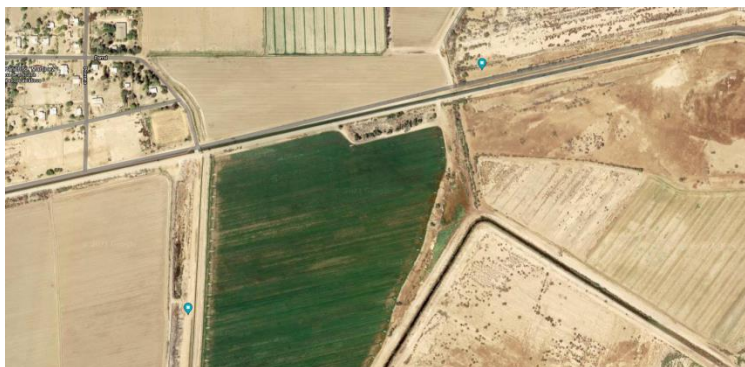


Figura 48 Zona de extracción Ejido Chihuahua. Fuente: Google maps 2021.

3.3. Extracción de las muestras

En el valle de Mexicali se realizó un primer acercamiento a las zonas trazando una ruta cercana a los canales de riego del valle de Mexicali para observar áreas húmedas, otros indicios fueron encontrar los restos de conchas y caracoles ya que esto indica que hubo flujo de agua en la zona en algún momento, ver figura 49 donde se muestran restos de conchas. En el Ejido Chihuahua se encontraron tres muestras a las orillas de canales de riego.



Figura 49 Restos de conchas. Ejido Chihuahua. Alicia 2020.

En zonas donde se elabora ladrillo se identificaron áreas excavadas previamente por los productores de ladrillo, en estas zonas se logro ver las capas de la corteza terrestre para identificar las vetas de arcilla. Se buscaron aproximaciones a zonas húmedas, ver imagen figura 50 en donde se muestran capas de la tierra con áreas húmedas, o con agua pero realizar una excavación resultaba muy complicado ya que las profundidades en las que se encontraba la arcilla eran de más de 4 metros.



Figura 50 Zona húmeda encontrada en Colorado 1.

Las capas de arcilla y limo se hacían más evidentes por la humedad que las arcillas retienen, como se puede observar en la imagen 51 el limo tiene una apariencia seca en la parte superior obscureciéndose conforme baja a la zona gris terminando en un color café oscuro en dónde se logra apreciar la arcilla.



Figura 51 Capas de limo y arcillas.

Después de seleccionar el área de extracción se registró la ubicación de la zona por medio de la aplicación google map, a través de esta aplicación se elaboraron croquis y se tomaron capturas de las zonas que se puedan apreciar en las figuras 52 y 53. De igual manera así se tomó evidencia del procedimiento de extracción con fotografías de la zona y de las muestras. La profundidad de la toma así como el peso de la muestra se registró en bitácoras.



Figura 52 Zona de extracción en Colorado 1 muestras 3 y 3.1 Fuente: Google maps.

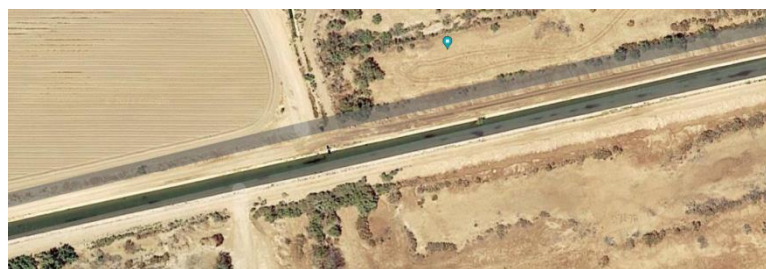


Figura 53 Zona de extracción Ejido Chihuahua Muestras 2 y 2.1 Fuente: Google maps.

La extracción se realizó con palas, picos, cincel y martillo las profundidades dependían de la zona ya que en la colonia ladrillera se encontró arcilla por debajo de los tres metros mientras que en el Ejido Chihuahua se encontró a 15 cm de profundidad. La recolección se llevó a cabo por medio de bolsas de plástico etiquetadas indicando el número de muestra con números consecutivos, en caso de encontrar dos tipos de arcillas en el mismo lugar se enumeraban con decimales es el caso de la muestra 2 y 2.1, 3 y 3.2 así como la 4 y 4.1.

Zona 1 Valle de Mexicali Ejido Chihuahua localizada en el Municipio [Mexicali](#) del Estado de [Baja California](#) México en las coordenadas GPS: Longitud (dec): -115.232927 Latitud (dec): 32.480175



Figura 54 Zona de extracción 1 Ejido chihuahua muestras 1, 2 y 2.1. Fuente: google maps.

Tabla 2 Registro de muestra 1

Registro de identificación de las muestras							
Localización: Valle de Mexicali Ejido Chihuahua			Fecha: 9/09/2020		Número de muestra: 1		
Croquis del lugar 			Imagen de la zona: 				
Profundidad de la toma: Imagen toma: 			Espesor de la veta: Irregular Imagen de la muestra: 		Imagen de indicios: Zonas húmedas 		
Cantidad	Color	Textura	Estado				
			Seco	Húmedo	Plástico	Viscoso	Líquido
7kg	Café		✓				
Descripción del lugar							

Tabla 3 Registro de muestra 2.

Registro de identificación de las muestras							
Localización: coordenadas GPS: Longitud (dec): - 115.2272557 Latitud (dec): 32.4841530			Fecha: 9/09/2020		Número de muestra: 2		
Croquis del lugar 			Imagen 				
Profundidad de la toma: 15cm			Espesor de la veta: 2.5 cm		Imagen de indicios: conchas		
Imagen toma 			Imagen veta 				
Cantidad	Color	Textura	Estado				
			Seco	Húmedo	Plástico	Viscoso	Líquido
5kg	Café			✓			
Descripción del lugar							
Ubicado a 30 metros con 50 cm del canal, al costado del camino, la muestra fue tomada de un desnivel del canal en estado seco. Se mostraban conchas y zonas húmedas.							

Tabla 4 Registro de muestra 2.1

Registro de identificación de las muestras							
Localización: coordenadas GPS Longitud (dec): -115.2272557 Latitud (dec): 32.4841530			Fecha: 9/09/2020		Número de muestra: 2.1		
Croquis del lugar 			Imagen 				
Profundidad de la toma: 50 cm			Espesor de la veta: 12 cm		Imagen de indicios: Conchas		
Imagen toma 			Imagen veta 				
Cantidad	Color	Textura	Estado				
			Seco	Húmedo	Plástico	Viscoso	Líquido
4kg	Café oscuro	Arcillo limosa		✓			
Descripción del lugar							
Ubicado a 30 metros con 50 cm del canal, al costado del camino, la muestra fue tomada de un desnivel del canal en estado seco. Se mostraban conchas y zonas húmedas.							

Tabla 6 Registro de muestra 3.1.

Registro de identificación de las muestras							
Localización: Colonia ladrillera				Fecha: 10/09/2020		Número de muestra: 3.1	
Croquis del lugar				Imagen de la zona:			
Profundidad de la toma: 3.5 mts			Espesor de la veta: 5 cm		Imagen de indicios: Zonas húmedas		
Imagen toma: 			Imagen de la muestra: 				
Cantidad	Color	Textura	Estado				
			Seco	Húmedo	Plástico	Viscoso	Líquido
3 kg	Café oscuro	Arcilloso		✓			
Descripción del lugar							
Excavación de 4 metros en ladrillera, no se apreciaban restos de conchas o canales cercanos.							

Registro de identificación de las muestras							
Localización: Colonia ladrillera				Fecha: 10/09/2020		Número de muestra: 4	
Croquis del lugar:				Imagen de la zona:			
Profundidad de la toma: 3.5Mts			Espesor de la veta: 10cm		Imagen de indicios: Zonas húmedas		
Imagen toma: 			Imagen de la muestra: 				
Cantidad	Color	Textura	Estado				
			Seco	Húmedo	Plástico	Viscoso	Líquido
4 kg	Marrón y gris	Arcillosa		✓			
Descripción del lugar							
Excavación de 3.5 metros en ladrillera, no se apreciaban restos de conchas o canales cercanos.							

