



UNIVERSIDAD MICHOACANA DE SAN NICOLAS
DE HIDALGO

FACULTAD DE INGENIERIA QUIMICA

*ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD PARA LA INSTALACION Y DISEÑO DE
UNA MICROINDUSTRIA DE CERAMICA TRADICIONAL CON
TECNOLOGIA MEJORADA*

TESIS PARA OBTENER EL GRADO DE INGENIERO QUIMICO

PRESENTA

ALICIA HUAZANO GARCIA

ASESOR:
Dr. AGUSTIN CASTRO MONTOYA

MORELIA MICH., ENERO 2006.



Agradecimientos y Dedicatorias.

Este trabajo de tesis es producto de la sinergia de un equipo de personas, cuyas contribuciones marcaron una diferencia y deseo expresarles mi gran agradecimiento a:

- Mi asesor, el Dr. Agustín Castro Montoya por sus sabías aportaciones, constante contribución y apoyo para la realización de esta tesis.
- La Dra. Ana María Núñez Gaytan por sus excelentes consejos, apoyo y contribución para la mejora del presente trabajo.
- El Ing. Rodolfo Ruiz Hernández por sus aportaciones, las cuales complementaron la investigación del presente trabajo.

También dedico este trabajo a muchas otras personas que con sus contribuciones inagotables, profundas y únicas ha sido posible el que yo concluya felizmente esta etapa de mi vida. Sus nombres podrían fácilmente ponerse junto al mío en la portada y deseo expresarles mi gran agradecimiento a:

- Mis padres, Antonio Francisco Huazano Lundes y Alicia García Martínez por su constante apoyo y valor, sus sabios consejos, paciencia, por su comprensión y educación en el desarrollo de mi vida, pero sobre todo por el amor y cariño que siempre me han dado.
- Mi hijo Angel, por ser el motor que mueve mi vida.
- Mis hermanos, Jacqueline, Antonio y Guillermo por su cariño y por contribuir a mi feliz infancia.
- Rocio Xochilt Díaz García y a su esposo Javier, por su amistad, constante apoyo, comprensión y cariño que me brindaron a lo largo de mi carrera.
- Todos mis amigos, particularmente a Francisco Javier, Saúl, Bety, Eunice, Rosario, Mirna y Rafa por los ratos agradables que compartimos en el aula de clases.

Y por último expreso mi gran agradecimiento a Dios, por haberme dado vida y licencia de concluir favorablemente mis estudios de licenciatura.

Resumen

En esta tesis se realizó un análisis tecno-económico para productos cerámicos tradicionales que tienen la característica de tener mayor resistencia mecánica, refractariedad, calidad en sus acabados y están libres de sustancias tóxicas.

En la arcilla usada para la elaboración de los productos cerámicos se encontró que con algunas fracciones separables de dicha arcilla es posible hacer engobes, recubrimientos tipo terra sigillata y materiales infiltrables con un tamaño de partícula en el rango de los nanómetros. Esta arcilla se localiza en el estado de Michoacán. La elaboración de los productos se hace por el proceso de colada por barbotina.

Estos desarrollos abren grandes posibilidades en la fabricación de productos ornamentales bruñidos de alta resistencia y de alto valor estético incluyendo tonos con apariencia antigua. Por las razones anteriores se propuso los siguientes productos: ajedrez, floreros, portarretratos, ceniceros, tarros, tazas, vasos, platos, macetas, y baldosas tradicionales. Cada uno de los productos tendrá acabados de terra sigillata y/o esmaltate.

La cerámica tradicional tiene la desventaja de que es muy frágil, tiene poca resistencia al desgaste y baja refractariedad. Estas características provocan que los productos fabricados tradicionalmente se rompan fácilmente durante el transporte. Otra desventaja de la cerámica tradicional es el esmaltado con plomo.

Los productos que se describen son únicos y por tanto no hay competencia de productos similares en el mercado. Además se estará atacando un nicho de mercado caracterizado por la demanda de productos bruñidos y de alta resistencia mecánica con apariencia estética tipo terra sigillata y piezas antiguas.

Con referencia al análisis específico del mercado de productos cerámicos en general consideramos que un análisis de la oferta y la demanda en un rango amplio de tiempo sobre lo que ha estado ocurriendo en México en términos de importación y exportación nos proporciona una clara idea del mercado interno proyectable a futuro toda vez que como se sabe el crecimiento poblacional es un factor creciente importante.

La implicación de las características de estos productos es que es posible exportarlos, fundamentalmente al mercado norte americano.

El proyecto que se está planteando consiste en el arranque de una microindustria de cerámica, que tiene la característica de que con una producción relativamente pequeña es capaz de generar un rango importante de utilidades. Esta situación se refleja en la gráfica del punto de equilibrio. Nótese que la producción inicial planteada es mayor a la del punto de equilibrio de la microindustria y proporciona un cómodo margen de estabilidad.

Es evidente después de analizar los datos de los flujos de efectivo neto y los valores de VPN y TIR, que el proyecto es rentable. En el análisis del proyecto con una inflación del 10 % se obtuvo una TIR del 36.27% siendo mayor que la TMAR. En el análisis de sensibilidad se determinó que el proyecto soporta un 76.2% de financiamiento de la inversión total de capital.

Lista de contenido

i. Objetivo	9
ii. Justificación	9
iii. Introducción	9
Capitulo 1. Antecedentes.....	11
1.1 Cerámica	11
1.1.1 Tipos de cerámica de mesa	12
1.1.2 Materiales cerámicos.....	13
1.1.3 Propiedades y aplicaciones.....	15
1.2 Alfarería	16
1.2.1 Materias primas.....	16
1.3 Métodos de fabricación de productos cerámicos tradicionales	20
1.3.1 Técnicas de formado de productos cerámicos tradicionales.....	22
1.3.2 Técnicas de terminación y decoración	25
1.4 Evaluación de una microindustria localizada en valle de bravo.....	35
1.4.1 Indicadores de la microindustria de alfarería.....	38
1.4.2 Producción	38
1.4.3 Mano de obra, maquinaria y equipos	39
1.4.4 Productos	39
1.4.5 Metodología empleada en la elaboración de los productos.....	40
1.4.6 Descripción y características de la materia prima.....	41
1.4.7 Ventas	42
1.4.8 Costos totales y valor de la producción.....	43
1.4.9 Empleo.....	43

Capítulo 2. Estudio de mercado	45
2.1 Situación de la cerámica tradicional	45
2.2 Productos cerámicos de alta resistencia mecánica a producir	46
2.3 Análisis de la demanda	49
2.4 Oferta	52
2.4.1. La cerámica del norte	52
2.4.2 La cerámica de occidente	55
2.4.3. La cerámica del centro del país	57
2.4.4. La cerámica del sur y el sureste	60
2.5 Análisis de precios	63
2.6 Comercialización del producto	65
Capítulo 3. Estudio técnico	67
3.1 Tamaño de la planta	67
3.2 Localización de la planta	68
3.2.1 Macrolocalización	68
3.2.2. Microlocalización	73
3.3 Proceso de producción	75
3.4 Diseño de equipo	78
3.4.1 Horno cerámico	78
3.4.6 Agitador	89
3.4.7 Calculo de la potencia del motor	90
3.5 Distribución de la planta	93
3.6 Estructura administrativa	97

3.7 Programa estimado de obras.....	98
Capítulo 4. Factibilidad económica.....	100
4.1. Costos y gastos	100
4.2 Volumen de Producción.....	105
4.3 Inversión total capital.....	106
4.4 Costos de producción.....	106
4.5 Punto de equilibrio	107
4.6 Análisis económico del proyecto.....	107
4.7 Estado de resultados.....	112
4.8 Análisis de sensibilidad.....	114
4.8.1 Efecto de la disminución del precio de venta en la TIR.....	114
4.8.2 Efecto del aumento en el costo de producción en la TIR.....	114
4.8.3 Efecto del porcentaje de financiamiento sobre la TIR.....	115
Conclusiones	120
Bibliografía	122

Lista de figuras

Figura 1. Operaciones básicas utilizadas en la producción de cerámica tradicional.....	21
Figura 2. Técnica de torneado.....	23
Figura 3. Modelado a mano	24
Figura 4. Técnica para la elaboración de artículos cerámicos mediante colada por barbotina.	25
Figura 5. Empleo del emgohe para ocultar la textura rugosa del tiesto o bizcocho.....	27
Figura 6. Reforzamiento de biscochos con una suspensión de arcilla lavada.....	47
Figura 7. Proceso de lavado de la arcilla	48
Figura 8. Consumo nacional aparente de productos cerámicos. (FUENTE: INEGI)	50
Figura 9. Exportación de productos cerámicos.	51
Figura 10. Ubicación de la ciudad de Morelia dentro del estado de Michoacán	74
Figura 11. Diagrama de bloques del proceso de producción	76
Figura 12. Diagrama de flujo de proceso.....	77
Figura 13. Formas estandarizadas de ladrillos refractarios.....	84
Figura 14. Accesorios para separar la carga dentro del horno	85
Figura 15. Horno cerámico de tiro invertido.....	87
Figura 16. Vista transversal de la pared del horno.....	88
Figura 17. Quemador de gas atmosférico	89
Figura 18. Agitador para preparar suspensiones	90
Figura 19. Área de proceso (matriz diagonal).....	94
Figura 20. Diagrama de hilos	95
Figura 21. Distribución de la planta	96
Figura 22. Estructura administrativa del taller cerámico.....	97
Figura 23. Determinación del punto de equilibrio	111
Figura 24. Porcentaje de disminución del precio de venta	116
Figura 25. Porcentaje de aumento de los costos de producción.....	117
Figura 26. Efecto de la TIR sobre el porcentaje de financiamiento.....	119

Lista de tablas

Tabla 1. Comparación entre dos talleres alfareros	64
Tabla 2. Precio aproximado de los productos en el mercado (conservador)	64
Tabla 3. Factores relevantes para la ubicación de la macrolocalización.	72
Tabla 4. Temperatura máxima de servicio de los ladrillos aislantes	83
Tabla 5. Dimensiones críticas de los hornos de gas.	86
Tabla 6. Programa estimado de obras.....	98
Tabla 7. Costo de la materia prima.....	100
Tabla 8. Costo de mano de obra directa.....	104
Tabla 9. Costo de mano de obra indirecta.....	104
Tabla 10. Costo de venta y distribución	105
Tabla 11. Aprovechamiento de la capacidad instalada.....	106
Tabla 12. Inversión total de capital.	109
Tabla 13. Costos de producción (\$/año) respecto al volumen de producción	110
Tabla 14. Estado de pérdidas y ganancias tomando en cuenta una inflación =10%	112

i. Objetivo

Propuesta de la implantación de una microindustria cerámica que incluye una ruta de fabricación óptima en términos de productos de alta resistencia mecánica. Esta propuesta será evaluada con la metodología de ingeniería tecno-económica.

ii. Justificación

Existe en nuestro medio la necesidad urgente de abrir fuentes de empleo y unidades productivas. Sin embargo para iniciar la operación de una unidad productiva es imperativo contar con un estudio de factibilidad económica que arroje información factual sobre cuestiones de ingeniería del proyecto, mercado y comercialización así como índices económicos que permitan tomar decisiones de inversión y de crédito, tales como: tasa interna de rendimiento (TIR), punto de equilibrio, valor presente neto (VPN), etc.

iii. Introducción

El presente trabajo abarca la propuesta de un proceso de producción de un material mejorado en términos de una mayor resistencia mecánica y libre de toxicidad de los esmaltes tradicionales a base de plomo.

En el capítulo uno, que corresponde a los antecedentes se explican los cambios y mejoras que ha tenido la cerámica a través del tiempo, los tipos de materiales cerámicos así como las distintas aplicaciones de estos, se analizan las principales materias primas en la elaboración de cerámica tradicional las cuales son: la arcilla, el feldespato y la sílice. Además

en este capítulo se muestran las distintas técnicas para la elaboración de piezas cerámicas y se describen las distintas formas de terminado de los productos cerámicos y la manera en que se aplican a éstos.

El capítulo dos, que concierne al estudio de mercado se incluye la discusión sobre las características del producto en el mercado, el análisis de la oferta y la demanda del producto, las políticas de precios y sus canales de distribución y venta.

La metodología contemplada en el capítulo tres, que corresponde al estudio técnico refleja la ingeniería del proyecto, comprende la determinación del tamaño de la planta, la localización de la microindustria, se diseña el equipo respectivo al proceso de producción, entre otros.

Finalmente en el capítulo cuatro, se presenta una discusión detallada de la factibilidad económica en la cual se calculan: El costo de producción, las utilidades, el punto de equilibrio, la TIR, el VPN y un análisis de sensibilidad como criterios fundamentales en la implementación de una empresa. En el análisis de sensibilidad se observa el efecto de la disminución del precio de venta del producto y el aumento de los costos de producción en la rentabilidad del proyecto, además se determina el porcentaje de financiamiento máximo que puede soportar el proyecto sin dejar de ser rentable.

Capítulo 1. Antecedentes

Existen en nuestro medio un alto número de microindustrias carentes de un estudio mínimo que refleje los parámetros de ingeniería económica que los situé en un plano de competitividad esto es más cierto cuando se trata de microindustrias cerámicas y de alfarería. Por esta razón existen pocos antecedentes que sirvan de análisis y apoyo al presente proyecto. Sin embargo se tomará como punto de comparación el caso de una microindustria cerámica situada en Valle de Bravo en el estado de México en la década de los noventa cuyo proceso de fabricación es tradicional y se asemeja en parte a la presente propuesta y que en la evaluación económica arroja por ejemplo una TIR de 32.45%.

1.1 Cerámica

La cerámica es el arte de hacer y usar artículos sólidos formados por la acción del moldeo y calentamiento de óxidos, hidróxidos y sales. La palabra cerámica proviene de la palabra griega Keramos la cual significa arcilla quemada[1].

La cerámica en su sentido tradicional, es decir, como una actividad del hombre basada sobre la arcilla representa quizás la industria más antigua de la humanidad. Por esto parece lógico preguntarse si tiene aún problemas por resolver y posibilidades futuras de expansión y desarrollo o si por el contrario es una industria pasada de moda que no podrá sobrevivir a la competencia de otros materiales más modernos. La respuesta de los especialistas en cerámica es francamente optimista y para ello se basan en la evolución que ha experimentado esta rama de la ciencia y de la técnica desde sus orígenes y que ha conducido al descubrimiento de nuevos materiales de trascendental importancia en la técnica moderna.

El desarrollo histórico de la cerámica ha sido sin duda un proceso lento conseguido en el transcurso de los siglos por el esfuerzo de un artesano laborioso e inteligente. Mientras el

empleo de los productos cerámicos ha estado restringido a elementales aplicaciones domésticas, a usos decorativos y quizás a la construcción en sus requerimientos más simples, las artes cerámicas han seguido un proceso de desarrollo sosegado, espontáneo, sin metas muy definidas y desde luego sin plazos ni urgencias. Sin embargo la paz que ha disfrutado la cerámica comenzó a turbarse con la llegada de la revolución industrial. Diversas ramas de la producción cayeron en la cuenta de que la cerámica podría ser un excelente auxiliar para la realización de sus innovaciones tecnológicas. Sin embargo, la verdad es que con mucha frecuencia exigen productos que aún no se fabrican, con características y especificaciones cada vez más rigurosas y concretas. El fabricante ceramista se halla inmerso en un mundo tecnológicamente muy avanzado que lo somete a crecientes exigencias en calidad y precios y además tiene que estar preparado para competir con la avalancha de nuevos materiales que continuamente vuelcan sobre el mercado otras ramas de la tecnología.