Tabla 7 Registro de muestra 4.1.

Registro de identificación de las muestras							
Localización: Colonia ladrillera				Fecha: 10/09/2020		Número de muestra: 4.1	
Croquis del lugar				Imagen de la zona:			
Profundidad de la toma: 4 mts			Espesor de la veta: 10cm		Imagen de indicios: Zonas húmedas		
Imagen toma:			Imagen de la muestra:				
							
Cantidad	Color	Textura	Estado				
			Seco	Húmedo	Plástico	Viscoso	Líquido
5kg	Café	Arcillosa			✓		
Descripción del lugar							
Excavación de 4 metros en ladrillera, no se apreciaban restos de conchas o canales cercanos.							

Todas las muestras recolectadas fueron trasladadas al laboratorio en donde se hizo una disgregación del suelo por medio de herramientas manuales y se dejó secar al aire libre por una semana, posteriormente se separaron las partículas individuales por medio de trituración con molino con la finalidad de pasar por un cernidor de malla amplia para continuar con el proceso de experimentación que se explica en el siguiente apartado.

3.4. Análisis textural de suelos

El proceso experimental se realizó mediante ensayos organolépticos basados en los sentidos, realizados sobre probetas para deducir con exactitud el comportamiento del material. La ejecución experimental se llevó a cabo en el taller de arte Tíip, las herramientas utilizadas fueron vernier electrónico modelo HER-411, balanza electrónica steren modelo MED-080, termómetro láser digital marca Mastergrip modelo 790066M. El análisis por plasticidad se llevo a cabo por medio del diagrama de Tarabini basado en Thien con una propuesta haciendo énfasis en la búsqueda de suelos arcillosos y contemplando las proporciones de agua que comúnmente se utiliza en la formación de una pasta plástica. El análisis por sedimentación se realizó por medio de botellas de vidrio y agua, en una segunda fase del experimento se agrego defloculante para observar aquellas muestras en las que el resultado no era evidente. En la figura 56 se puede observar un diagrama general de los procedimientos realizados que se describirán más adelante a detalle.

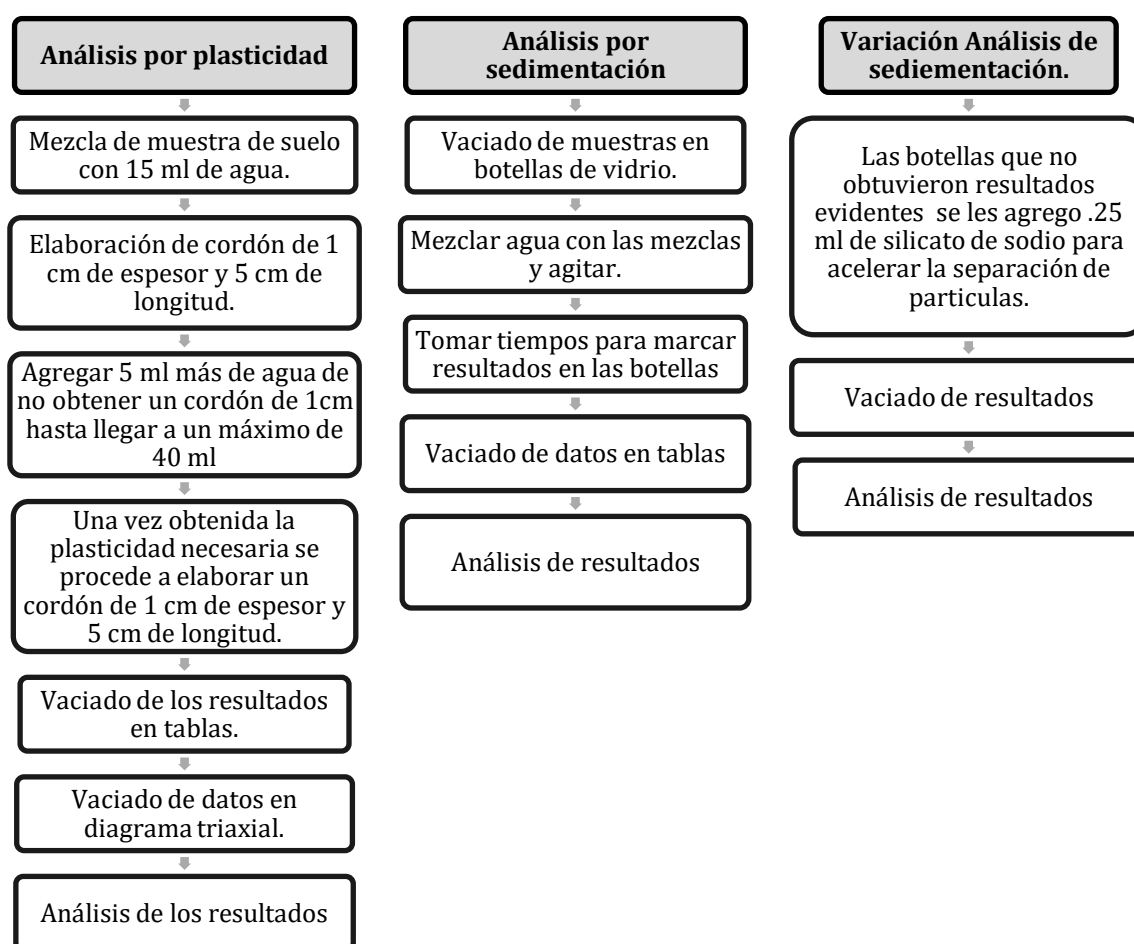


Figura 56 Diagrama de procesos realizados en los análisis texturales de suelos

3.4.1. Análisis por plasticidad

Se realizó una estimación de suelo en función de ensayos organolépticos por medio de la técnica tradicional propuesta por Thien en 1979, ver figura 57, por su accesibilidad y facilidad para replicar en los talleres de los ceramistas. Los suelos de interés para la elaboración de piezas cerámicas son aquellos que contienen arcilla como: arcillo arenoso, arcillo limoso, arcilloso, franco arcilloso, franco arcillo limoso, franco arcillo arenoso, por lo tanto se propuso una modificación seleccionando la variación en el diagrama con un enfoque hacia los suelos con contenido de arcilla.

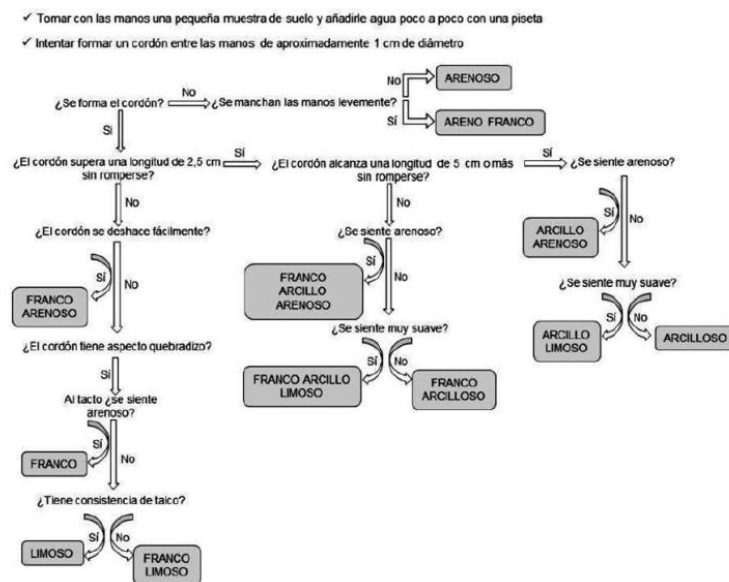


Figura 57 Diagrama de Tarabini (2018) basado en Thien (1979)

En la figura 58 se muestra al inicio del proceso la cantidad de agua que requiere una arcilla para lograr su estado plástico, entre un 15% y 40% de agua según Fernández (2006), para llegar al estado plástico basado en esta información y el diagrama de Tarabini, se propone el iniciar con el mínimo porcentaje de agua 15% para mezclar hasta que la arcilla logra despegarse fácilmente del contenedor para intentar realizar un cordón, si la plasticidad no es la adecuada se agrega 5% de agua y se repite el procedimiento hasta lograr la plasticidad o llegar al 40% de agua en la mezcla ver figura 58 en dónde se muestran imágenes del procedimiento.



Figura 58 Imágenes del proceso para análisis textural de suelos arcillosos.

Dependiendo del tamaño y consistencia del cordón se determinó el tipo de suelo y se registraron los resultados tanto en tablas como en el diagrama triaxial. En la figura 59 se aprecia la propuesta de modificación con enfoque a suelos arcillosos con los rangos de agua necesarios 15 a 40%.

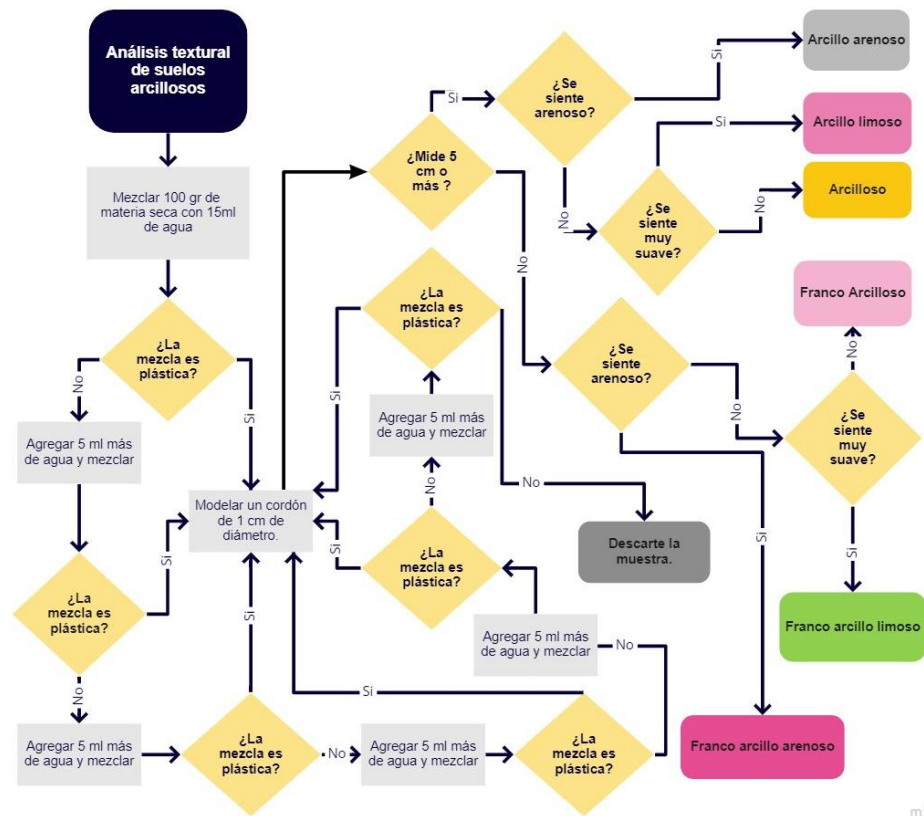


Figura 59 Propuesta de modificación al diagrama de Tarabini (2018) basado en Thien (1979) con énfasis en suelos arcillosos. Elaboración propia Gracia 2020.

3.4.2. Análisis por sedimentación

Para determinar la textura de los suelos se realizó el ensayo de sedimentación por su rapidez y fácil acceso a las herramientas el procedimiento se empleo por medio de una botella de vidrio, un cronómetro y una muestra de suelo. El procedimiento consistió en verter la muestra en la botella de vidrio con paredes lisas para realizar fácilmente la lectura de los resultados, posteriormente se llenó la botella con agua y se agitó se dejó reposar sobre una superficie plana para observar la caída de la partícula en un tiempo determinado y así visualizar las capas de de grava, arena, limo y arcilla, para determinar los porcentajes de material se ubicaron los resultados en el diagrama triaxial textural. En el caso de las muestras en las

cuales no se lograba determinar las capas se requirió de un gotero de vidrio y 5 ml de silicato de sodio como defloculante.

Procedimiento realizado:

1. Recolectar un kilogramo de muestra de suelo
2. Durante una semana exponer al sol para eliminar el mayor porcentaje de agua posible.
3. Triturar las muestras secas con un molino manual, si la muestra contiene humedad este proceso será difícil de llevar a cabo, incluso imposible dependiendo del porcentaje de agua en la muestra.
4. Una vez que la muestra se encuentre seca y triturada, verter 1/3 parte en la botella de vidrio.
5. Se procede a llenar la botella con agua natural y tapar con caucho para asegurar que no se derrame durante los 30 minutos de agitación con el propósito de mezclar la muestra con el agua.
6. Después de 30 segundos de agitación se coloca la botella en una superficie plana y se procedió a grabar y tomar fotografías mientras se observa la caída de partículas de arena a los 6 segundos, colocar una cinta adhesiva desde la base de la botella hasta la parte superior de esta; para marcar las capas generadas y posteriormente calcular el porcentaje.
7. Dejar reposar durante una hora y se tomar una fotografía para observar las capas de limo y arcilla, ver figura 60 dónde se muestran imágenes del proceso.
8. Una vez que se obtuvieron las capas se identificaron los porcentajes en el diagrama triaxial de texturas de suelo.



Figura 60 Imágenes de proceso de sedimentación. Gracia 2021.

3.5. Análisis de plasticidad

Los ensayos se llevaron a cabo en el taller de arte Ti'ip, las herramientas utilizadas fueron vernier electrónico modelo HER-411, balanza electrónica steren modelo MED-080La plasticidad aproximada se realizó por medio de cordones con formas denominadas coloquialmente “*cola de cochino y aro*”, el procedimiento se llevó a cabo en un taller improvisado por falta de acceso a espacios de la universidad generados por la pandemia, sin embargo se utilizó equipo básico que permitirá el desarrollo del ensayo en las condiciones que se encuentran los ceramistas mexicalenses. Las herramientas utilizadas fueron vernier electrónico modelo HER-411, balanza electrónica steren modelo MED-080, termómetro láser digital marca Mastergrip modelo 790066M, para realizar las probetas de contracción y resistencia a la deformación se imprimió un modelo 3D en plástico con las medidas estándar. Todas las muestras fueron previamente hidratadas siguiendo el diagrama de Tarabini con las condiciones propuestas en el apartado de análisis textural. A continuación se describen los pasos que se siguieron.

3.5.1. Ensayo “*cola de cochino*”

El inicio del procedimiento es el mismo que se utiliza para determinar la textura de suelo con una variación en las dimensiones del cordón ya que es necesario alargar hasta una longitud de 15cm o más. Para realizar el procedimiento se utilizaron contenedores de plástico con capacidad mayor a 100 gr, cucharas de medición de 15 y 5 ml, tabla de amasado, vernier electrónico modelo HER-411 y cámara fotográfica.

Procedimiento realizado:

1. El proceso se inició tomando 100 gr de una muestra de suelo totalmente seca; esta se mezcló con 15 ml de agua en el contenedor hasta que sus partículas comenzaban a unirse, procurando que la muestra no se adhiriera fácilmente a la mano.
2. En caso de que se lograra obtener una mezcla plástica se procedió a continuar con el paso 4, de no obtener la consistencia deseada; se agrego 5 ml más de agua hasta lograr su plasticidad.