No es de extrañar por eso que la investigación cerámica aplicada haya dirigido sus esfuerzos a la búsqueda de nuevos materiales y a la mejora de los métodos de fabricación.

1.1.1 Tipos de cerámica de mesa

Gres: es una cerámica hecha con arcilla blanca o roja. Se esmalta sobre el soporte crudo antes de entrar en el horno o durante la cocción, lo cual produce un material denso y duro.

Porcelana: es un material cerámico blanco, vitrificado y translúcido. El soporte y el esmalte se llevan a maduración final en una única cocción conjunta para ambos (monococción), que tiene lugar a temperatura muy elevada.

Porcelana de China: es un material cerámico muy similar al anterior. El soporte y el esmalte se cuecen a la vez a temperaturas extremadamente altas.

Porcelana de huesos: es una variedad de porcelana fabricada con una pasta formada que incorpora huesos calcinados en una proporción de aproximadamente el 40 %?

Loza: tiene una masa blanca o casi blanca. Se produce por bicocción y obteniéndose una masa porosa. El esmalte es similar al de la porcelana, pero obtenido con materiales más baratos.

Mayólica: es una loza delicadamente esmaltada que se utiliza con fines decorativos u ornamentales. Por lo general, no se intenta obtener una pasta blanca y los esmaltes suelen colorearse.

1.1.2 Materiales cerámicos

Los materiales cerámicos se clasifican en los siguientes grupos:

- Loza y porcelana
- Materiales de construcción (a base de arcilla)
- Refractarios (para la construcción de hornos)
- Vitrocerámica
- Materiales compuestos, que contienen productos cerámicos o vidrios

La cerámica que podríamos llamar tradicional está constituida por la loza y porcelana, productos de la arcilla y refractarios y quizás también los cementos y hormigones. Todos los productos se han desarrollado durante los últimos cuarenta años y algunos de ellos en los últimos veinte años: en conjunto, constituyen lo que podríamos llamar la nueva cerámica; ésta generalmente, se fabrica a partir de productos sintéticos en lugar de emplear materias primas naturales. Su composición y estructura son, en general, más sencillas que las de la cerámica convencional, se conocen mejor y con gran frecuencia presentan propiedades mucho mejores;

sin embargo, no debemos ocultar que, en general, son mucho más caras. Las materias primas que intervienen en cerámica son, en general, compuestos; como única excepción se puede citar al carbón. A continuación se indican unos cuantos ejemplos:

Silicatos

$\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$ (Caolinita), arcillas refractarias, $\text{Mg}_3(\text{OH})_2\text{Si}_4\text{O}_{10}$ (talco), SiO_4Mg (forsterita), SiO_4Zr (circón), $\text{K}(\text{AlSi}_3\text{O}_8)$ feldespato), $\text{Al}_6\text{Si}_2\text{O}_{13}$ (mullita), etc.

Oxidos Simples

SiO_2 , Al_2O_3 , MgO , BeO , ZrO_2 , UO_2 , etc.

Oxidos complejos excepto silicatos

Ferritas, titanatos, fosfatos, boratos, etc.

Carburos

C_si , CTi , CW , CU , etc.

Nitruros

N_4Si_3 , Nal , NB , etc.

Boruros

B_2Zr

Siliciuros

Si_2Mo

Carbono

Grafito, carbón pirolítico, carbón vítreo.

Antiguamente la ciencia cerámica se ocupó muy intensamente en dilucidar la composición química de las fases que se presentan en los productos cerámicos, tarea que ciertamente aún continúa, aunque quizás en la actualidad se preste una mayor atención a la física del problema como ocurre en el desarrollo de la ciencia de cualquier material.

1.1.3 Propiedades y aplicaciones

Las aplicaciones conocidas ya actualmente y las que en un futuro inmediato se vislumbran para los productos cerámicos son muy numerosas e interesantes y en ello se funda su gran importancia técnica.

En primer lugar se debe subrayar que para una determinada aplicación puede ser de particular importancia una cierta propiedad, pero en la práctica todas las propiedades relevantes tienen que ser adecuadas. Por lo tanto, generalmente, es necesario encontrar combinaciones convenientes de propiedades.

Las propiedades más importantes y características de los productos cerámicos son las siguientes:

- Refractoriedad
- Dureza
- Resistencia a la compresión
- Resistencia a los cambios bruscos de temperatura
- Propiedades eléctricas aislantes

1.2 Alfarería

La alfarería es uno de los oficios más antiguos de la humanidad. A lo largo de los siglos se han desarrollado diferentes estilos y técnicas en distintas partes del mundo. En la actualidad, casi todos los países fabrican algún tipo de vajilla para uso doméstico, y la cerámica es una exportación importante para algunos de ellos. Estos productos se manufacturan en muchas partes del mundo a escala industrial. Aunque los principios básicos de fabricación no han cambiado, sí ha progresado considerable la forma en que esta fabricación se lleva a cabo. Las innovaciones han afectado de manera especial a la formación o moldeo de la pieza, a la cocción y a la decoración. La generalización del uso de microprocesadores y robots se ha materializado en la fuerte automatización de la producción. Pese a ello todavía quedan en todos los lugares del mundo muchas alfarerías artesanales que trabajan a pequeña escala.

Algunos autores [2] usan la palabra cerámica para referirse a los objetos elaborados con pastas industriales y la distinguen del término alfarería, con el que identifican a los productos domésticos hechos con barros naturales.

1.2.1 Materias primas

Los materiales básicos para la elaboración de cerámica son las arcillas, la sílice y el feldespato. Según la composición, el uso, la temperatura del horno y la deformación de estos materiales al momento de la cocción o quema, es que se determina su uso: para loza, vajillas de porcelana, azulejos, ladrillos u otros objetos de uso industrial.

Existen materiales llamados plásticos que son las rocas de grano fino conformadas por minerales que nos brindan arcillas granuladas de no más de 2 milímetros de espesor. Se llaman plásticas por su plasticidad y maleabilidad al contacto con el agua, sin embargo una pieza elaborada sólo con este componente, no permite un buen secado por su falta de porosidad, se

contrae y requiere temperaturas de cocción muy elevadas, motivos por los cuales se mezcla con materiales fundentes o no plásticos.

El caolín es un material plástico, resistente al fuego, blanco, muy blando y maleable que se produce por la intemperización de rocas feldespáticas; se utiliza en la fabricación de porcelana y en la composición de otras pastas cerámicas y engobes. En este grupo se encuentran también las arcillas secundarias aunque son menos maleables, menos resistentes al fuego, pero con partículas de hierro que les da diversos colores desde el amarillo al pardo de tonos oscuros.

Los materiales no plásticos tienen propiedades contrarias a los plásticos, quizás por este motivo son complementarios para proporcionar a las piezas solidez y porosidad, lo que les permite un mejor secado y evita su encogimiento. Entre ellos se encuentra el feldespato, que es un fundente muy apreciado ya que aumenta la compactación de la pasta a medida que sube la temperatura y el cuarzo que se utiliza en forma de roca molida o de arena, llamada sílice y que disminuye la contracción en el secado.

a) Arcilla

El concepto de arcilla converge hacia la aplicación industrial más habitual y de mayor estabilidad dentro de la historia de la humanidad: la utilización del barro para la confección de los primeros recipientes u otros utensilios, tanto crudos como cocidos, empleados por nuestros antepasados.

El diccionario de la Real Academia Española dice con respecto a la palabra arcilla “Substancia mineral, ordinariamente blanca, combinación de sílice y alúmina; empapada en agua, da olor característico y se hace muy plástica, y por calcinación pierde esta propiedad y se contrae”.

Las distintas arcillas se formaron, primero a partir de la descomposición de las formaciones rocosas y, por la acción de distintos factores: presión tectónica, movimientos sísmicos, distintos tipos de erosión, etc., y segundo por la adquisición durante el viaje hasta su lugar de sedimentación, de diferentes impurezas de origen mineral; por lo tanto, dependiendo de las características de la roca de origen, existen innumerables tipos de arcillas, cada una de las cuales posee propiedades particulares.

El proceso de sedimentación dura millones de años. Los lechos de arcilla se encuentran en casi todos los terrenos a flor de tierra o a pocos metros de la superficie, aunque no todos son útiles para el ceramista.

Entre sus componentes básicos debemos destacar las materias plásticas como el caolín y la arcilla y, los no plásticos o antiplásticos, como el cuarzo, la arena o la pegmatita, que prestan un papel fundamental en el proceso de transformación de los materiales dentro del horno, actuando como fundentes.

Todos los tipos de arcilla en el tiempo de secado y de cocción sufren un proceso de encogimiento ó reducción de tamaño. Esta disminución de tamaño es mayor, cuanto menor sea el contenido de materias no plásticas de la arcilla que estamos trabajando.

Las arcillas las podemos clasificar o agrupar desde varios y distintos puntos de vista:

- Por su hallazgo en su estado natural.
- Por su plasticidad.
- Por su porosidad y color
- Por su punto de fusión.

Atendiendo a su formación existen dos tipos o clases de arcilla: primarias y secundarias.

Las arcillas primarias las hallamos en los lugares en los que se encuentran las rocas de las que proceden. Siendo sus principales características las de ser: de color blanco o casi gris,

poco plásticas y muy puras por lo que no son muy útiles, en su estado primario, para el ceramista.

Las arcillas secundarias son las que se han formado a lo largo de los años separándose de las rocas de origen y sedimentándose, en ocasiones a unas distancias considerables. Sus características principales son: tienen colores muy diversos, según su composición, desde el rojo al negro, pasando por el amarillo y el gris; en contra de las arcillas primarias, éstas, resultan muy plásticas por lo que son fáciles de trabajar y son con las que la mayoría de los ceramistas están identificados y familiarizados.

Los tipos de arcilla utilizados en alfarería tienen unas características comunes:

- Color rojo o amarillento.
- Textura porosa, debido a su alto componente de hierro y otras impurezas minerales.
- Pasta compuesta por grano fino y de gran plasticidad.
- Cuecen a baja temperatura entre 950° y 1100°C.

Cuando extraemos este tipo de arcilla del depósito natural, presenta unos colores rojizos, tendiendo al marrón, verdosos o grises debido a la mayor o menor presencia de óxido de hierro. Después de la primera cocción o (bizcochado) el color varía.

b) Sílice

La sílice o cuarzo es un ingrediente común a muchos materiales cerámicos y es el más importante de todos los ingredientes debido a sus funciones en el cuerpo arcilloso y en los barnices [3]. Se le conoce también como cuarzo y arena. La sílice se suaviza antes de fundirse siendo así capaz de moldearse. Después de fundida y enfriada, forma un vidrio transparente que resiste el choque térmico. Imparte esta misma cualidad al cuerpo arcilloso. Puesto que la

sílice aumenta en volumen cuando se funde, ayuda a controlar la contracción. Aumenta también la porosidad y da rigidez a la arcilla húmeda, lo que le permite retener su forma al ser moldeada. La sílice se encuentra en la naturaleza generalmente en forma de roca, piedra y arena.

c) Feldespato

Esta roca no es considerada comúnmente como arcilla, puesto que su plasticidad es cero. Sin embargo, cuando ha sido molida adecuadamente y mezclada con arcilla plástica, produce buenos utensilios. En su estado natural esta roca es generalmente blanca y puede conservar este color después de la cocción, pero lo más probable es que se vuelva roja o de color rosa debido a impurezas de hierro. Su punto de vitrificación está por debajo de los 1100 °C.

1.3 Métodos de fabricación de productos cerámicos tradicionales

Las propiedades físicas de la cerámica dependen de la composición del soporte o pasta y de las condiciones de cocción. La pasta para cualquier uso particular se selecciona principalmente por sus propiedades físicas, aunque para la vajilla se prefieren casi siempre las pastas blancas.

La composición de la pasta viene determinada en parte por las propiedades requeridas del producto final y en parte por el método de producción. Una base plástica es esencial para objetos moldeados en húmedo, pero para los procesos de formación no plástica, como el prensado de polvo (seco), la base plástica no es esencial, aunque la arcilla continúa siendo el principal ingrediente en la mayor parte de los productos cerámicos, incluso en aquellos que se preparan por prensado en polvo.

El objetivo básico del procesamiento cerámico es profundizar en el control de los parámetros fisicoquímicos involucrados en cada una de las etapas del proceso con el fin de reducir en lo posible la presencia de defectos. El control de los defectos para la obtención de un buen material ha obligado a profundizar en dos líneas de investigación; la composición de la pasta de partida y el procesamiento de dicha pasta. Evidentemente, un mal procesado de esta pasta introducirá nuevos defectos y, por lo tanto, un producto final no deseado. De esta forma, se ha hecho necesario el desarrollo de una metodología capaz de optimizar el procesado de la pasta sin introducir nuevos defectos.

Todo ello ha contribuido a impulsar la búsqueda de técnicas de conformado que permitan obtener materiales de mayor vida media y mejores propiedades, así como una mayor reproducibilidad en su obtención.

Todas las piezas cerámicas pasan por cierto número de estados durante su construcción. En la figura 1 se presentan las operaciones básicas utilizadas en la producción de cerámica tradicional.

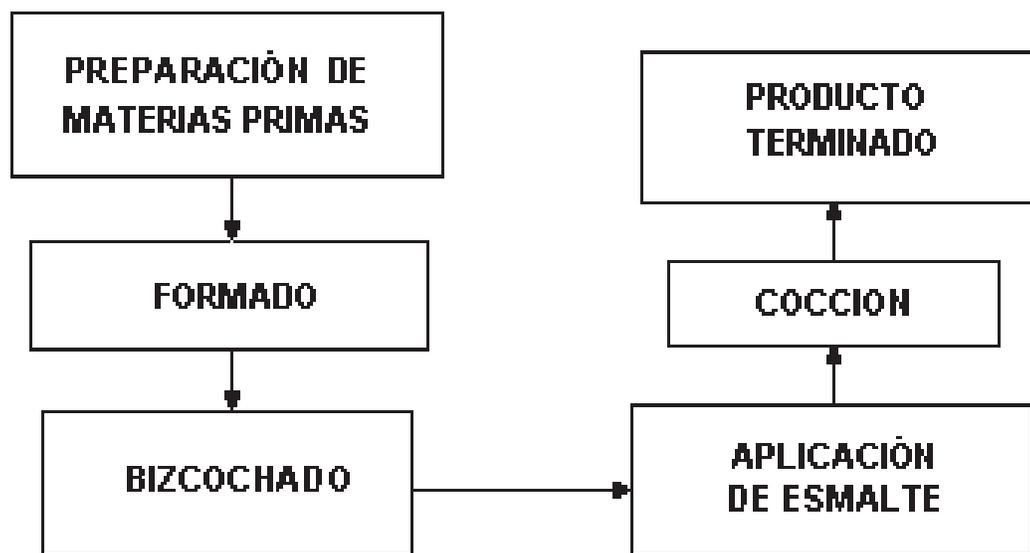


Figura 1. Operaciones básicas utilizadas en la producción de cerámica tradicional.

1.3.1 Técnicas de formado de productos cerámicos tradicionales

Existen varios procesos industriales básicos, por medio de los cuales se obtiene la mayoría de la producción de objetos de arcilla. Estas técnicas son las siguientes: torno, forja, colada por barbotina y prensado. El proceso a seguir depende de la clase del producto o de la que mejor se adapte a nuestras necesidades.

a) Torno cerámico

Es la técnica más utilizada para la creación de piezas en serie. En la actualidad también es empleado para hacer piezas individuales o artísticas. Este método es empleado desde el año 5000 a.C. en Egipto y Asia.

La técnica consiste en depositar masa de arcilla hecha bola en el centro de un plato circular giratorio el cual es impulsado por el pie o la mano del alfarero que hace girar el torno para modelar la masa con las manos mojadas tal como se muestra en la figura 2. El agua impide que el barro se pegue a las manos y, al mismo tiempo, lo mantiene húmedo y maleable.

Actualmente se utiliza más el torno eléctrico que requiere menos esfuerzo. La rueda gira velozmente mientras la arcilla es presionada de tal manera que adquiera la forma deseada. El trabajo con torno requiere una gran habilidad técnica, pero un alfarero habilidoso puede producir muchas piezas casi idénticas en poco tiempo.

Debido a su naturaleza, los trabajos mediante el empleo de torno son casi exclusivamente para piezas con simetría radial sobre un eje vertical. Estas piezas pueden ser decoradas mediante la creación de diferentes texturas sobre su superficie con el objeto de hacerlas visualmente más interesantes. Muchas veces, las piezas creadas en el torno son modificadas manualmente agregándole, asas, tapas, pies, picos y otros aspectos funcionales.



Figura 2. Técnica de torneado.

b) Modelado a mano o forjado

La técnica de alfarería más primitiva es la fabricación manual. Consiste en formar tiras de arcilla que se apilan unas sobre otras y se unen presionando con las manos. La pasta se reblandece trabajándola con agua y a continuación, una vez unidos los cordones de arcilla, se modela el objeto con las manos.

Nunca dos piezas de cerámica trabajadas manualmente serán exactamente iguales, por lo que esta técnica no es la más apropiada para hacer juegos de piezas idénticas, como por ejemplo vajillas de cocina, juegos de té, etc.

En la figura 3 se muestra la técnica manual, la cual permite al ceramista usar su imaginación y crear diferentes piezas artísticas. Es una técnica utilizada por los pueblos primitivos y aun se encuentran numerosas zonas donde se trabaja maravillosamente.



Figura 3. Modelado a mano

c) Colada por barbotina

Es probablemente la más apropiada para la producción en masa (industrial). Se utiliza ahora con frecuencia para formar objetos de gran calidad y siempre que las paredes de la vasija deban ser muy finas. En la figura 4 se muestra esta técnica, la cual consiste en vaciar a un molde de yeso una mezcla de arcilla y agua llamada barbotina; el molde absorbe el agua de la pasta, formando una capa delgada en su interior. Cuando el depósito de arcilla es lo suficientemente grueso como para formar las paredes del recipiente se vacía el resto de la barbotina, manteniendo la pieza húmeda en el interior del molde hasta que se seque y contraiga lo suficiente para poder extraerla del mismo. El molde se construye de forma que sea desmontable. Finalmente la pieza es sacada del molde, se le arreglan las imperfecciones que pueda tener y se deja secar al aire libre.

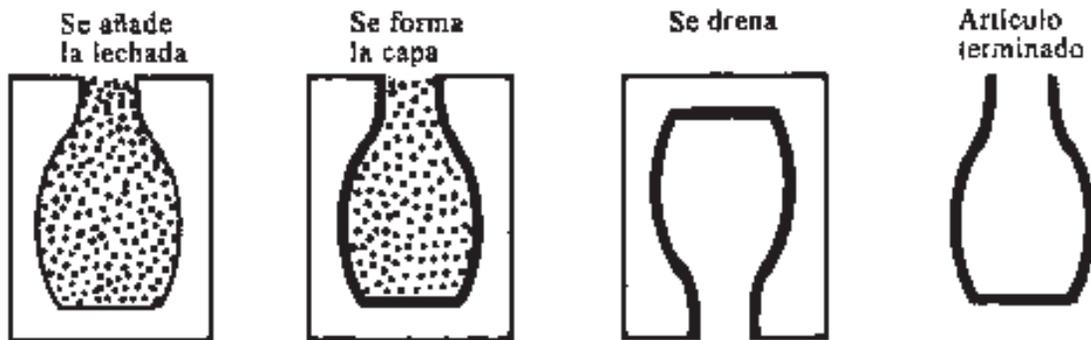


Figura 4. Técnica para la elaboración de artículos cerámicos mediante colada por barbotina.

d) Prensado

Está básicamente restringido a la cerámica industrial. La técnica consiste en prensar materiales en polvo produciendo una compactación de estos. Se puede realizar en prensas manuales o mecánicas. El material conformado se seca y se le puede dar un acabado con una esponja húmeda, desbarbado, etc., y se deja así listo para el bizcochado.

1.3.2 Técnicas de terminación y decoración

La textura superficial que intencionalmente se confiere a una pieza cerámica puede tener una motivación estética o una motivación utilitaria. En el primer caso se trata de dotar a la pieza de unos atributos estéticos capaces de impresionar favorablemente los sentidos de la vista y del tacto, mientras que en el segundo se buscan unas características prácticas, tales como la impermeabilidad, que elevan su valor utilitario. Lo normal es, sin embargo, que ambas motivaciones coexistan siempre en mayor o en menor grado.

Desde la prehistoria hasta hace solamente unas décadas, el valor de la cerámica se ha medido casi exclusivamente juzgando sus atributos superficiales, que son los que, de una forma directa, son percibidos por los sentidos de la vista y del tacto. En mucho menor grado se han estimado las virtudes intrínsecas de la materia cerámica, considerada en toda su corporeidad, que sólo pueden adivinarse sensorialmente a través de propiedades tales como la pesantez, la sonoridad o la robustez.

a) Esmalte

Es un recubrimiento vítreo y brillante que hace la pieza más resistente y atractiva. Los esmaltes contienen sílice, un fundente para bajar la temperatura de fusión (como plomo, bario, etc.) y óxidos metálicos que actúan como colorantes.

Este preparado se aplica al objeto y, cuando está completamente seco, se coloca de nuevo en el horno y se cuece a una temperatura lo suficientemente elevada para que se funda y cubra por entero la superficie de la pieza.

b) Engobes

Los engobes son barbotinas constituidas por arcillas, fundentes y desgrasantes que sirven para recubrir total o parcialmente la superficie de las piezas con el fin de ennoblecer su calidad, por ocultación de su color natural, de sus defectos superficiales y de las partículas gruesas que ocasionalmente puedan sobresalir. Los engobes son opacos y, cuando se aplican solos, pueden cocerse hasta una avanzada vitrificación o pueden dejarse algo porosos[4].

Cuando se formulan los engobes hay que tener presente factores tan diversos como:

- Grado de desecación o de cocción de la pieza en el momento de recibir el engobe, ya que existe la posibilidad de aplicarlo sobre piezas húmedas, parcialmente desecadas, secas o bizcochadas.
- Grado de vitrificación que se desea alcanzar, ya que de ello depende la cantidad y naturaleza de los fundentes que se han de añadir.
- Si el engobe va a recubrirse con una capa de vidriado, hay que estudiar sus compatibilidades, y las condiciones de translucencia, opacidad y color de ambas capas.
- Tanto si se va emplear una capa superpuesta de vidriado, como si el engobe se va a cocer solo, hay que estudiar la posibilidad de combinar sobre la misma pieza engobes distintamente coloreados y de producir relieves o dibujos por arañado en estas capas.

En unos casos, con el engobe se trata de encubrir la textura superficial grosera de las piezas, y en otros casos, lo que se trata de ocultar es el color. También se busca a veces introducir un aislamiento entre tiesto y vidriado para que las impurezas que contiene el primero no contaminen al vidriado, esto se puede apreciar de mejor manera en la figura 5.

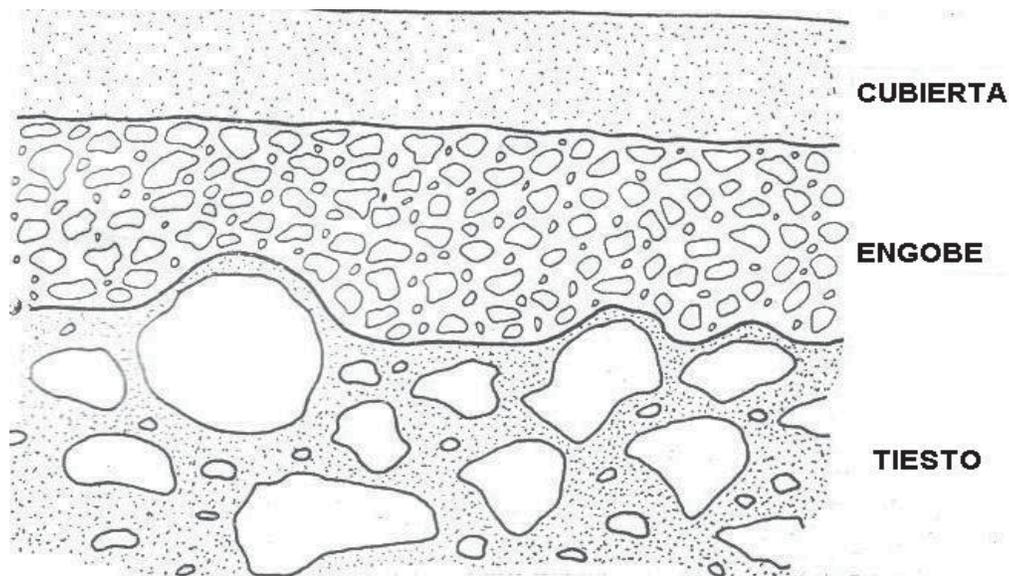


Figura 5. Empleo del engobe para ocultar la textura rugosa del tiesto o bizcocho.

Los engobes, en su estado de barbotina, han de ser muy homogéneos y estables, y en su preparación hay que seguir las mismas reglas que se aplican a las barbotinas de colaje, en muchos casos un engobe no es más que una barbotina de pasta de loza o de porcelana.

Uno de los aspectos que hay que cuidar más en la preparación de los engobes es su contracción por secado. Si un engobe ha de ser aplicado sobre una pieza semiseca, su contracción por secado ha de ser análoga a la que experimente dicha pieza. Si se trata de una pieza bizcochada, que ya no se va a contraer, el engobe debería tener una contracción casi nula. La contracción por secado del engobe se puede regular variando la cantidad y la calidad de las arcillas empleadas, y también, si fuera necesario, añadiendo arcillas chamotadas finamente molidas.

En la formulación de los engobes se pueden hacer intervenir caolines de diversos grados de pureza y perfección, y arcillas plásticas.

Al pasar en esta escala desde los caolines más típicos hasta las arcillas, se observa que la plasticidad, la adherencia y la contracción van creciendo y la blancura va decreciendo.

Cuando se trata de enjuiciar una arcilla para su empleo en la formulación de engobes, conviene considerar su blancura en cocido, su refractariedad, su poder cubriente, su consistencia o facilidad de mantener en suspensión a los componentes no plásticos de la barbotina, su contracción por secado y sus propiedades de adherencia, con vistas a lograr capas de engobe firmemente adheridas en crudo a la pieza.

En la composición de los engobes más comunes intervienen los feldespatos de diversas procedencias, a veces en proporción de hasta un 50% o un 60%, como fundentes principales y carbonato cálcico en pequeñas cantidades, como fundente auxiliar. Otro componente que entra con frecuencia en los engobes es la sílice en sus diversas formas, a veces en cantidades importantes.

Dada la diversidad de objetivos que pueden perseguirse al aplicar los engobes, y la variedad de soportes sobre los cuales es posible aplicarlos, no resulta fácil dar reglas generales de formulación, distintas de las que ya son familiares al ceramista experimentado.

Considerando la función eminente ornamental de los engobes, no es de extrañar que aparte de su textura y de su opacidad, se busque siempre en ellos una buena calidad de color. Cuando el engobe queda al descubierto, se busca también una buena textura superficial y en muchos casos un grado adecuado de brillo.

Para preparar el engobe, se deben obedecer todas las reglas que afectan a la preparación de barbotinas de colaje, puesto que ambas suspensiones, aunque de aplicaciones diferentes, constituyen sistemas fisicoquímicos análogos.

Las barbotinas de engobes se aplican sobre las piezas según técnicas operatorias muy diversas y, por tanto su consistencia ha de ser adecuada al método de aplicación (a pincel, a pistola, por inmersión, etc.). Sus pesos específicos pueden variar entre 1.35 y 1.52. Las barbotinas espesas suelen presentar poca tendencia a la sedimentación y cubren muy bien la pieza, pero el notable grosor de las capas formadas acentúa la tendencia al agrietamiento durante el secado y la cocción.

Como es bien conocido por el ceramista práctico, el peso específico y la viscosidad de la barbotina se regulan por adición de agua y de electrolitos adecuados. El grado de floculación o defloculación de la barbotina influye notablemente sobre la contracción por secado de la capa de engobe y es, por tanto, un importante factor a tener en cuenta cuando se trata de ajustar la contracción del engobe a la de la pieza.

La elección del método de aplicación del engobe debe hacerse considerando el estado de humedad de la pieza (estado plástico, semiseco, seco, bizcochado), ya que la consistencia y la composición de la barbotina ha de ser diferente en cada caso.

En general, las técnicas utilizadas para aplicar la capa de engobe son:

- Vertido de la barbotina sobre la pieza
- Inmersión de la pieza en la barbotina
- Llenado de la pieza con barbotina y vaciado rápido del exceso
- Pintado a pincel

- Aplicación a pistola
- Bañado en cortina

Estas técnicas son las mismas que las empleadas en la aplicación de los vidriados. Sin embargo, en el caso de los engobes, las técnicas operatorias pueden ser ligeramente distintas, ya que se manejan piezas en muy diferentes estados, y barbotinas de peso específico y fluidez también muy variables.

c) Vidriados

Los vidriados, como su nombre lo indica, son componentes que sirven para aplicar a la cerámica una superficie o acabado vítreo, impermeabilizando el barro, y endureciendo las piezas dándoles mayor realce. Se pueden establecer diversas categorías de vidriados, ya sea por sus colores (coloreados o incoloros), por su translucidez (transparentes u opacos), por su brillo (brillantes o mates), por su fusibilidad (con bajo punto de fusión –por debajo de 1,200°C o con alto punto de fusión por arriba de los 1,200° C), por su tratamiento (fritados o no fritados –crudos-), por su composición química (ácido bórico, plomo, feldespato, sal, aluminio, etc.).

Los vidriados son generalmente de baja fusión. Se componen de óxidos de diferentes metales que, cuando se funden con silicio, se convierten en silicatos. Así cuando se habla de un esmalte plumbífero es un silicato de plomo. Este material es el que mayormente se utiliza en la cerámica mexicana desde la época Colonial.

Otros materiales que se usan para la preparación de vidriados son: el cuarzo, principal componente; el feldespato, cuyo contenido alcalínico es fundamental para la coloración de las piezas; el caolín de gran pureza y blancura que confiere a los vidriados dureza y resistencia; los compuestos cálcicos que son fundentes para la cerámica de cocción mayor a 1,100° C;

compuestos de minerales como el magnesio, plomo, boro, sodio, potasio, bario, estaño, cinc, circonio, litio, flúor, fósforo, cobalto y otros más que sirven para diversas combinaciones de dureza, transparencia, coloración, brillo, fundición, etc.

d) Terra sigillata

Con el nombre de la terra sigillata se conoce una peculiar variedad de cerámica originada y cultivada en las civilizaciones romana y griega, que se distingue por un acabado brillante de colores rojizos, marrones y negros, de singular belleza.

Se da también el nombre de terra sigillata a este tipo de decoración, que ni es vidriado ni es engobe, y que por su delgadez (0.005-0.015 mm) se manifiesta con propiedades muy específicas. Contrariamente a lo que ocurre con los vidriados y con los engobes, la terra sigillata no presenta problemas de adaptación a las contracciones y dilataciones de la pieza.

Algunos arqueólogos han llamado barniza a esta clase de acabado. Otros lo han denominado vidriado, pero ni una denominación ni otra describen adecuadamente la terra sigillata.