3. Si al llegar a los 40 ml de agua la mezcla no era plástica, se procede a descartarla, sin embargo ninguna de las muestras tuvo este comportamiento.
4. Una vez que se obtuvo una mezcla plástica se procedió a modelar un cordón de 1cm de diámetro con una longitud de 15cm o más.
5. Al tacto se analizaron las muestras en relación a los resultados del triángulo textural.
6. Una vez que se tenía un cordón de 15 cm se procedió a enrollarlo en el dedo índice para darle la forma de “cola de cochino” y se dejó secar a la sombra ver figura 61.
7. Una vez secas las muestras se verificó si la muestra presentaba agrietamientos, rupturas o si no había sufrido ninguna modificación, dependiendo de su comportamiento se procedió a seleccionar aquella muestra que presentaron menos defectos ver figura 62 donde se muestran los posibles resultados.



Figura 61 Procedimiento para la elaboración del cordón con forma de “cola de cochino”.



Figura 62 Posibles resultados al aplicar la evaluación de plasticidad por técnica de cordón “Cola de cochi”.

3.5.2. Ensayo de “aro”.

Este procedimiento al inicio es parecido al ensayo “*cola de cochino*” con la diferencia de que se modela un cordón de 1cm de diámetro con una longitud de 32 cm como mínimo y se enrolla sobre un molde circular con un diámetro interno de 10 cm ver figura 63. Una vez que el cordón tomaba la forma del molde se posicionó sobre una superficie plana y se marcaron dos incisiones con el vernier para verificar su diámetro interno y determinar la zona para posteriormente medir la probeta seca. El secado fue al aire libre en un espacio con sombra. Se verificó el estado de las muestras tomando evidencia de la presencia de agrietamientos y/o rupturas, dependiendo de su comportamiento se seleccionaron aquellas muestras que presentaban menos defectos. A continuación se explica detalladamente el procedimiento:



Figura 63 Análisis de plasticidad cordón en forma de aro.

1. El proceso inició tomando 100 gr de una muestra de suelo totalmente seca y se mezcló con 15 ml de agua hasta que sus partículas comenzaron a unirse.
2. Si se lograba obtener una mezcla plástica procedía a continuar con el paso número 4, de no obtener la consistencia deseada; se procedió a agregar 5 ml más de agua.
3. En caso de que al llegar a los 40 ml de agua la mezcla no era plástica se descarta ya que la absorción de cantidades mayor a 40 ml indica que la arcilla se contraerá excesivamente. .
4. Una vez que el material se encontraba con una consistencia plástica se modeló un cordón de 1cm de diámetro con una longitud no menor a 32 cm.
5. Se colocó el cordón sobre un molde circular para generar un aro con un diámetro interno de 10 cm.
6. Se midió el diámetro interno generando dos muescas con el vernier y se dejó secar a la sombra.

7. Una vez seca la muestra se procedió a medir la contracción de la arcilla después del secado, tomando como guía las muescas generadas.
8. Se verificó si las muestras presentaban agrietamientos, rupturas o si no ha sufrido ninguna modificación, para registrarlo en la tabla de resultados.
9. Si se lograba dar la forma y se formaban ligeras grietas en el cilindro se determinó como arcilla ligera; si se podía hacer sin que el cilindro se agriete se anotaba como arcilla ver figura 64 con los posibles resultados. Entre mayor contenido de arcilla mejores resultados de plasticidad se obtuvo.



Figura 64 Posibles resultados de las pruebas de aro Elaborado por Cristina Ruiz Díaz

3.6. Análisis de contracción

El procedimiento consistió en elaborar las placas con cada muestra a través de un rodillo y una tabla de amasado con dos altos relieves de 1 cm de altura para generar el espesor de las placas, cada placa se elaboró con un molde de 150 mm de longitud con marca lineal de 100 mm en el centro y dos muescas en cada lado coincidentes con los extremos de la línea central. Cada muestra se marcó con un sello para identificarla y se peso para capturar la información en la tabla de resultados, en la figura 65 se muestra el proceso. La medición de las probetas se realizó después del secado, en dicho estado es en donde se mostró el mayor porcentaje de contracción, la segunda medición se realizó en bizcocho (después de la primera quema).



Figura 65 Procedimiento para la elaboración de placas de contracción.

A continuación se explica el procedimiento:

1. Se mezclaron arcillas en seco con el agua necesaria para obtener una masa plástica, las cantidades de agua son las mismas utilizadas en el análisis textural, ver cantidades en la tabla 8.

Tabla 8 Cantidad de agua necesaria en cada muestra para generar una mezcla plástica.

Muestra	1	2	2.1	3	3.1	4	4.1
Agua	40ml	15ml	30ml	30ml	30ml	15ml	30ml

2. Sobre una tabla de amasado se liberó de aire las muestras amasando perfectamente hasta obtener una pasta que no se pegará en las manos.

3. Se elaboraron las placas de pruebas por medio de rodillos y un molde impreso en plástico de acuerdo a las dimensiones establecidas: 15 x 3 x 1 cm
4. Durante el corte del contorno de las probetas, el mismo molde marcó la línea de encogimiento, una línea recta atravesada por dos líneas perpendiculares equidistantes una de otra a 100mm, esta línea permitió evaluar el porcentaje de contracción.
5. La rebaba del corte generado se limpio con esponja cuidando no deformar las orillas de las probetas.
6. Una vez listas las probetas se dejaron secar colocándolas en el exterior en la sombra, intercalando una placa sobre otra para que el aire fluyera entre los espacios libres, con la finalidad de evitar los pandeos.
7. La primera toma de dimensiones se dio una vez que las muestras se encontraban completamente secas, es decir en estado de hueso, y se anotó en bitácora.
8. Para la primera quema se introdujeron las probetas 1 y 2 de cada muestra a cono 06, las probetas 3 y 4 a cono 04 dichas temperaturas son las más utilizadas por los ceramistas de la región. El montaje de las piezas se realizó sobre material refractario para evitar el daño en el piso del horno como se muestra en la figura 66.



Figura 66 Montaje de probetas en el horno.

3.7. Análisis de deformabilidad.

El procedimiento para determinar la temperatura de cocción se llevó a cabo por medio de probetas parecidas a las mencionadas en el ensayo de contracción, la diferencia que existe entre ellas son las 4 muescas que se marcan y como se acomodan dentro del horno. A continuación se describe el proceso realizado.

1. Se mezclaron arcillas en seco con el agua necesaria para obtener una masa plástica, las cantidades de agua son las mismas utilizadas en el análisis textural.
2. Sobre una tabla de amasado se liberó de aire las muestras amasando perfectamente hasta obtener una pasta que no se pegará en las manos.
3. Se elaboraron las placas de pruebas por medio de rodillos y un molde impreso en plástico de acuerdo a las dimensiones establecidas: 15 x 3 x 1 cm, el mismo molde marcó dos muescas a 10 cm de distancia en los costados de la placa de prueba a la misma altura que la línea de encogimiento, véase figura 67.



Figura 67 Elaboración de placas para evaluar la deformación de las arcillas después de una cocción.

4. La rebaba del corte generado se limpio con esponja cuidando no deformar las orillas de las probetas.
5. Una vez listas las probetas se dejaron secar colocándolas en el exterior en la sombra, intercalando una placa sobre otra para que el aire fluyera entre los espacios libres, con la finalidad de evitar los pandeos.
6. Para montar las probetas en el horno se diseñaron soportes con forma triangular permitiendo de esta manera acomodar las muescas sobre el vértice.
7. Al montar las probetas en el horno se acomodaron de tal manera quedaron sostenidas en sus extremos sobre dos soportes triangulares que coincidían con las muescas realizadas, ver figura 68.

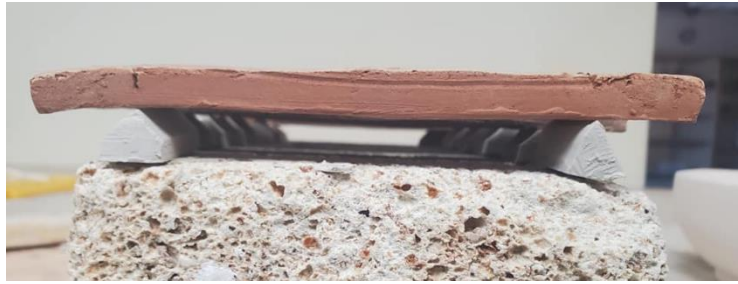


Figura 68 Montaje de probetas para evaluar la deformabilidad.