En una publicación de Neumann[5], aparecida en el año 1932, se hace una amplia revisión del estado de los conocimientos sobre terra sigillata hasta aquel año. De este estudio se deduce que:

- La terra sigillata es muy ferrífera y su composición es análoga a la de la pieza
- La capa no ha fundido completamente, sino que ha sinterizado y ha adquirido una naturaleza semi-vítrea
- El espesor de la capa es extremadamente pequeño
- La terra sigillata se ha aplicado sobre la pieza en forma de una fina suspensión de arcilla, y después ha sido consolidada en el fuego hasta adquirir su estado final.

°Las suspensiones de terra sigillata se han aplicado sobre diversas superficies de piezas del mismo material, de arcillas diferentes, e incluso de piezas de cerámica blanca.

El lustre que se alcanza por pulido de las superficies de arcilla, depende de los siguientes factores:

- Naturaleza de la arcilla
- Grado de humedad
- Contracción de la arcilla
- Forma en que se realiza el pulido

Las arcillas difieren mucho unas de otras en cuanto a composición mineralógica y a distribución de tamaños de grano. La operación de pulido conduce a orientar fuertemente las partículas arcillosas situadas en las capas más externas de la pieza. El que la orientación sea fácil o difícil depende de factores tales como forma de las partículas unitarias de la arcilla, grado de defloculación y contenido en humedad en el momento de aplicar el esfuerzo. Al mismo tiempo, la formación del lustre está también condicionada por las propiedades ópticas de las partículas de arcilla y por la presencia de impurezas de propiedades ópticas muy disimilares. Se conocen arcillas que desarrollan un lustre intenso incluso sin ser sometidas a orientación por frotamiento. En ellas el lustre se desarrolla simplemente por sedimentación y secado de las suspensiones.

En general, las arcillas ilíticas y caoliníticas tienen una favorable inclinación a la formación de superficies lustrosas, mientras que las bentonitas y las arcillas que contienen importantes cantidades de montmorillonita, no desarrollan lustre con facilidad.

Para obtener el máximo lustre conviene fijar el contenido más adecuado de humedad que debe tener la arcilla en el momento del pulido. Si la arcilla está demasiado húmeda, tiende a adherirse aunque sea muy ligeramente a la piedra de pulir y el lustre no se desarrolla. Por el

contrario, cuando la pieza está muy seca, la movilidad de las partículas de arcilla suele estar muy restringida por la ausencia de vehículo líquido, y tampoco se desarrolla el máximo lustre.

Es importante decir que cuanto menor contracción sufra la pieza después de haber sido pulida, mayor será la estabilidad del lustre conseguido. Este es un aspecto que debe estudiar el alfarero, en conjunción con la humedad de pulido, ya que ambos factores humedad óptima de pulido y estabilidad del lustre en la desecación van indisolublemente unidos. Es preferible a veces formar menos lustre en el pulido, operando con piezas más secas, si así se asegura una mayor estabilidad del mismo durante el secado.

Algunos ceramistas prefieren secar completamente sus piezas al aire, para producir toda la contracción, y después humidificar ligeramente la superficie de la pieza seca con una barbotina de la misma arcilla, y realizar el pulido sobre esta fina capa húmeda que va secándose rápidamente por succión. De esta forma, la contracción después del pulido puede ser muy pequeña.

Una condición previa esencial para poder hacer un buen pulido es la perfecta igualación o nivelación de la superficie a frotar, mediante un cuidadoso repaso de la misma al final del moldeo. La existencia de irregularidades hace que se formen zonas no accesibles a la acción pulidora del utensilio, que se manifiestan después como cavidades o estrías de aspecto mate.

Es conveniente realizar toda la operación de pulido de una pieza a un mismo grado de humedad, sin permitir que se seque excesivamente durante la manipulación, ya que esto produciría diferencias ostensibles en el grado y en la naturaleza del brillo. La superficie de la pieza debe ser cubierta uniforme y homogéneamente por las pasadas del utensilio de pulir, tratando de eliminar en lo posible la formación de huellas entre una pasada y otra. En las piezas que se hallan en un avanzado estado de desecación, y en aquellas otras que después de secas han sido humidificadas superficialmente, la consistencia es tal que las pasadas de la piedra de pulir no dejan depresiones a su paso, sino que se limitan a exaltar el lustre sin alterar el nivel de la superficie, lo cual es evidentemente muy ventajoso.

Resulta curioso observar cómo al provocar el lustre por orientación de las partículas arcillosas superficiales, se modifica el color a veces de forma tan marcada que parece que se ha aplicado una capa de composición distinta.

Las aplicaciones de terra sigillata se pueden hacer en estado plástico, semiseco, seco y bizcochado, y en todos los casos se obtienen superficies muy suaves, continuas y de un gran lustre. La aplicación con pistola va bien en cualquier situación. La aplicación por inmersión también es adecuada, pero en el caso de piezas secas o bizcochadas hay que tener la precaución de humedecerlas mediante una breve inmersión en agua antes de sumergirlas en la terra sigillata. También puede extenderse la terra sigillata con pincel suave.

Aunque las suspensiones de terra sigillata aplicadas de cualquiera de las formas descritas producen después de cocidas un elevado brillo, existe también la posibilidad de aumentar notablemente este brillo mediante pulido en estado semiseco.

Sobre la causa de este brillo se han generalizado dos opiniones. Según una de ellas, el brillo se origina por vitrificación y, en consecuencia, se trata de obtenerlo forzando la adición de fluidificantes a las suspensiones de arcilla y eligiendo arcillas de elevado contenido en álcalis y bajo punto de fusión, como algunas ílticas.

La segunda opinión se inclina a admitir unas razones estructurales como responsables del brillo en las delgadas capas de terra sigillata. Según esta ideas, lo fundamental es lograr una textura adecuada sobre la superficie, mediante orientación de partículas planas de propiedades ópticas determinadas, y la fusión, en caso de tener lugar, no pasa de ser un fenómeno esporádico que se produce solamente en algunos puntos aislados, y sirve para verificar la soldadura de la lámina de arcilla.

Un dato interesante es que si en crudo se pule ligeramente una superficie con un trozo de cuero, el brillo pasa de 20% a 36% y, al cocer el aumento de brillo se inicia a unos 400°C. A 800°C se acusa aún más el crecimiento del brillo, y a 1000°C se alcanza un valor máximo de 70%, a partir del cual desciende con rapidez. Tanto en un caso como en otro, la disminución

del brillo es debida a la destrucción de la estructura laminar por vitrificación y a la formación de burbujas.

La diferencia fundamental entre los engobes y los vidriados reside en la mayor cantidad de vidrio que forman estos últimos. Por otra parte, los engobes se distinguen de la terra sigillata en su mayor espesor de capa, en su granulometría más grosera y en la composición generalmente más compleja de los engobes.

1.4 Evaluación de una microindustria localizada en valle de bravo (estado de México)

Este proyecto nació en el pueblo alfarero de Valle de Bravo[6], al sur del Estado de México. Localizado en una de las orillas de la gran Sierra Transversal, que parte al país en dos, en él se dieron las circunstancias geológicas adecuadas para que se acumulara una arcilla de excelente calidad. La interacción entre zonas de roca y materiales de origen metamórfico con zonas volcánicas recientes, en donde se dio probablemente un proceso de caolinización por flujos termales, más la topografía del valle adecuada para la formación de sedimentos, son los factores que permitieron la acumulación de las distintas arcillas que ahí se trabajan. Algunos barros son blancos de tipo primario, que queman color naranja claro por su bajo contenido de hierro, y que maduran a media temperatura, otros son rojos de tipo secundario, menos refractarios, que quemados dan un color café oscuro. Los alfareros los clasifican por el color y la textura, que puede ser arenosa o lisa, y cada uno hace sus mezclas, según su gusto y los materiales de que disponga.

A partir de las investigaciones arqueológicas sabemos que la alfarería se produjo en este lugar desde el preclásico temprano. Las primeras piezas fueron figurillas al pastillaje y cajetes rústicos y seguramente loza doméstica. En el clásico se desarrolló, bajo influencia teotihuacana, un tipo de naranja fina, que probablemente sea lo mejor que se haya producido

hasta la fecha. En la época Matlatzinca, que fue ya hacia el final de la era prehispánica, se desarrolló una loza para uso doméstico un tanto burda, y cerámica bruñida, policroma, de carácter ritual. Después de la conquista, la producción alfarera continuó y ya para el México independiente, Valle de Bravo era un proveedor importante de jarros, cajetes y cazuelas, de color claro, rojo, miel, verde y negro lustroso.

Con la construcción de la presa, Valle de Bravo sufrió una transformación radical, a la que se sumaron factores externos, como la cercanía a la ciudad de México, y el proceso de modernización del país. Al inicio de la década de los sesenta, había más de cincuenta familias dedicadas a la producción de alfarería, la mayoría en el barrio de Otumba. Mas con el auge del turismo y de la construcción, la plaza de albañil, tuvo una alta demanda, y era mejor pagada que la de artesano, así que la cantidad de gente dedicada a esta actividad comenzó a declinar. A esto se sumó la crisis económica que se inició en los setentas, al grado que año con año disminuyó la cantidad de talleres, hasta quedar siete que son los que sobreviven hoy día.

Dentro del proyecto CASART del gobierno del estado de México, se abrió en los setentas una cooperativa llamada “Carlos Hank”, formada por hijos de artesanos y bajo el liderazgo de un ceramista japonés, quien diseño los modelos, la estructura de la empresa, dio la capacitación en el manejo del torno y de la alta temperatura. La empresa tuvo un gran éxito inicial que duró hasta mediados de los ochentas. Norio Matsumoto, el ceramista, murió en un accidente y la cooperativa no tuvo la capacidad para mantener el mismo ritmo, el que poco a poco disminuyó. Al día de hoy la cooperativa se ha desmembrado en varios grupos y se ve difícil que pueda recuperarse.

En Valle de Bravo se llevó a cabo igualmente el proyecto “DUBRAVO”, el cual se basó en dotar por medio de un crédito blando, de un horno de gas a los talleres alfareros para evitar que usaran plomo y gastaran leña. Este proyecto arrancó muy bien y los alfareros (cinco talleres) pudieron pagar lo que les prestaron, mas con la apertura indiscriminada de las fronteras y la invasión de vajillas chinas se derrumbó su mercado y al no ser capaces de imaginar una salida, lo logrado se vino abajo.

El proyecto ALFAR se inició en Valle de Bravo en 1990 con la elaboración de un diagnóstico de la situación local y general. A principios del siguiente año se puso en marcha el taller experimental. Cuatro años después se tenía ya un modelo que funcionaba satisfactoriamente.

Se escogió una familia alfarera a la que se invitó a colaborar en el taller, el cual, poco a poco, los fue contratando. Se determinaron los puestos y se dio (y se sigue dando) la capacitación adecuada.

Se desarrolló una línea de diseño basada, en las formas tradicionales de esta comunidad. De la época prehispánica se tomó la idea de decorar a base de sellos. Se recuperaron también las piezas que diseñó el viejo Tola, quien vivió en el siglo pasado y dejó gran cantidad de moldes de jarras y ollas de una estupenda calidad a las que se les da nuevos acabados. Los terminados son a base de engobes, lo que subraya su calidad alfarera. Se intentó cubrir el espectro de usos a los que se destina la alfarería, como son macetas, lámparas, vajillas, platones, azulejos, etc. En total cuentan con más de doscientos modelos, cada uno de ellos con múltiples variaciones tanto en acabados como en detalles.

En el año de 1994 se buscó consolidar la operación y definir el sistema operativo y administrativo, y en el año siguiente se inició el crecimiento real del taller, ya sobre las bases diseñadas. El crecimiento fue positivo, lo que demostró en términos prácticos la funcionalidad del modelo. Aquí fue donde se invitó a la universidad, ya que la capacidad de investigación de la empresa había sido rebasada, y se contaba con una línea bastante sólida que valía la pena atender.

El trabajo realizado en la microempresa de Valle de Bravo durante el proyecto ALFAR consistió en: hacer un análisis económico para demostrar su factibilidad; conocer cuales son los elementos que le han permitido consolidarse y crecer; analizar su operación para describir el modelo y de esta forma desarrollar el programa de CONTROL DE LA PRODUCCION PARA TALLERES ALFAREROS COMPETITIVOS para ser usado en computadora; estudiar los cuerpos para mejorar la calidad de los productos y proponer soluciones que fueron

aplicadas satisfactoriamente; proponer modificaciones a la producción y observar los resultados, lo que en su mayoría significaron un incremento en la productividad.

Al año siguiente el taller de Valle de Bravo se compromete a aplicar y analizar el funcionamiento del programa de computadora. El taller está dispuesto a dar asesoría gratuita dentro de sus instalaciones a cualquier miembro de la red. Ya dio su apoyo para que los investigadores de la Universidad de San Luis Potosí hagan en él pruebas de cuerpos y esmaltes en la búsqueda de mejorar los vidriados alfareros sin plomo.

1.4.1 Indicadores de la microindustria de alfarería.

A partir del conocimiento, análisis y comportamiento de varios indicadores se pueden conocer características y tendencias de una unidad productiva, en este caso la microindustria de alfarería de Valle de Bravo.

Los indicadores analizados a continuación son:

- Producción
- Productos
- Ventas
- Costos totales
- Valor de la producción
- Empleo

1.4.2 Producción

La producción de la microindustria de alfarería de junio a diciembre en 1996 fue muy inconstante pues en esos 7 meses nunca es igual. Los meses con menor producción fueron

junio, julio y diciembre y repunto en octubre, septiembre y noviembre aunque el mes con mayor producción fue agosto. Estos repuntes en la producción se relacionaron con los meses con mayor afluencia turística, la entrada del taller a nuevos mercados como el norteamericano, pedidos de gran magnitud y creación de inventarios para expansiones planeadas.

La producción total del periodo fue de 10,049.82 Kg.

1.4.3 Mano de obra, maquinaria y equipos

Este es un factor muy importante en el proceso productivo alfarero porque, la mayoría de las actividades productivas se realizan a mano. En ocasiones las mismas personas se mueven en las distintas etapas de la producción, esto se debe a su experiencia en el proceso.

En la microindustria de Valle de Bravo las actividades de producción, administración y ventas se dividen entre 15 personas, de las cuales 4 de ellas son forjadores, 4 esmaltadores, 2 ayudantes, 1 coordinador, 1 gerente de producción, 1 secretaria, 1 gerente de ventas y 1 gerente general. Las edades de estas personas oscilan entre los 18 y los 49 años, es importante mencionar que para este tipo de procesos productivos se requiere de que las personas que laboren en ellos tengan capacitación o experiencia en el ramo.

El equipo utilizado en fabricación de las piezas de alfarería es el siguiente: cubetas, arnero, básculas, planchas de cemento, moldes, pinceles, mesa y hornos.

1.4.4 Productos

La producción obtenida es una variedad de productos alfareros, estos son utilizados para decorar, como utensilios de cocina, para regalar y para la construcción; estos productos son elaborados, decorados y detallados a mano.

En el período de junio a noviembre de 1996 se elaboraron 11,238 piezas lo cual fue el resultado de 219 productos diferentes, es importante señalar que cada pieza tiene un peso promedio de 0.849 Kilogramos.

Esto nos permite ver características como la diversificación en el producto, capacidad productiva, capacidad para cambios en los productos según necesite y exija la demanda.

Los productos más elaborados son: portarretratos, platonos, ceniceros y tazones grandes. Esto debido a que son los que tienen la mayor preferencia por parte de los clientes, tienen mayores márgenes de ganancia y porque tienen una alta eficiencia de producción.

1.4.5 Metodología empleada en la elaboración de los productos

La técnica empleada es:

- I. Forjado
- II. Secado en fresco
- III. Esmalte
- IV. Cocción

En todos los casos la utilización del esmalte está presente como acabado en la pieza, además de sellos impresos en la pieza.