8. Para la primera quema se introdujeron las probetas 1 y 2 de cada muestra a cono 06, las probetas 3 y 4 a cono 04 dichas temperaturas son las más utilizadas por los ceramistas de la región.
9. Una vez cocidas se apoyaron las muescas sobre una y se midió la perpendicular desde el punto más alejado. En caso de que la deformación no fuera excesiva se determina que la temperatura es la correcta, de no ser así se determina que es necesario realizar otras pruebas a diferentes temperaturas.

4. RESULTADOS Y DISCUSIONES

En este capítulo se presentan los resultados de la investigación dividido en tres secciones, la primera sección se muestran graficas de las entrevistas realizadas a ceramistas, dichas entrevistas permitieron determinar los procesos por los cuales se fabrica cerámica en la región y así buscar una pasta con plasticidad que permita ser manipulada por las técnicas tradicionales. Otro dato importante que se obtuvo es sobre el equipo con el que se cuenta para replicar los ensayos. En la segunda sección se analizan los resultados obtenidos en los ensayos y se determinan las muestras con mayor potencial en el desarrollo de piezas cerámicas así como las limitantes y probables materiales necesarios para estabilizar su comportamiento.

4.1. Entrevistas

La muestra exploratoria permitió comprender el contexto en el que los ceramistas producen sus piezas, el lugar más común es su propio hogar ya que siete de los encuestados elabora sus piezas en casa y las cuatro restantes en la escuela donde labora. Como equipo indispensable para el desarrollo de piezas cerámicas se encuentra el horno, en la gráfica se muestra que diez de los once cuenta con horno, las herramientas más comunes son torneta y stikes, como indica la figura 69 solo dos cuenta con un molino, lo que representa una desventaja para el proceso por el que tendrían que elaborar sus pastas cerámicas ya que es necesario triturar los terrones de suelo arcilloso, por supuesto que podrían implementar otros métodos como la molienda por medio de molino mano que consiste en una piedra que tritura los terrones de arcilla al hacer presión contra una piedra plana.

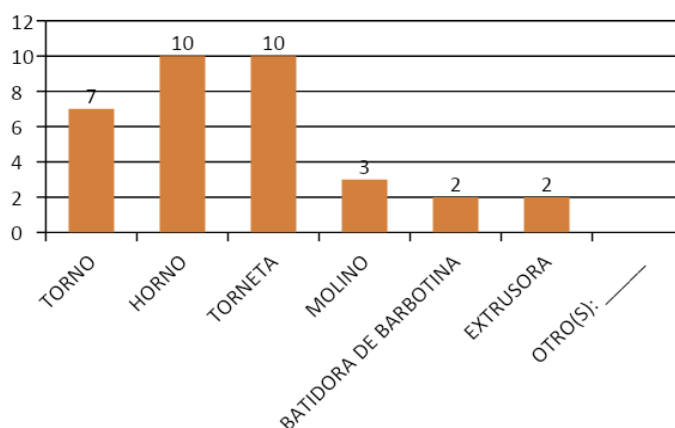


Figura 69 Equipo para la elaboración de piezas cerámicas con la que cuentan los ceramistas de Mexicali.
Elaboración propia.

La adquisición de materias primas se realiza principalmente en La Casita de Marú y L'atelier, la última mencionada dependen de la primera ya que compra sus productos para revenderlos. Otro proveedor frecuentemente mencionado es "*Taller la planta*" aunque ninguno de los entrevistados ha comprado materiales ahí sabe que los venden. Uno de los entrevistados menciona que adquieren barro comercial en Tijuana, como proveedor nacional se mencionó Coloramic de Guadalajara. Cuatro mencionan la tienda de San Diego "*Free Form*" en donde frecuentan comprar materiales, uno de los encuestados menciona como proveedores en Estados Unidos a una tienda en Los Ángeles, Pasadena y "*Laguna Clay*" en Fresno California, sin embargo, al momento de esta investigación no es posible pasar a E.U por la contingencia provocada por el SARS-CoV-2. Los rangos en que se encuentra el precio de adquisición de la materia prima son de 13 dls a 25 dls por 12 kgs.

Seis de los encuestados elabora su propia pasta de los cuales dos lo obtienen en Tecate en el Cerro Azul, uno en Mexicali en la ladrillera de la Comunidad colorado ubicado en la Carretera San Felipe kilometro ocho. Dos de los encuestados no quisieron brindar información de la zona en la que extraen su arcilla. Entre los lugares que se mencionan para la extracción de arcillas, se encuentra el Cerro del Centinela, sin embargo, solo uno de los encuestados lo ha utilizado teniendo problemas al adquirirlo por ser zona federal y complicaciones al quemar las piezas por rupturas en la cocción. Ninguno de los ceramistas lleva un registro de su procedimiento y porcentajes utilizados en la formulación de pastas cerámicas.

Los productos utilitarios que más les solicitan son macetas, vajillas, incensarios. Por otro lado las esculturas de soles, lunas y borregos cimarrones son los productos decorativos que más les compran según el artesano Ricardo Osuna. Para la elaboración de vajillas es necesaria una investigación más profunda sobre los elementos que componen las muestras y por tal motivo el enfoque de la evaluación de los resultados se realizará contemplando su uso en objetos en dónde no se elaboren ni consuman alimentos. Otro factor importante a considerar son las técnicas más utilizadas durante el proceso de elaboración de piezas cerámicas ya que esta determinan la plasticidad que deberá tener, recordemos que debe utilizarse una pasta blanda para el desarrollo de piezas por medio de las técnicas tradicionales (cordón, pellizco y placa), en caso de modelar por vaciado en molde requerirá de mayor cantidad de agua así como defloculantes como silicato de sodio

y carbonato de sodio para formar una barbotina, en cambio una pieza por moldeo a presión requerirá de menor plasticidad por la fuerza empleada en su conformación. Ya que según los resultados de la figura 70 las técnicas más utilizadas son las tradicionales el enfoque de la evaluación de los resultados será hacia una pasta blanda.

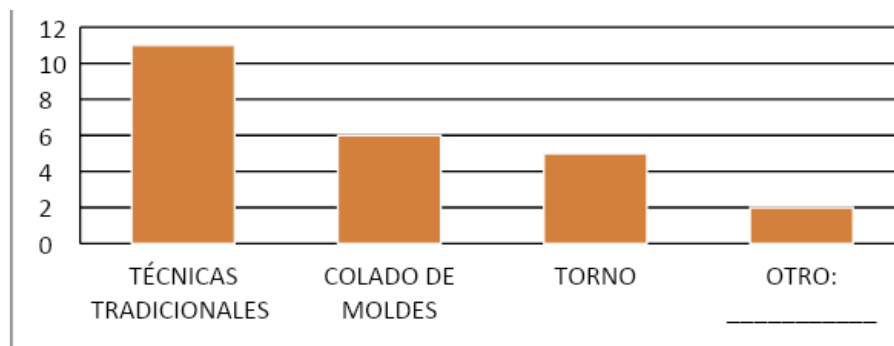


Figura 70 Técnicas de conformación utilizadas por los ceramistas.

En la figura 71 se muestran los problemas a los que se enfrentan los ceramistas durante el proceso de elaboración de sus piezas, uno de los problemas es calcular la contracción y la ruptura de piezas, tres de los entrevistados atribuyen la ruptura de las piezas al clima extremoso de Mexicali. El problema principal que mencionaron los ceramistas es el costo de las materias primas y la accesibilidad que también se abordó en los antecedentes de la cerámica regional como un problema que tiene años entre los ceramistas.