Estos productos requieren un tipo de empaque que proporcione seguridad para el transporte de estos; el tipo de empaque para estos productos no es muy costoso ni voluminoso ya que se trata de periódico y cajas de cartón o papel burbuja y cajas de cartón.

1.4.6 Descripción y características de la materia prima

Barro

La materia prima utilizada es principalmente barro y pasta, estos se obtienen en terrenos cercanos de la región y en tiendas especiales.

La combinación de estos materiales dan como resultado las características que se requieren en la pieza, como: dureza, resistencia, porosidad, elasticidad, entre otros.

Esmaltes

El esmalte utilizado principalmente es:

- Rutilo cerámico
- Oxido de hierro

Maquila

La maquila son piezas elaboradas en otros talleres, las principales son los moldes de floreros y jarras tradicionales.

Combustible

Se utiliza un horno para la cocción de las piezas alfareras, el cual utiliza como combustible gas L.P.

Proceso Global

- a. Extracción del barro
- b. Transportación del barro
- c. Almacenamiento del barro
- d. Mezcla del barro

- e. Hidratación
- f. Amasado
- g. Forjado
- h. Desmoldado
- i. Limpiado
- j. Secado
- k. Primera quema
- l. Esmaltado
- m. Segunda quema
- n. Curado
- o. Almacenado

1.4.7 Ventas

Durante el periodo de junio a diciembre de 1996 se registraron 193 pedidos. Los principales mercados a los que se dirigen los productos son: Valle de Bravo, en el estado de México, Cancún, Houston Texas en Norteamérica y el Distrito Federal.

Las ventas para esta microindustria de alfarería han ido creciendo paulatinamente por factores como: Apertura de nuevos mercados para productos ya existentes, mejoras productivas que dieron como resultado mejores productos con lo cual se abrieron nuevos mercados y una visión nueva acerca de la producción alfarera y de los mercados a los que pueden entrar.

Los meses donde existió una mayor cantidad de ventas fue en julio, octubre y diciembre, que son periodos de vacaciones de verano y festejos de diciembre principalmente.

1.4.8 Costos totales y valor de la producción

Se observó un aumento en los costos totales y esto es lógico ya que existió una apertura a nuevos mercados lo que provocó un aumento en la producción, y se hicieron mejoras productivas que dieron como resultado aumento en la calidad y en la diversidad de los productos.

A continuación se presenta el estado de resultados para el primer año (1991):

Costos de producción	-----	\$ 452,402.00
Utilidad de operación	-----	\$ 321,548.00
Gastos de venta	-----	\$ 124,102.00
Gastos de administración	-----	\$ 105,436.00
Utilidad gravable	-----	\$ 8,915.00
Reparto de utilidades	-----	\$ 5,925.00
Impuesto sobre la renta	-----	\$ 30,312.00
 UTILIDAD NETA	 -----	 \$ 49,925.00

La tasa interna de retorno que tiene esta microindustria es de 35.46% y una TMAR del 27%, con lo cual se concluye que es rentable desde el primer año ya que se obtiene una utilidad neta de \$49,925.00.

1.4.9 Empleo

Este indicador nos da a conocer situaciones como: la mejora general de la empresa y la capacidad de generar un efecto positivo en su entorno inmediato.

Se observó que la microindustria de alfarería en el período de 1991 a 1996 fue generando nuevos empleos comenzando en 1991 con 2 y llegando a 1996 con 17, esto debido al aumento de ventas al abrir nuevos mercados, mejoras en el proceso productivo y el requerimiento de mayor cantidad de mano de obra para el proceso productivo. Y este aumento a su vez provoca una mayor distribución del ingreso y generación de condiciones positivas en el entorno inmediato.

Capítulo 2. Estudio de mercado

Este capítulo crítico en la presente evaluación incluye primeramente una discusión sobre las características del producto en el mercado seguido de un análisis de la oferta y la demanda del producto, las políticas de precios y sus canales de distribución y venta.

2.1 Situación de la cerámica tradicional

Para estar al tanto de la cerámica popular en México se requiere analizarla bajo una perspectiva histórica y bajo los fuertes cambios internacionales y nacionales. Siendo esto un conjunto de factores históricos, sociales, políticos, económicos y culturales lo que da como resultado las piezas de barro que se producen en nuestros días.

Los artesanos venden sus productos en tianguis o en mercados turísticos. En los mercados especializados se tienen almacenes o tiendas de instituciones gubernamentales las cuales se dedican a la comercialización de estos productos comprándolos directamente a los alfareros. En algunas comunidades donde se ha logrado cobrar fama por su producción alfarera reciben la visita de turistas nacionales y extranjeros, estos últimos compran piezas para su colección particular y en algunas ocasiones para surtir tiendas fuera del país. Muchas comunidades destinan su producción a uno o más tipos de mercado, pero el más importante es el regional, practicado por el 98% de las poblaciones, esto debido a diversos problemas como: disminución constante de las ventas debido al aumento en el uso de productos similares a los de la alfarería, los cuales son elaborados de aluminio o de plástico y en ocasiones presencia de plomo en los productos cerámicos elemento químico que daña a la salud del ser humano.

2.2 Productos cerámicos de alta resistencia mecánica a producir

Esta microindustria producirá diferentes artículos, los cuales son utilizados en la cocina o para decorar. Estos productos son los siguientes:

- a. Ajedrez
- b. Portarretratos
- c. Floreros
- d. Ceniceros
- e. Tarros
- f. Tazas
- g. Vasos
- h. Platos soperos
- i. Platos
- j. Salseros
- k. Maceta grande
- l. Maceta mediana
- m. Baldosa tradicional

Los productos se elaboran a partir de colada por barbotina. Esta se prepara partiendo de una mezcla de arcilla-feldespatos y sílice; la arcilla es la misma que con la que se produce la terra sigillata solo que no se realiza ningún lavado a está.

Los bizcochos se refuerzan con una suspensión diluida de arcilla lavada, lo cual se muestra en la figura 6. Esta arcilla penetra dentro de la estructura del bizcocho, ya que este es muy poroso y además se le forma una película delgada sobre la superficie del mismo. Los bizcochos se refuerzan debido a que se forma la mullita, la cual tiene altas propiedades

mecánicas. La mullita es una fase cristalina la cual se forma en la arcilla lavada antes de los 1100°C.



Figura 6. Reforzamiento de biscochos con una suspensión de arcilla lavada.

Los productos tendrán dos tipos diferentes de acabado: el de terra sigillata y esmaltado. La materia prima para la elaboración de la terra sigillata es una arcilla laterítica que se encuentra en el estado de Michoacán en la Sierra de San Andrés. Esta arcilla se somete a un proceso de lavado.

El lavado consiste en procesos de dispersión y sedimentación. Las etapas del proceso de lavado se muestran en la figura 7, y son las siguientes:

- Se prepara una suspensión con arcilla y agua a una concentración baja. Esta se ajusta a un pH de 10.5 con NH_4OH para que no sedimente la arcilla.
- La suspensión se agita por 3 horas.

- Se deja reposar por 1 hora formándose 2 fases: una sobrenadante de color café claro y otra sedimentada de color café oscuro. La fase de interés es la sobrenadante la cual se separa mediante un sifón.
- Se realiza un segundo ciclo de lavado idéntico al anterior con el objeto de retirar las partículas gruesas que aún se encuentran en la fase sobrenadante. Finalmente la suspensión de la fase sobrenadante se concentra ajustando a un pH de 2.5, está se sedimenta y el agua se retira mediante un sifón.

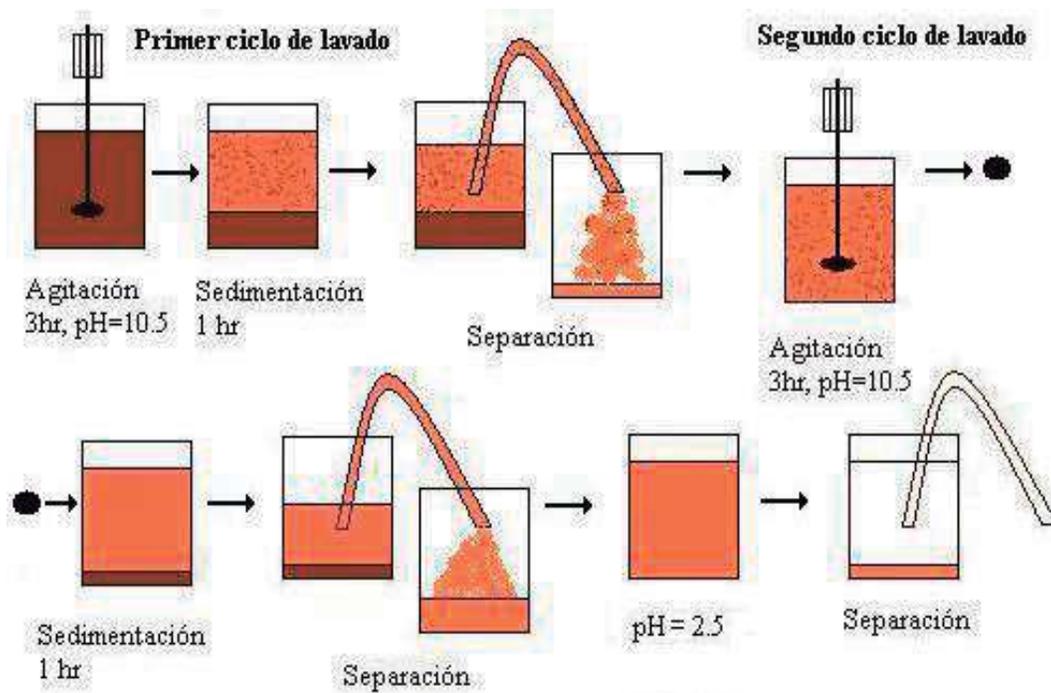


Figura 7. Proceso de lavado de la arcilla

En estudios anteriores se analizó la arcilla lavada. El tamaño promedio de partícula reportado fue de 240 nanómetros. Las fases termodinámicas observadas por difracción de rayos X son halloysita, caolinita, gibsitita y hematita, de las cuales las tres primeras son precursoras de mullita, también se reportó que estas fases están mezcladas a nivel

nanométrico. La arcilla se quemó a diferentes temperaturas (800°C – 1300°C) y se le hicieron difracción de rayos X, observándose la formación de la fase mineral mullita a los 1100°C.

La finura de partícula asegura la infiltración de la arcilla en el bizcocho además de obtener una temperatura de formación de mullita más baja. En la literatura se reporta que la temperatura de formación de la mullita a partir de caolines es de 1200°C.

2.3 Análisis de la demanda

Los productos cerámicos en general tienen muchas aplicaciones, pero en particular la cerámica tradicional mexicana se enfoca a la producción de artículos para la construcción (tabiques, baldosa, tejas, etc.), la decoración y utensilios de cocina. Para evaluar la demanda que existe en nuestro país se hizo un análisis del consumo nacional aparente (CNA) de productos cerámicos los cuales incluyen cerámica tradicional y avanzada, los datos fueron obtenidos del instituto nacional de estadística geográfica e informática (INEGI)[7] y son desde el año de 1990 hasta 1999 (figura 8). El consumo nacional aparente se define como la producción nacional más las importaciones menos las exportaciones. A partir de estos datos se observa una tendencia de aumento del CNA, para correlacionar estos datos a una función se realizaron dos tipos de regresiones: lineal y cuadrática. Así para el año 2006 comparado con el 2005 existirá un aumento de la demanda de 17,963.1 millones de pesos si los datos se comportan de acuerdo a una regresión cuadrática y 5,313.26 millones de pesos si los datos se comportan de acuerdo a una regresión lineal, desde una postura conservadora en la estimación se optará por esta última.

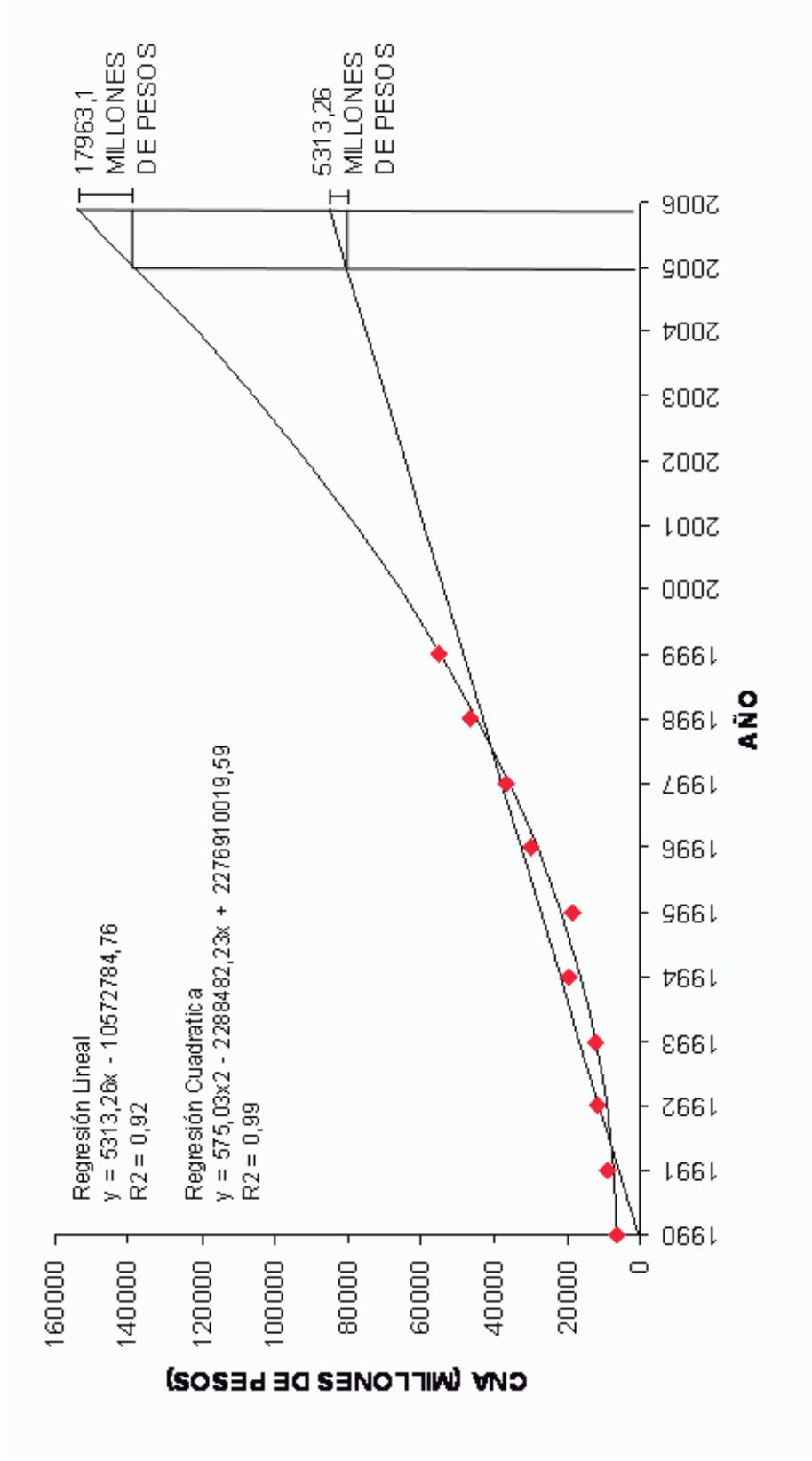


Figura 8. Consumo nacional aparente de productos cerámicos. (FUENTE: INEGI)

Para exportar productos cerámicos tradicionales es necesario que estos tengan una alta calidad; altas propiedades mecánicas y buen acabado, diversidad de productos, originalidad, contenido histórico-social y que no contengan sustancias tóxicas (plomo). Por lo que el material que se desarrolló presenta la peculiaridad de que contiene todas esas características necesarias para la exportación.