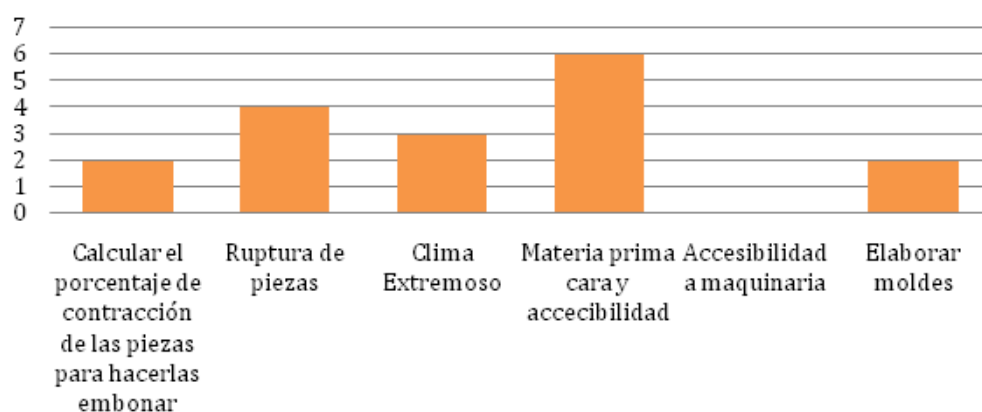


Figura 71 Problemas más comunes a los que se enfrentan los ceramistas al elaborar sus productos.

Los aspectos anteriormente mencionados son parte de problemas identificados en la investigación, con esto se confirma lo planteado en los objetivos e importancia de realizar la investigación. Otro factor mencionado por los ceramistas es la contracción de las piezas para hacer embonar piezas, esto también se considera dentro de las variables, por otra parte la elaboración de moldes no compete a esta investigación por lo que se descarta.

Para concluir se puede sustentar que el planteamiento del problema es congruente de acuerdo a los resultados de las entrevistas, ya que son congruentes con las necesidades que expresaron los ceramistas encuestados. La adquisición de la arcilla deberá ser menor al rango de 13 dls a 25 dls por 12 kgs. La plasticidad deberá permitir la elaboración de piezas por medio de las técnicas básicas.

4.2. Resultados de análisis de suelo.

Los resultados obtenidos en el análisis textural por sedimentación confirman la presencia de arcilla en el 100% de las muestras analizadas, como se puede observar en la tabla 1 la muestra con mayor contenido de arcilla es la 4.1 con 79.5%. La muestra 5 contiene 76.9% de arcilla y en tercer lugar se encuentra la muestra 4 con 73.3%. Todas las muestras presentan más del 66% de arcilla determinando que se tratan de suelos arcillosos. La muestra 3.1 no presento la división entre los limites de limo y arcilla por lo que se procedió a agregar 2.5 ml de silicato de sodio, lamentablemente no se obtuvo un resultado claro. En la figura 70 se puede apreciar el aspecto de las muestras durante la experimentación.

Tabla 9 Resultados de análisis de suelo por sedimentación.

Análisis Textural por sedimentación								
Muestra	Peso	Temperatura	Porcentajes			Materia orgánica flotando.	Coloración del agua	Tipo de suelo
			Arena	Limo	Arcilla			
1	270	23.5	21.68674699	12.04819277	66.26506024	SI	Amarilla	Arcilloso
2	270	22.6	10.38961039	16.88311688	72.72727273	SI	Amarilla	Arcilloso
2.1	230	22.8	11.36363636	20.45454545	68.18181818	NO	Amarilla	Arcilloso
3	270	22.9	13.54166667	13.54166667	72.91666667	NO	Sin coloración	Arcilloso
3.1	270	23.1	-	-	-	SI	Sin coloración	Arcilloso
4	236	22.8	13.33333333	13.33333333	73.33333333	NO	Sin coloración	Arcilloso
4.1	228	22.9	11.36363636	9.090909091	79.54545455	NO	Sin coloración	Arcilloso
5	247	23.0	17.58241758	5.494505495	76.92307692	SI	Amarilla	Arcilloso

Nota: Fue necesario agregar silicato de sodio a la muestra 3.1 para separar el limo y la arcilla, sin embargo la lectura no fue clara



Figura 72 Aspecto de las muestras de izquierda a derecha 1, 2, 2.1, 3, 3.1, 4, 4.1 y 5.

La coloración del agua muestra la presencia de materia orgánica en las muestras 1, 2, 2.1 y 5. El agua de las muestras 1, 2 y 5 contienen materia orgánica flotando y en la muestra número 5 creció una planta durante los 6 meses en que se mantuvo la muestra en la botella con agua ver figura 71. Aunque la presencia de materia orgánica puede ser un factor para obtener arcillas con porcentajes altos de contracción los resultados de porcentaje de contracción muestran que permanece dentro de los rangos permitidos, esto se explica más detalladamente en los resultados de plasticidad.



Figura 73 Crecimiento de una planta en la botella de la muestra 5.

Para determinar las clases textural se utilizó el diagrama triaxial que representa los valores de las tres fracciones: arena, arcilla y limo. Las muestras se representan a través de la letra M y el número asignado a las muestras, es decir 1, 2, 2.1, 3, 3.1, 4, 4.1 y 5. Cada término textural corresponde a una determinada composición cuantitativa porcentual de arena, limo y arcilla que se presentan en la tabla de resultados, dependiendo de los porcentajes de las fracciones en cada muestra se determinó su ubicación en el diagrama.

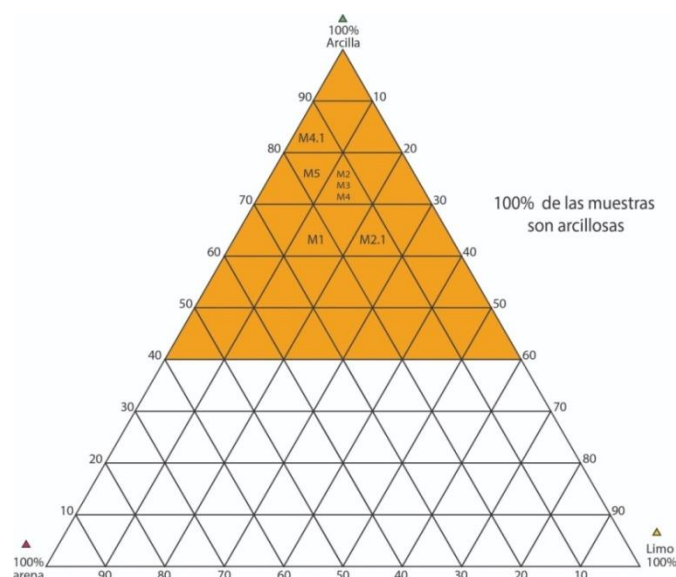


Figura 74 Representación de los resultados de las pruebas de análisis por sedimentación en el diagrama triaxial. Elaboración propia.

Los resultados del análisis textural por plasticidad son congruentes con los resultados obtenidos en la prueba de análisis por sedimentación, ver tabla 10 en dónde se muestran los resultados. La muestra que requiere mayor cantidad de agua para convertirse en plástica es la muestra 1 con 40 ml de agua por tal motivo la contracción lineal final esperada es mayor a las demás muestras. Las muestras 2 y 4 requirieron 15 ml mientras que las muestras 2.1, 3, 3.1 y 4.1. Todas las muestras permitieron elaborar cordones de 1cm de espesor y una longitud mayor a 5 cm por lo cual se determina que provienen de suelos arcillosos.

Tabla 10 Resultados de análisis textural por plasticidad.

Análisis Textural por plasticidad			
Muestra	Agua requerida ml	Formación de cordón mayor a 5 cm	Tipo de suelo
1	40	SI	Arcilloso
2	15	SI	Arcilloso
2.1	30	SI	Arcilloso
3	30	SI	Arcilloso
3.1	30	SI	Arcilloso
4	15	SI	Arcilloso
4.1	30	SI	Arcilloso
5	30	SI	Arcilloso

4.3. Resultados de análisis de plasticidad.

Los resultados permitieron determinar que las muestras 3 y 5 son las que tienen una excelente plasticidad y resistencia durante el secado ya que no sufrieron deformaciones en ninguna de las dos pruebas. En la prueba de cola de cochino las muestras con mejor rendimiento fueron la 3, 4 y 5. La muestra 1 no pasó la prueba de plasticidad muestras con agrietamientos fueron 2, 2.1, 3.1 y 4.1. En la figura 75 Se muestra una imagen con las muestras en forma cola de cochino y su comportamiento.