Los principales países que se interesan por esta cerámica tradicional son: Estados Unidos de Norte América, Canadá, España, Austria, Francia, Italia y Alemania. En la figura 9 se observan las exportaciones en millones de pesos por año en el período comprendido entre 1990 y 1999, se realizó una regresión lineal y se extrapolo para conocer el incremento en la demanda entre el 2006 y el 2005 obteniéndose \$2,324 millones/año, con esto se concluye que hay mercado para exportar nuestros productos.

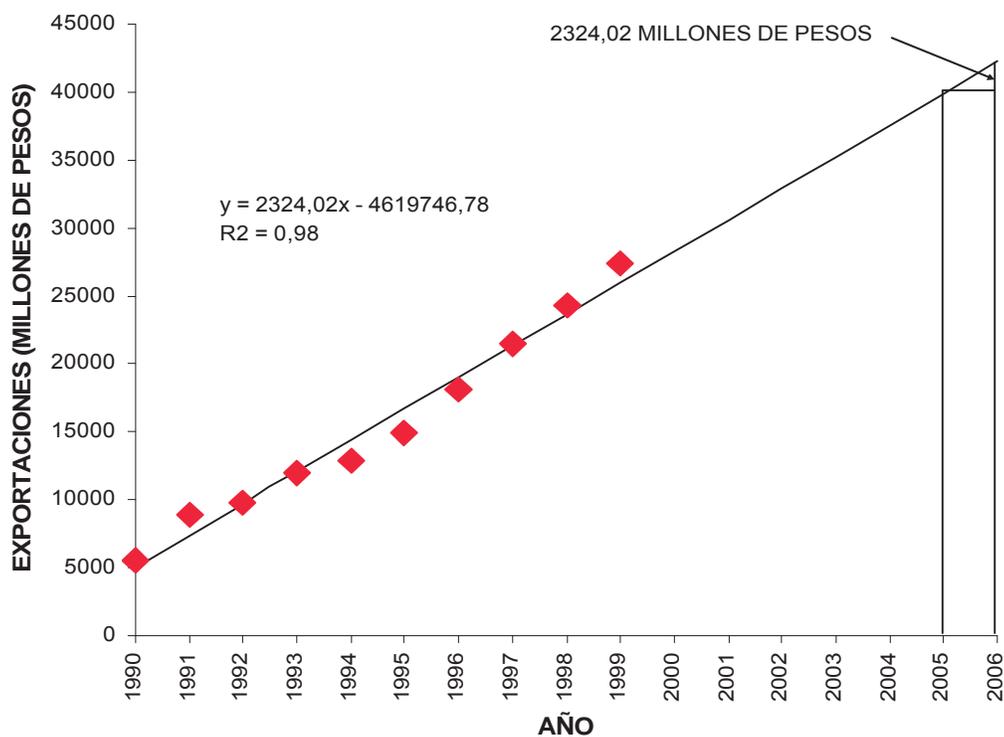


Figura 9. Exportación de productos cerámicos.

2.4 Oferta

En cuanto a los principales productores de cerámica del país, estos se pueden clasificar según la zona geográfica: los del norte, los del occidente, los del centro y los del sur y el sureste.

2.4.1. La cerámica del norte

La cerámica del norte comprende los estados de: Chihuahua, Sinaloa, Sonora, Durango, Aguascalientes y San Luis Potosí.

Chihuahua

Su principal centro productor es: Paquimé

La mayoría de las piezas que elaboran son vasijas que ellos llaman ollas, sin embargo todas las piezas tienen un carácter decorativo. Las técnicas de producción son primitivas. No utilizan el torno alfarero, sino sólo un molde base para las ollas y luego la colocación de “churros” o tiras de barro alrededor de las piezas para formar las paredes, mismas que van raspando hasta adelgazarlas a tal grado que quedan finas pero resistentes. Son elaboradas en una cochura y la quema se hace a ras de suelo, utilizando tinajas, ollas o cubetas como cámaras refractarias, lo que no impide el control del calor para un horneado parejo. El combustible es de boñiga –o excremento de res- así como leña de diferentes árboles, el álamo y el pino los más comunes.

Sinaloa

Es en general una cerámica apegada a sus más ancestrales raíces, en la que no se advierte, salvo en algunos objetos hechos en Concordia, ningún intento de modificar técnicas o diseños.

Existen sólo dos acabados: al natural y la cerámica engretada. Generalmente se modela a mano y eventualmente se usa el molde de base que se hace girar para levantar la pieza a base de churros.

El centro alfarero más importante del Estado es Concordia, cabecera municipal del mismo nombre, en donde se hace una cerámica muy variada generalmente engretada: ollas, apaxtles, platos, macetas, platonos, salseras, ceniceros.

Sonora

En la población de Álamos se elabora una alfarería ornamental y de uso cotidiano, engobada y bruñida que se distribuye en el norte del estado y aun para los Estados Unidos. Las técnicas tradicionales que consisten en modelar, engobar con óxido de fierro, llamado también almagre, y quema en hornos de tipo árabe, se han sustituido poco a poco y en la actualidad es común encontrar las mismas formas de vasijas, cántaros y platos, pero decorados con una base de esmalte y policromados.

Durango

La producción cerámica del Estado observa dos aspectos: en las zonas rurales se elaboran objetos de uso cotidiano -una gran variedad de ollas, platos y comales-, y los objetos de uso ritual -muñecos y animales rústicos con barro-; generalmente la mujer es quien trabaja la cerámica. Destaca la alfarería con aplicaciones de laca en todo el cuerpo cerámico que se realiza en la población tepehuana de Santa María Ocotán. Esta técnica es la última reminiscencia prehispánica que se conserva del uso de la laca en los terminados de la alfarería para lograr su impermeabilización.

Aguascalientes

La capital del Estado es una de las ciudades depositarias de la cerámica mayólica desde la época colonial. También allí se elabora loza vidriada tradicional para uso doméstico y una pequeña producción de cerámica de alta temperatura con decoración en azul cobalto sobre pastas cerámicas grises.

En la comunidad Rincón de Romos se elabora una loza vidriada y chorreada de singular belleza, con un engobe anaranjado y decorado con estampados de molde en forma de flor, cuadros y círculos: ollas, jarras y jarros chocolateros. También se detecta la producción de juguetería de barro hecha en algunas comunidades de la región de los valles para los días de muertos.

San Luis Potosí

En la capital del Estado se produce loza vidriada de uso cotidiano. En Ciudad del Maíz, los pames producen loza blanca al natural sin decoración, alisada y de una cochura, lo que la hace muy frágil; son básicamente cántaros para agua y grandes tinajas para almacenar granos. En Tancanhuitz, los huastecos o Tenek, producen esculturillas de barro que pueden ser quemadas o no, para ser usadas en las ofrendas; son figuras zoomorfas –tigres, venados y zorrillos– pintadas con anilinas o acrílicos industriales. En la comunidad el Venado se produce cerámica mayólica de tipo talavera.

2.4.2 La cerámica de occidente

La cerámica del occidente comprende los estados de: Jalisco, Michoacán y Colima.

Jalisco

La cerámica del Estado de Jalisco se destaca por su variedad pero también por su calidad, originalidad, decoración y su inspiración en la búsqueda de nuevas creaciones. En él se encuentran representadas desde las más modestas manifestaciones de la loza tradicional de uso cotidiano, hasta finas muestras de cerámica de alta temperatura de las de mayor calidad en el país.

Tonalá es el más importante centro alfarero del Estado, se elaboran piezas diversas entre las que destacan los jarrones y jarras bruñidas.

Michoacán

La importancia del panorama alfarero de Michoacán reside en la variedad de los materiales, las técnicas, las formas y usos de la producción. Es muy probable que tal riqueza se deba a la sólida base de la cultura indígena, representada en este caso por su cerámica prehispánica, a la dinámica producción artesanal desarrollada por el religioso Vasco de Quiroga durante la Colonia, que dejó profunda huella en su quehacer cerámico, y la presencia de las nuevas técnicas en al menos dos comunidades. Son muchas las poblaciones dedicadas a la cerámica, sin embargo hay que destacar la producción de los pueblos que rodean al lago de Pátzcuaro.

Patamban es uno de los centros alfareros más importante del Estado. Allí se identifican cuatro variantes en su cerámica: la alfarería pulida de una cochura, que se constituye básicamente por cántaros globulares para el agua. La loza “corriente”, vidriada por dentro

hasta el borde exterior del cuello, en la que destacan cazuelas y ollas de diversas formas y tamaños.

En Tzintzuntzan se trabaja una gran variedad de estilos, formas y decoración, pero destaca la cerámica vidriada que se presenta también con sus variantes.

En Santa Fe de la Laguna, otra de las comunidades alfareras de la región, destaca la cerámica vidriada, una de las más brillantes de la República. Se elaboran ollas, jarras, poncheras.

En Ocumicho, población indígena purépecha, existe una larga tradición para elaborar juguetes de barro, silbatos y alcancías que antiguamente se policromaban con anilinas y se barnizaban con aguacola, pero que con el tiempo evolucionaron hacia los esmaltes industriales.

Huáncito, otro pueblo de la zona lacustre, se elabora loza vidriada de tipo utilitaria.

Capula es una comunidad ubicada entre Morelia y Quiroga, donde se producen el barro “punteado”, cuyo peculiar estilo consiste en fondear la superficie de cada pieza a base de pequeños puntos con los que también se rellenan los cuerpos de las figuras de decoración. Se elabora todo tipo de piezas de uso cotidiano: vajillas, ollas, jarros y todo tipo de platos.

En Cocucho se elaboran enormes tinajas levantadas a mano, sin torno, de gruesas paredes, que llegan a medir hasta metro y medio. Son de una cochura y un engobe rojo quemado.

Finalmente hemos de mencionar a Zinapécuaro, población al sur del Estado que produce una gran cantidad de macetas vidriadas y chorreadas al natural y en colores destacando los verdes, amarillos y azules.

Colima

En la región del Valle, particularmente la capital del Estado, se elabora alfarería vidriada tradicional para uso doméstico, así como reproducciones prehispánicas bruñidas con engobes rojos, de las Culturas de Occidente, básicamente figuras zoomorfas.

2.4.3. La cerámica del centro del país

La cerámica del centro del país comprende los estados de: Guanajuato, Hidalgo, Estado de México, Tlaxcala, Distrito Federal, Morelos y Puebla.

Guanajuato

Los principales centros productores son Guanajuato, Dolores Hidalgo, San Luis de la Paz, San Miguel de Allende, San Felipe Torres Mochas, Silao, Irapuato, Celaya, Yuriria, Acámbaro y Coroneo. En todos ellos se produce alfarería vidriada para uso doméstico: ollas, vasijas, tinajas, tarros, cazuelas, jarras, etc. En varias poblaciones, entre las que destaca Dolores Hidalgo, se produce azulejo tradicional de mayólica con decoración de tipo colonial; también se producen losetas de barro, tejas y ladrillos.

Hidalgo

Chililico es la comunidad alfarera más importante del Estado. En sus talleres se elaboran ollas, cántaros, cazuelas, cajetes, apaxtles y alcancías de una cochura, quemadas a la intemperie en

fogatas, lo que las hace muy frágiles. La decoración sobre el color natural del barro se hace con engobes rojos oscuros o cafés.

En Chapatongo, los alfareros del grupo indígena otomí producen jarros pulqueros de barro vidriado, mientras que en San Pedro de las Ollas se elabora una cerámica, también vidriada con bellos labrados de grecas y guías florales en jarras, ollas y macetas. En Tulancingo también se producen ollas, cazuelas, jarras y jarros de barro vidriado, así como tibores y macetas de mayólica chorreada.

Estado de México

Algunos autores consideran al Estado de México como el principal productor de loza vidriada en el país. De ello dan cuenta sus numerosos centros productores: Metepec, Tecomatepec, Santa Cruz de Arriba, Valle de Bravo, Temazcalcingo y algunas comunidades mazahuas como San Jerónimo de los Jarros, por citar a los más importantes. En todos ellos se elabora la alfarería tradicional de uso doméstico como cazuelas, jarros, ollas y cántaros, que son distribuidos en los principales mercados del estado: Ixtapan de la Sal, Toluca, Ixtlahuaca, Atlacomulco y San Felipe del Progreso.

Distrito Federal

La capital del país tiene poca producción alfarera tradicional, si bien representa el mercado potencial más importante de la loza producida particularmente en los Estados circunvecinos.

No obstante cabe resaltar que en la Delegación Política de Milpa Alta se produce alfarería vidriada tradicional para uso cotidiano. Además otros pequeños talleres elaboran productos inspirados en diseños tradicionales mexicanos utilizando únicamente pasta cerámica que requiere de más de 1000 grados centígrados en el proceso de quema. Estos productos son utilitarios y reflejan el rostro urbano y cosmopolita de la ciudad.

Tlaxcala

Es otro pequeño Estado de la República en donde destaca la cerámica de Ocotlán, loza bruñida de una cochura con engobe rojizo, esgrafiado con motivos florales.

Morelos

Es uno de los Estados más pequeños del país en donde se destaca la cerámica vidriada en rojo y verde de Tlayacapan todo hecho en molde y acabado a mano en las asas.

Puebla

El Estado de Puebla tiene una vigorosa producción alfarera que contrasta por sus técnicas, estilos y formas. En la capital del Estado se elabora la famosa loza de talavera poblana, que recibe su nombre por la influencia que tiene en sus técnicas y en sus diseños de la famosa loza elaborada en la población de Talavera de la Reina en España, y cuyos alfares estaban al servicio de la Corona.

Acatlán es otra comunidad en el estado de Puebla que conserva una larga tradición alfarera. Los artesanos se dedican a elaborar productos utilitarios tales como ceniceros, jardineras, platos, tazas, apaxtles, jarros, barriles y macetas. Son de destacarse sus macetas de una cochura o quema, decorada con engobes de tierras de diferentes tonos

En Izúcar de Matamoros se produce una cerámica decorada de estilo inconfundible. Huaquechula es un pueblo de mujeres alfareras, enclavado en la mixteca poblana en donde se producen figuras de molde en barro de una cochura, decorado con anilinas.

En la población indígena Popoloca de Los Reyes Metzontla, cerca de Tehuacan, producen una cerámica engobada en rojo del árbol de “cuaxiote”, bruñida y decorada únicamente con la técnica de calado. Es tan exacta la mezcla del barro con el caolín que

permite una cerámica resistente y sin poro por lo que el agua no se filtra y sirve perfectamente para cocinar y contener los alimentos.

En Amozoc se produce loza vidriada utilitaria, semejante a la del Barrio de la Luz. Se elaboran también candelabros de barro al natural decorados con tierras sepias. Son famosas sus miniaturas de barro y alambre, decoradas con anilinas de vivos colores.

Otras comunidades productoras. En San Martín Texmelucan se elabora una rica variedad de utensilios domésticos –jarros, ollas y vasijas- de barro vidriado con decoraciones al pincel en diversos tonos de café. En San Marcos, Chignahuapan y San Miguel Tenextatiloyan se hace también cerámica utilitaria vidriada. En Tehuiztzingo se hace una alfarería similar a la de Acatlán como cántaros, cajetes, macetas y juguetes de barro.

2.4.4. La cerámica del sur y el sureste

Los estados productores de cerámica del sur y sureste son: Guerrero, Veracruz, Tabasco, Chiapas, Yucatán y Campeche.

Guerrero

El Estado de Guerrero es rico en producción cerámica, no obstante que la mayoría es de una sola cochura. Este hecho, que parecería ser una limitante para su desarrollo, es sin embargo su fortaleza cultural, ya que utilizando los materiales primigenios y primitivas técnicas de elaboración, los artesanos recurren a su imaginación y creatividad para darnos una notable muestra de formas y diseños.

Los principales centros productores del estado son Zumpango del Río, Ajuchitlán, Magdalena, Acapetlahuaya, Tiringueo, Teloloapan, Ameyaltepec, San Agustín Oapan y San

Agustín de las Flores, Tulimán, Xalitla, San Marcos, San Cristóbal, Ometepec, Tecpan de Galeana, Petatlán y Coacoyul.

En todos estos centros productores se elaboran artículos utilitarios como cajetes, platonos, macetas, ollas y jarras zoomorfas, de barro muy frágil, porque se quema a ras del suelo, usando boñiga –excremento de res- para la fogata. Son piezas modeladas a mano y profusamente decoradas en tonos sepias con perfiles negros, en las que se utilizan las tierras propias de la región.

Veracruz

Es un Estado en el que contrasta su producción cerámica: por un lado una de las más finas expresiones de la cerámica indígena en México y por el otro el trabajo de varios talleres de cerámica modernista de alta temperatura.

Destaca la juguetería de una cochura y sencilla decoración que se elabora en Santa María Tatecla, cuyo mercado más importante es Huatusco. Otros pueblos productores son San Miguel Aguasuelos, Blanca Espuma, Tantoyuca, Tampuche y el propio Huatusco. En estas comunidades el trabajo de la alfarería es fundamentalmente de las mujeres, quienes decoran sus piezas con tierras naturales, ocre y sepias.

Por lo que respecta a los talleres de cerámica de alta temperatura, éstos se encuentran en la ciudad y puerto de Veracruz, en la capital del Estado, Xalapa, y en sus alrededores; todos ellos con diseños modernistas en pastas cerámicas esmaltadas en gris, azul y blanco.

Tabasco

La cerámica en el Estado es básicamente utilitaria. La alfarería indígena que se ubica en las comunidades chontales destaca por preservar técnicas prehispánicas en su proceso de elaboración y decoración. Las comunidades alfareras más importantes son: Mecoacán en el

Municipio de Jalpa de Méndez, Olcoatitán Municipio de Nacajuca, Monte Grande Municipio de Jonuta y Vicente Guerrero, Municipio de Centla.

Chiapas

Estado que se destaca por una generosa producción alfarera, fundamentalmente indígena, que se comercializa en la misma entidad y que se identifica plenamente con una forma cultural propia.

Amatenango del Valle es un pueblo de mujeres alfareras cercano a San Cristóbal de las Casas que representa el principal centro productor del Estado, cuyo trabajo se caracteriza por la gran cantidad de cántaros, ollas, jarros y cajetes, en barro de una cochura que se presenta en dos colores, al natural, de tono marfil y el naranja, que tiene un suave engobe de tierras con ese tono. La quema o cocción se hace en fogatas a ras de suelo con leña lo que los hace sumamente frágiles y difíciles de transportar para su venta fuera del Estado. Es por ello que su principal destino se encuentra en el mercado de San Cristóbal de las Casas.

Otros centros productores importantes dentro del estado son: San Juan Chamula, Najá y Lacanhá.

Yucatán y Campeche

En la península de Yucatán hay poca producción alfarera, sin embargo es conveniente mencionar dos importantes centros en donde la cerámica ha conservado su sabor indígena. El primero es Tepakán, Campeche, en donde se elaboran cántaros de gruesas paredes, en forma ovoide con decoración de tierras rojas. El otro centro alfarero es Tikul, en Yucatán, donde se producen cántaros alisados para agua en forma de ovoide, igual que los descritos anteriormente, así como alfarería de uso doméstico en barro con engobe rojo de una cochura.

Por otro lado es conveniente mencionar la cerámica de alta temperatura que se produce en Calkiní, Campeche, en donde se elaboran vajillas, juegos de te y café. Las piezas son torneadas y de molde con decoración tradicional.

En general se deduce de los párrafos anteriores, que la cerámica ofertada (con excepción de la mayólica y de la Talavera) es de baja resistencia mecánica por lo que no resiste la transportación de grandes distancias, originando grandes pérdidas a los productores. Además no existe ofertado el acabado de terra sigillata por lo tanto no existe competencia alguna en el mercado.

2.5 Análisis de precios

El precio final de los productos cerámicos es muy variado, ya que este depende de la calidad de la pieza, la cual está en función de su resistencia mecánica, del acabado final y de su originalidad. En la tabla 1 se hace una comparación entre dos talleres uno del estado de México (Valle de Bravo) y otro del estado de Michoacán (Zinapecuaro), en la cual se puede observar una gran diferencia en el precio de venta por kilogramo de sus productos. La explicación de esto es que los artículos de valle de Bravo son de mayor calidad y originalidad por consecuencia tienen mayor valor agregado, y los vendían a \$33/Kg mientras que los de Zinapecuaro aunque su producción era 2.4 veces mayor que los de Valle de bravo su precio de venta era 11 veces menor[6].

El producto que se fabricará tendrá la misma calidad que el taller de Valle de Bravo, pero con mejores propiedades mecánicas. Por lo tanto el precio por kilogramo de producto será mayor.

Tabla 1. Comparación entre dos talleres alfareros

LOCALIDAD	AÑO	PRODUCCIÓN \$/AÑO	PRODUCCIÓN KG/MES	PRECIO DE VENTA \$/KG	UTILIDAD \$/KG	LÍNEAS DE PRODUCCIÓN
Valle de Bravo	1996	820,000	1,578	33	8	5
Zinapécuaro	1996	137,819	3,854	2.98	----	4

Los productos serán fabricados mediante colada de barbotinas y el acabado será mediante la aplicación de terra sigillata y/o esmaltado. Los productos terminados con la primera técnica tienen un gran valor agregado por su importancia cultural y su estética, es una técnica parecida al bruñido y los precios de estas piezas generalmente son 3 o 4 veces mayores que los acabados ordinarios.

En la tabla 2 se muestran los precios aproximados que existen en el mercado de los productos que se pretenden comercializar, así como las unidades al año que se van a producir. El precio promedio por kilogramo será de: \$66.32/Kg, el cual se obtuvo de dividir los ingresos totales (\$/año) entre la producción total (Kg/año).

Tabla 2. Precio aproximado de los productos en el mercado (conservador)

Líneas de producción	Peso (Kg)	Precio (\$)/unidad	Unidades/año	Kg/año	Ingresos(\$)/año
Ajedrez	2.5	600	300	750	180000
Portarretratos	0.4	50	1200	480	60000
Floreros	1	70	1000	1000	70000
Ceniceros	0.1	15	2000	200	30000
Tarros	0.5	40	3000	1500	120000
Tazas	0.2	15	3000	600	45000
Vasos	0.2	15	3000	600	45000
Platos Soperos	0.4	25	3000	1200	75000

Platos	0.4	25	3000	1200	75000
Salseros	0.2	15	1000	200	15000
Macetas Grande	5	280	2000	10000	560000
Macetas mediana	3	180	2000	6000	360000
Baldosa tradicional (m2)	2	90	1435	2870	129150
Total			25935	26600	1764150

2.6 Comercialización del producto

El objetivo de la comercialización es incidir en la demanda potencial existente, con productos de alta resistencia mecánica y estética en el acabado y por lo tanto no se tendrán competidores ya que el producto es diferente a los existentes en el mercado.

La producción va orientada al consumo en masa, pretendiendo un consumo nacional y de exportación. Para aumentar las ventas y dar a conocer el producto se hará publicidad la cual se realizara mediante, campañas publicitarias, prensa, ferias artesanales y exposiciones entre otras.

Se tendrán dos canales de comercialización, a nivel nacional se optara por el siguiente: productor-mayoristas-minoristas-consumidores.

Las ventajas de este son: Este es el canal de comercialización más utilizado para productores de cerámica tradicional, se abarca una considerable cantidad de mercado y se ahorra dinero al atender solo a mayoristas.

Las desventajas que presenta son las siguientes: El precio del producto se encarece al consumidor final esto debido a los intermediarios, en cada nivel de intermediario se cede la propiedad del artículo, mientras más intermediarios haya se perderá mas el control del producto, con lo cual el producto puede llegar muy deteriorado al consumidor.

El canal de distribución que se usará para exportar es el siguiente:

Productor-Agente-mayorista-minorista-consumidores.

Las ventajas que presenta son: Es el canal de distribución más usado para vender productos a cientos de kilómetros desde su lugar de origen a pesar de que se presentan más intermediarios y el precio del producto se encarece, en los lugares donde se distribuye existe un alto poder adquisitivo y el producto se compra. Disminuye notablemente los costos de venta de la microempresa, lo que no se lograría si únicamente se vendiera a mayoristas, ya que los agentes compran grandes volúmenes de producción

La única desventaja que presenta es que es el más indirecto debido a la cantidad de intermediarios que intervienen en él.

Capítulo 3. Estudio técnico

La metodología contemplada en el estudio técnico refleja la ingeniería del proyecto y comprende desde la determinación del tamaño y localización de la microindustria así como también las especificaciones en cuanto a la materia prima y mano de obra por utilizar.

Un aspecto fundamental en este apartado será la definición precisa del proceso de producción y el diseño del equipo contemplado. Se anexará finalmente la distribución de la planta y así como la propia sustentabilidad del proyecto.

3.1 Tamaño de la planta

Para calcular el tamaño de la planta los factores más importantes a tomar en cuenta son la demanda y la disponibilidad de dinero para la inversión. El tamaño de la planta generalmente se calcula a no más de un 10% con respecto a la demanda total ya que la demanda debe ser claramente superior a dicho tamaño de producción para que este sea aceptado y el riesgo a que el proyecto fracase sea mínimo [8]. En este caso se va a implementar una microindustria de cerámica tradicional, la demanda total estimada para este tipo de productos se calculó en el apartado 2.3 y es de \$5,313.26 millones de pesos en ventas, debido a que se trata de una microindustria el tamaño de la planta será del 0.0332 % con respecto a la demanda total lo cual corresponde a un total en ventas por \$1,764,065.58/año y esto corresponde a una producción de 26600 kg/año que es en promedio lo que se produce en los pequeños talleres alfareros.

3.2 Localización de la planta

La localización óptima es aquella que asegura la mayor diferencia entre costos y beneficios, privados o sociales es decir la mejor localización es la que permite obtener la más alta tasa de rentabilidad (criterio privado) o el costo unitario mínimo (criterio social). La localización correcta de una planta es tan importante para su buen éxito, como la selección de un buen proceso.

La localización comprende a niveles progresivos de aproximación, la elección de la región, ciudad ó área rural y el terreno preciso en que se ubicara la unidad de producción proyectada.

3.2.1 Macrolocalización

Para la macro localización se seleccionaron dos estados de la República, el estado de México y el de Michoacán. Como se observó en el análisis de la oferta existen talleres de cerámica tradicional y de alta temperatura en una gran parte del país, siendo las zonas más importantes las del centro y occidente. Un factor muy importante para la localización de un taller cerámico es que este cerca de la materia prima (arcillas), ya que al ser transportadas grandes distancias se pierde una gran cantidad de material además de que aumenta el costo de las mismas.

Nuestra materia prima la cual es una arcilla atípica con excelentes propiedades en cuanto a tamaño de partícula y refractariedad, se localiza en el estado de Michoacán por lo cual se seleccionó este como posible lugar de ubicación. Por otro lado el estado de México se seleccionó por la mayor cantidad de vías de comunicación y mayor densidad de población lo cual conduce a un mayor consumo del producto.

A continuación damos a conocer las características más importantes de cada uno de los estados seleccionados como posible lugar para establecer la microindustria.

Estado de México

Ubicación geográfica

Las coordenadas geográficas de este estado son las siguientes: al norte $20^{\circ}17'$, al sur $18^{\circ}22'$; al este $98^{\circ}36'$, al oeste $100^{\circ}37'$. Tiene una temperatura templada sub-húmeda con lluvias en verano en la mayor parte del territorio. Este estado representa el 1.1 % de la superficie del país, colinda con Michoacán, Hidalgo, Querétaro, Tlaxcala, Puebla, Morelos y Guerrero. Sus principales ríos son: Lerma, Balsas, Atoyac, Cutzamala y Moctezuma. Las presas más importantes de este estado son: la de Valle de Bravo, Villa Victoria, Huapango, Tepetitlán y Guadalupe. Las localidades más importantes del estado son: Ciudad López Mateos, Coacalco, Chalco, Chicoloapan, Chimalhuacán, Ecatepec, Naucalpan, Ixtapaluca, Metepec, Ciudad Nezahualcóyotl, Ciudad Nicolás Romero, Toluca, Cuautitlán Izcalli.

Vías de comunicación

El estado de México es paso obligado para llegar al Distrito Federal lo cual ha influido de manera favorable en su comunicación, tanto interna como externa; en él convergen y de él surgen múltiples carreteras que lo enlazan con las entidades vecinas, lo que ha fomentado el dinamismo de los diversos sectores económicos. Las carreteras más importantes con que cuenta el estado son: la carretera que comunica a la ciudad de Toluca con el Distrito Federal, las que comunican a la entidad con los estados de Puebla y Tlaxcala, la carretera que comunica la capital estatal con el estado de Michoacán, la carretera federal que atraviesa la entidad de sur a norte y la une con los estados de Guerrero y Querétaro. Son importantes también la carretera federal de cuota que une las localidades de Tepotzotlán, Soyaniquilpan y Polotitlán, así como las que comunican a la entidad con Pachuca, Tulancingo e Hidalgo, respectivamente.

Al igual que en el caso de las carreteras, las vías férreas que cruzan el estado de México salen del Distrito Federal, con excepción de las que se dirigen a Morelos. La línea ferroviaria más importante es la que parte del Distrito Federal y atraviesa el estado de este a noroeste. En la porción norte y noroeste, se localizan varias líneas que se dirigen al estado de Hidalgo, y una de ellas cambia de dirección para llegar al estado de Tlaxcala.

La entidad cuenta con aeródromos para la operación de pequeños aviones en Acolman, Bejucos, Ixtapaluca, Luvianos, Palmar Chico, PASTEJE, Salitre, San Antonio del Rosario, San Mateo, San Miguel, Santiago Amatepec, Tejupilco, Tlatlaya, Toluca y Zumpango.

Michoacán

Ubicación geográfica

Las coordenadas geográficas de este estado son las siguientes: al norte 20°24', al sur 17°55'; al este 100°04', al oeste 103°44'. Este estado representa el 3 % de la superficie del país, colinda con Jalisco, Guanajuato, Querétaro, estado de México, Guerrero, Colima y el Océano Pacífico. Tiene una temperatura cálida sub-húmeda con lluvias en verano en la mayor parte del territorio. Las localidades más importantes del estado son: Apatzingán, Ciudad Hidalgo, Lázaro Cárdenas, Morelia, La Piedad, Sahuayo, Uruapan, Zamora y Zitacuáro. Michoacán cuenta con ríos muy importantes como son: el río Balsas, Lerma, Grande-Tepalcatepec, Cupatitzio, Grande de Morelia, entre otros. Sus presas más importantes son: la presa de Infiernillo y Cointzio.

Vías de comunicación

En su porción oriental entran dos caminos importantes provenientes de la ciudad de México, el primero llega a Toluca y de ahí se adentra en territorio Michoacano, en donde pasa por Zitácuaro y Ciudad Hidalgo y arriba a la capital estatal Morelia. El segundo entra al estado por Zinapécuaro, se dirige hacia el suroeste y en su recorrido une las poblaciones de Morelia, Pátzcuaro, Villa Escalante, Ario de Rosales y La Huacana. El estado de Michoacán cuenta con una carretera que recorre a la entidad de norte a sur uniendo a ciudades como La Piedad, Purépero, Uruapan, Nueva Italia, Arteaga y Playa Azul.