Figura 75 Resultados de análisis de plasticidad por cola de cochino, las muestras numeradas de izquierda a derecha 1, 2, 2.1, 3, 3.1, 4, 4.1 y 5.

La prueba de aro determinó que las muestras 1 y 2 tienen maleabilidad durante la elaboración del cordón pero no resistieron el secado, en el caso de las muestras 2.1, 3, 3.1, 4.1 y 5 tuvieron excelentes resultados ya que no sufrieron ninguna deformación, en la figura 76 se pueden observar los resultados por medio de una fotografía. Es importante mencionar que con este mismo ensayo se pudo evaluar la contracción de las muestras ya que al utilizar el molde con un diámetro de 10 cm externo permite realizar toma de dimensiones exactas para calcular el porcentaje de contracción.



Figura 76 Resultados de análisis de plasticidad por aro, las muestras numeradas de izquierda a derecha 1, 2, 2.1, 3, 3.1, 4, 4.1 y 5.

Los rangos aceptables de contracción para una pasta apta para modelar por medio de técnicas manuales deben oscilar entre el 8 y el 10% de contracción, en este rango se encuentran las muestras 3.1, 4.1 y 5 aunque es importante mencionar que algunos ceramistas utilizan pastas que reducen más de lo aceptable pero agregan otros materiales para reducir su plasticidad. En la tabla 11 se pueden observar los resultados obtenidos en los ensayos.

Tabla 11 Resultados de ensayos de plasticidad.

Tabla de resultados plasticidad				
Muestra	Porcentaje de agua requerido	Cordón	Aro	Porcentaje de reducción en seco
1	30%	Ruptura	Ruptura	-
2	15%	Agrietamiento	Ruptura	-
2.1	30%	Agrietamiento	Sin deformación	12.8%
3	30%	Sin deformación	Sin deformación	10.7%
3.1	30%	Agrietamiento	Sin deformación	8.6%
4	15%	Sin deformación	Agrietamiento	6%
4.1	30%	Agrietamiento	Sin deformación	8.6%
5	30%	Sin deformación	Sin deformación	8.7%

Las muestras 2 y 2.1 después de 6 meses muestra un desconchamiento en sus paredes ver figura 77 en dónde se aprecia la presencia de sales. La alta contracción en la reducción en seco y presencia de sales se hace evidente porque brotan por capilaridad durante el secado y se espera que después de la cocción quede un polvo en la superficie por lo que hará complejo aplicar esmalte sobre esta arcilla, se recomienda descartarla para uso directo del material.



Figura 77 Sales en muestras 2 y 2.1 de izquierda a derecha

4.4. Resultados de contracción y deformabilidad.

Las arcillas analizadas presentaron una contracción de entre 7 y 12%, primero analizaremos los resultados en cono 06 en dicha quema se alcanzaron los 1013°C obteniendo contracciones dentro del rango aceptable 8 a 10% en 6 de las muestras, únicamente la muestra 4.1 obtuvo .6% fuera del rango. La presencia de sales en las muestras 2 y 2.1 deformaron las piezas durante el secado, después de la cocción quedó un polvo en la superficie por lo que hace compleja la aplicación de esmaltes, en la figura 78 se observa el polvo en la superficie de las probetas así como puntos blancos en su superficie.



Figura 78 Polvo en probeta de muestra 2.1.

La quema en cono 04 alcanzó una temperatura de 1077°C mayor a la anterior y por lo tanto se encontró mayor contracción, en el caso de las muestras 2, 3.1 y 4 se encuentran dentro del rango aceptable 8 a 10% por lo tanto pueden ser sometidas a quemas en cono 04. Las muestras 1, 2.1 y 3 deben ser quemadas a cono 06 ya que su contracción es óptima en esas condiciones. En la tabla 12 se aprecian los resultados de contracción.

Tabla 12 Resultados de contracción en textura de bizcocho.

Dimensiones de probetas en textura de bizcocho							
Cono de cocción	Muestra						
	1	2	2.1	3	3.1	4	4.1
Textura de cuero	9.7%	7.%	8.3%	9.3%	7%	8.7%	10%
06 (1013°C)	10%	7.5%	9%	9.6%	7.4%	9%	10.6%
04 (1077°C)	12%	9.5%	11.5%	10.1%	9.1%	8.6%	11.6%

Para calcular el rango de temperatura de cocción se contempló el ensayo de deformabilidad, ya que por medio de este se puede estimar el punto de fusión cuando las piezas se deforman. Las temperaturas utilizadas son las mismas que en la prueba anterior cono 06 (1013°C) y cono 04 (1077°C), estas son las más utilizadas por los ceramistas de la región. Los resultados obtenidos muestran que las probetas soportaron la temperatura y no sufrieron pandeos, tal como se puede observar en la figura.

Tabla Probetas de deformabilidad después de su cocción.



5. CONCLUSIONES

De acuerdo a las necesidades y condiciones de los ceramistas se puede afirmar que existen suelos arcillosos con potencial de uso en el desarrollo de productos cerámicos tanto utilitarios como decorativos por medio de procesos artesanales como las técnicas de placa, codón y pellizco. Los ensayos aplicados a las muestras son fáciles de replicar con herramientas que muchos ceramistas ya tienen en sus talleres como tablas de amasado, stikes, contenedores, cernidores, básculas y reglas. Las herramientas diseñadas para los ensayos se ponen a disposición de los ceramistas de forma libre y gratuita, se pretende que el capítulo de metodología sirva como guía.

Las arcillas que se pueden utilizar provienen de suelos tipo vertisol que se puede encontrar en la Colonia Ladrillera del Colorado 1 localizada en el Municipio Mexicali del Estado de Baja California México en las coordenadas GPS: Longitud (dec): -114.762500 Latitud (dec): 32.682500. Es posible que existan otras áreas con potencial de extracción por lo que es importante continuar con la investigación para evaluar otras muestras y tener más opciones ya que las vetas de arcilla son delgadas, entre 2 y 10 cm de espesor.

Las arcillas con mejor plasticidad para la elaboración de objetos cerámicos por técnicas tradicionales son las obtenidas del Colorado 1 ya que tienen una contracción de 9.6% en el caso de la muestra 3 y 9.1% en la muestra 3.1 dentro de los parámetros aceptables 8 a 10%. La temperatura de cocción se encuentra entre 1013°C y 1077°C es decir cono 06 y 04. El color es una sombra claro medio de naranja, aunque para determinar el color exacto es necesario utilizar las tablas de color de El Sistema de Notación Munsell.



Figura 79 Color de las muestras 3 y 3.1

La muestra 1 es una pasta arcillosa que encoje mucho 11.8 ya que requiere de 40ml de agua por cada 100gr para lograr su plasticidad. La plasticidad es mala ya que no paso ninguno de los dos ensayos y al secado se rompió, es una pasta arcillosa que no puede ser utilizada directamente. Las muestras 2 y 2.1 se descartan la presencia de sales que provocan deformaciones en las piezas durante el secado, después de la cocción quedó un polvo en la superficie por lo que hace compleja la aplicación de esmaltes. Aplicar un triple lavado a las muestras 2 y 2.1 ayudará a disminuir la cantidad de sales y explorar su posible uso, pero en definitiva no es posible utilizarlas de manera directa aún es más complejo es el uso de la muestra 2 ya que requiere de aditivos para mejorar su plasticidad. En el caso de estas dos muestras se recomienda utilizar métodos para eliminar las sales que consisten en lavar la arcilla, según Norma Mainero 2020 en su curso de pastas cerámicas propone el siguiente proceso: Colocar la arcilla dentro de un recipiente y colocar agua nueva (que no sea dura). Disolver la arcilla. Esperar a que decante y desechar el agua. Repetir varias veces, añadir carbonato de bario que puede transforma las sales de la arcilla agregando de 0,1 a 0,2 % en la arcilla desleída. También indica que se puede pulir la superficie de las piezas horneadas a fin de lijar las afloraciones.

Tabla 13 Resultados generales de los ensayos.

Tabla general de resultados								
Muestra	Plasticidad cola de cochino	Plasticidad Aro	Temperatura de cocción	Porcentaje de contracción		Textura	Aditivos	Tipo de aplicación
				Cuero	Bizcocho			
1	Mala	Mala	06	9.7%	11.8%	Lisa	Antiplásticos	
2	Regular	Regular	04	7.7%	9.5%	Polvo	-	No se recomienda utilizar
2.1	Regular	Buena	06	8.3%	9%	Polvo	Antiplásticos	No se recomienda utilizar
3	Buena	Buena	06	9.3%	9.6%	Porosa	-	Técnicas tradicionales
3.1	Regular	Buena	04	7%	9.1%	Lisa	-	Técnicas tradicionales
4	Buena	Regular	06	8.7%	8.6%	Lisa	-	Técnicas tradicionales
4.1	Regular	Buena	06	10%	10.6%	Porosa	Antiplásticos	Técnicas tradicionales

Simbología 06 = 1013 °C 04= 1077 °C. El término Cuero se utiliza para indicar que las piezas se encuentran secas pero sin cocción y el término bizcocho se utiliza para piezas que ya fueron sometidas a una quema.

La muestra 3 se caracteriza por su excelente plasticidad ya que fue la única en pasar los dos ensayos de plasticidad, lo que la hace muy apta para pastas de modelado y torneado, sin embargo es necesario estabilizar su contracción con un antiplástico, aun así es una buena opción para elaboración de piezas por medio de las técnicas tradicionales y la 3.1 puede también obtuvo buenos resultados aunque con la desventaja de que se agrietó en el ensayo de plasticidad por cola de cochino.

La muestra 4 presenta el menor porcentaje de reducción y podría experimentarse con ella para la elaboración de barbotinas para vaciado en moldes. Puede ser implementada en la elaboración de piezas por medio de las técnicas tradicionales, sin embargo necesita estabilizar su plasticidad, en el caso de la muestra 4.1 el porcentaje de contracción sobrepasa un poco el límite indicado, puede estabilizarse por medio de antiplásticos.

Las arcillas del valle de Mexicali pueden ser implementadas en el desarrollo de productos cerámicos con las técnicas tradicionales, sin embargo para poder utilizarlas en otros procesos de producción como el colado y prensado es necesario estabilizarlas por medio de aditivos para formular pastas con características que permitan su fácil desmolde, ya que de acuerdo a los ceramistas encuestados el 50% si elabora productos por colado es necesaria la formulación de una barbotina.

Esta investigación abre el horizonte a explorar la composición química de las muestras para identificar si es posible desarrollar productos cerámicos para el consumo o preparación de alimentos. Es importante mencionar que continuar con la investigación en el sector cerámico permitirá impulsar esta actividad y abrirá nuevas oportunidades para los estudiantes que están en formación y en un futuro próximo pueden emprender negocios más productivos y viables.

Referencias

- Bojórquez, R. C. (Enero de 2015). Don Armando Gallego Moreno. *El río Revista de historia regional de Mexicali y su valle* , 11.
- Chiti, F. (2012). *Análisis de arcillas, caolines y materiales cerámicos*. Condorhuasi: Condorhuasi.
- Domínguez, J. (1995). *Las arcillas: El barro noble*. México, D.F.: Fondo de Cultura Económica.
- Dorronsor, C. (2 de Febrero de 2020). <http://www.edafologia.net>. Recuperado el 27 de Mayo de 2021, de <http://www.edafologia.net/introeda/tema04/text.htm>
- Estado, S. d. (Marzo de 2016). Directrices Generales de Desarrollo Urbano del Corredor Regional Carretera a San Felipe. 18.
- Fernández, J. (2007). *Diccionario de cerámica. Tomo 3* . Buenos Aires : Condorhuasi.
- Fernández, J. (2006). *Diccionario de cerámica. Tomo A - D*. Buenos Aires: Condorhuasi.
- Fernandez, J. (Octubre de 1962). Plasticidad de las arcillas. España.
- Florez, A. (2016). *CARACTERIZACIÓN DE ARCILLAS Y PREPARACIÓN DE PASTAS CERÁMICAS PARA LA FABRICACIÓN DE LADRILLOS EN LA LADRILLERA MARISCAL ROBLEDO S.A*. Universidad tecnológica de Pereira,.
- Galán, E., & Aparicio, P. (2006). *Materias primas para la industria cerámica*. Sevilla.
- García Martínez, K. M. (Noviembre de 2017). TESIS ALTERNATIVAS PARA LA PRODUCCIÓN DE OBRA ARTÍSTICA EN CERÁMICA: CASO TALLER DE CERÁMICA DE LA UNIVERSIDAD AUTONOMA DE BAJA CALIFORNIA DE MEXICALI.
- Garduño, E. (2016). *En donde sale el sol* . Mexicali, Baja California: Universidad Autónoma de Baja California.
- GiNÉS, F. (1997). Análisis de los métodos tradicionales utilizados para evaluar la plasticidad. *Cerámica y vidrio* .
- Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI). (2004). *Guía para la interpretación de cartografía*.
- Jímenez, J. A., & De Justo, J. L. (1975). *"Geotecnica y Cimientos". Vol. I. "Propiedades de los Suelos y de las Rocas."*. Rueda.

Justo, Á., & Murillo, E. (1999). Técnicas de difracción de rayos X para la identificación cualitativa y cuantitativa de minerales de arcilla. *Ciencia y tecnología de materiales* , 77.

Laboratorio de Diseño e Innovación para Cundinamarca. (2014). Análisis de las características del producto para la sustentación de los componentes de diseño del proyecto artesanal de Cundinamarca.

Mattison, S. (2017). *Guía completa del ceramista*. Barcelona: BLUME.

Norton, F. (1982). *Cerámica para el artista alfarero*. Distrito Federal: Continental S.A de C.V.

Porcayo, M. (2014). *Exposicion Nomadas de barro*. Mexicali, México: INAH.

Simeon, J. (2007). Análisis de tamaño de partículas por tamizado en agregado fino y grueso y determinación de material más fino que el tamiz no. 200 (75µm) en agregado mineral por lavado. Universidad Centroamericana.

Sotelo, R. (julio de 2008). *Historia y desarrollo de la clasificación de vertisoles en el sistema FAO y la taxonomía*. Recuperado el 25 de Noviembre de 2020, de scielo.org.mx: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-57792008000400005&lng=es&tlng=es.

Suárez, E. G. (s.f.). *LAS ARCILLAS: PROPIEDADES Y USOS*. Madrid: Universidad Complutense.

Tarabini, M. (2018). Estimación de la capacidad de retención de agua de suelos volcánicos en función de variables de fácil determinación a campo. *Asociacion argentina ciencia del suelo* , 3.

Téllez, E. Á. (2006). Actas de Diseño 2 "Diseño en Palermo" Comunicaciones Académicas. *Encuentro Latinoamericano de Diseño "Diseño en Palermo" Comunicaciones Académicas.*, (pág. 233). Buenos Aires.

Torrecillas, R., & Diaz. (2002). Arcillas cerámicas: una revisión de sus distintos tipos, significados y aplicaciones. *Boletín de la Sociedad Española de Cerámica y Vidrio* , 3.

Torres Alpizar, E. (2008). Influencia de la ciencia de los materiales en el desarrollo histórico y social de la humanidad. Antecedentes, desarrollo y perspectivas futuras.

Vázquez, M. E. (2005). *Materiales Cerámicos. Propiedades, aplicaciones y elaboración*. México: Centro de investigaciones de diseño industrial.

Villa, O. (2013). Caracterización del paisaje del Valle de Mexicali según sus habitantes: Aproximaciones textuales a la toponimia. *Culturales vol.1 no.2* , 61.