Michoacán cuenta con el servicio de ferrocarril a través del cual se moviliza una amplia gama de productos de afuera hacia dentro del estado y viceversa.

La navegación aérea tiene gran importancia en el estado, actualmente cuenta con tres aeropuertos localizados en: Morelia, Lázaro Cárdenas y Uruapan.

En una de las desembocaduras del río Balsas se encuentra el puerto Lázaro Cárdenas, el cual da salida a los productos elaborados en la siderúrgica Lázaro Cárdenas-Las Truchas, además, sirve de desahogo, en parte, del movimiento de carga que se efectúa en los puertos de Manzanillo, Colima y Acapulco, Guerrero.

En la tabla 3 se enlistan los factores relevantes para la selección de la ubicación del taller cerámico. Factores directos: materia prima e insumos, mano de obra, costo de la vida, transporte, terreno, clima. Dentro de los cuales los más importantes en el costo de producción son: la mano de obra y la materia prima e insumos.

Tabla 3. Factores relevantes para la ubicación de la macrolocalización.

FACTORES EN ESTUDIO	PESO ASIGNADO	MICHOCÁN		ESTADO DE MEXICO	
		CALIFICACION	CALIFICACIÓN PONDERADA	CALIFICACION	CALIFICACION PONDERADA
DIRECTOS	0,8				
1. Materia prima E insumos	0,25				
1.1 Disponibilidad	0,13	10	1,3	5	0,65
1.2 Costo	0,12	10	1,2	7	0,84
2. Transporte	0,22				
2.1 Medios De transporte	0,11	10	1,1	10	1,1
2.2 Cercanía del mercado	0,11	9	0,99	10	1,1
3. Mano de obra	0,18				
3.1 Calidad	0,08	10	0,8	10	0,8
3.2 Costo	0,06	10	0,6	10	0,6
3.3 Facilidad del transporte de Mano de obra	0,04	10	0,4	10	0,4
4. Terrenos para construcción	0,05				
4.1 Disponibilidad De terreno	0,01	10	0,1	10	0,1
4.2 Distancia A centros urbanos	0,02	10	0,2	7	0,14
4.3 Facilidad De servicios	0,02	10	0,2	10	0,2
5. Infraestructura Industrial	0,05	5	0,25	10	0,5
6. Costo De la vida	0,03	9	0,27	9	0,27

7. Clima	0,02	5	0,1	5	0,1
INDIRECTOS	0,2				
1, Sociales	0,08				
1.1 Nivel escolar	0,06	9	0,54	10	0,6
1.2 Viviendas	0,01	10	0,1	10	0,1
1.3 Facilidades Culturales	0,01	9	0,09	10	0,1
2. Aspectos Legales	0,12				
2.1 Laborales	0,06	10	0,6	9	0,54
2.2. Fiscales	0,06	10	0,6	10	0,6
TOTAL			9,44		8,74

A partir de los resultados obtenidos en la tabla 3, se observa que la localización óptima se encuentra en el estado de Michoacán el cual obtuvo la mayor calificación, debido a que es lugar más cercano a la materia prima (arcillas) y en consecuencia el costo de está es menor.

3.2.2. Microlocalización

Dentro del estado de Michoacán se seleccionó la ciudad de Morelia para la ubicación de la microindustria de cerámica tradicional, porque es la capital del estado y por esta pasan las principales vías de comunicación para los diferentes estados de la república favoreciendo el transporte del producto hacia los lugares de venta, se encuentra cerca de los yacimientos arcillosos de donde se obtiene la materia prima, también se encuentra mano de obra calificada y con experiencia y existen terrenos aptos para la implementación de esta microindustria. En la figura 10 se muestra la ciudad de Morelia donde se observan las principales carreteras y poblaciones vecinas a está.



Figura 10. Ubicación de la ciudad de Morelia dentro del estado de Michoacán

La ciudad de Morelia se ubica en la región hidrográfica número 12, conocida como Lerma-Santiago, particularmente en el Distrito de Riego Morelia-Queréndaro. Forma parte del lago de Cuitzeo. Sus principales ríos son el Grande y el Chiquito. Sus arroyos más conocidos son la Zarza y la Pitaya. Su presa más importante es la de Cointzio, aunque cuenta con otras menores como las de Umécuaro, Laja Caliente y La Mintzita. También son importantes sus manantiales de aguas termales. El clima que predomina en la ciudad es del subtipo templado de humedad media, con régimen de lluvias en verano y lluvias invernales. La temperatura media anual es de 14° a 18° centígrados, aunque ha subido hasta 38° centígrados. Los vientos dominantes provienen del suroeste y del noroeste, con variables en julio, agosto y octubre, con intensidad de 2 a 14.5 kms. por hora. En cuanto a la infraestructura carretera la ciudad cuenta con 4 autopistas las cuales colindan con ciudades muy importantes dentro del país.

Morelia - Ciudad de México 303 Km

Morelia - Guadalajara 295 Km

Morelia – Querétaro 196 Km

Morelia – Lázaro Cárdenas 380 Km

3.3 Proceso de producción

En la figura 11 se observa el proceso de producción en el cual primero se prepara la barbotina, se vacía en los moldes de yeso donde al ser este último hidrófilico y absorber agua se empieza a forma el espesor del producto deseado, se desmolda y se pasa una esponja mojada por la superficie del cuerpo con la finalidad de quitar pequeñas imperfecciones y se aplica el engobe.

A continuación se le deja secar a la intemperie y después se realiza la primer quema a 800°C, al salir del horno la pieza, se le aplica el reforzamiento y se le da el acabado final que puede ser terra sigillata o esmaltado, se quema por segunda vez pero ahora a 1200°C para obtener el brillo adecuado en está. Por último se empaca y esta listo para ser llevado a bodega.

Para describir mejor el proceso propio de la fabricación de cerámica tradicional, se consideró conveniente presentar el diagrama de flujo de proceso mostrado en la figura 12, con el cual es posible determinar cuanto tiempo se tarda en obtener una pieza terminada. Por ejemplo para obtener una con un acabado de terra sigillata son necesarias 85.29 hrs. (3.55 días) y para un acabado de esmaltado se necesitan 86.21 hrs. (3.59 días). Con esto se podría caer en la confusión de que no es posible producir muchas piezas, pero es importante mencionar que hay etapas del proceso donde todo el turno de trabajo puede estar operando, además de que en el horno caben aproximadamente 90 piezas dependiendo del tamaño de estas y el horno puede operar todos los días quemando durante el transcurso del día y enfriándose en la noche.

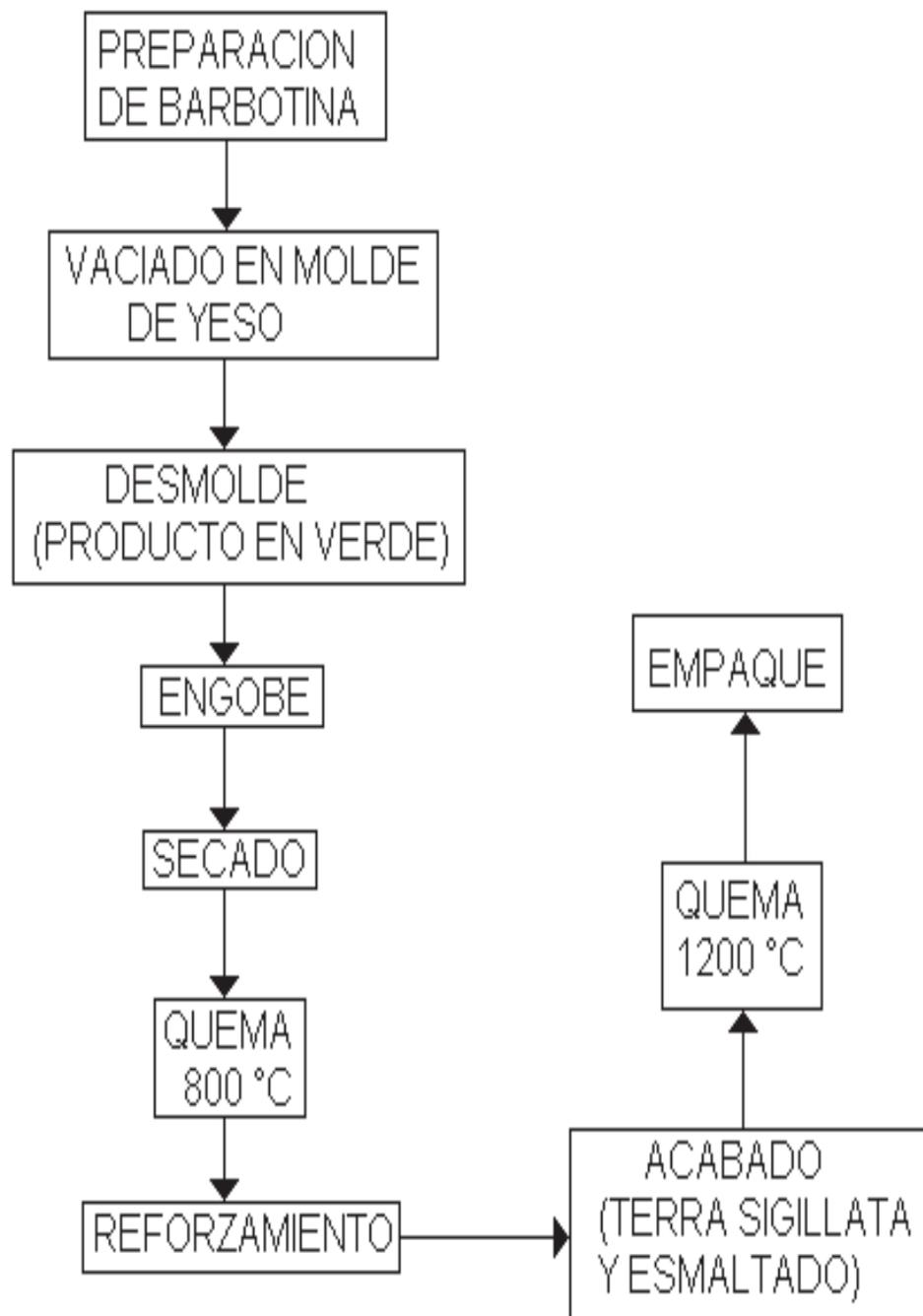


Figura 11. Diagrama de bloques del proceso de producción

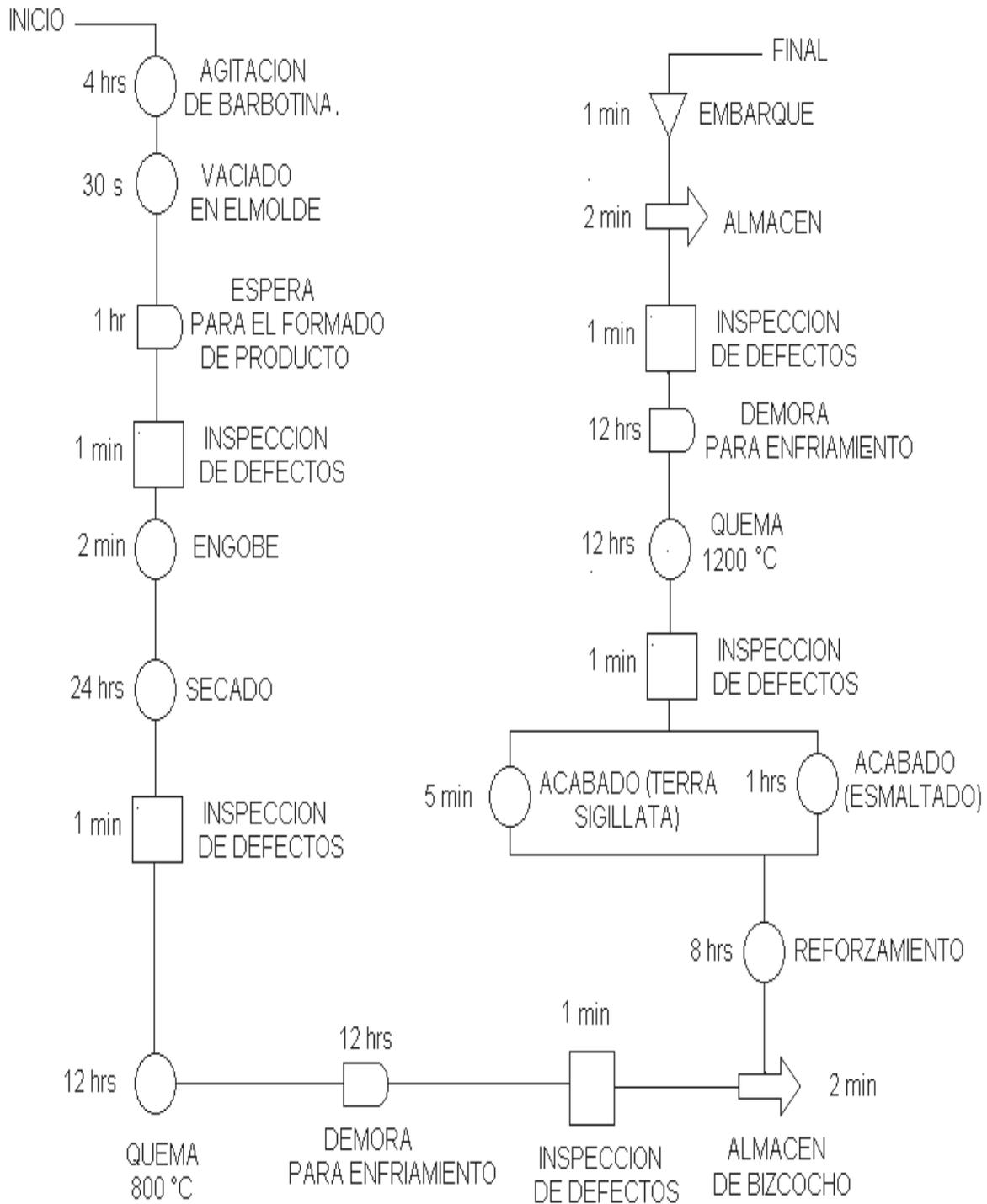


Figura 12. Diagrama de flujo de proceso

3.4 Diseño de equipo

Los equipos más importantes y de mayor costo en una microindustria de cerámica tradicional, donde la técnica de producción sea mediante colada por barbotina son: el horno y el agitador.

3.4.1 Horno cerámico

a) Consideraciones preliminares de hornos

Todos los hornos funcionan a través del desprendimiento de energía calorífica. Este desprendimiento de calor se logra a través de la combustión del combustible, el diseño del horno en sí, es una estructura para retener el calor generado por la combustión.

Existe una diferencia entre calor y temperatura; el calor es la cantidad de energía calorífica desprendida en una reacción química, una de las cuales es la combustión y se mide en calorías o en Btu, y la temperatura es el nivel de calor y se mide en grados centígrados °C o en grados Fahrenheit °F.

En los hornos estamos interesados en la generación de cantidades de calor y en la acumulación de calor para crear una temperatura elevada.

El calor puede transmitirse por uno de estos tres mecanismos: conducción, convección y radiación. En la conducción del calor a través de un sólido, la actividad molecular creciente producida por la elevación de temperatura se transmite de una molécula a otra, extendiéndose así a través del cuerpo que se está calentando. En un sólido el calor va desde las partes de temperatura alta a las partes de temperatura baja. La cantidad de calor que pasa por conducción a través de una barrera depende de distintas variables:

- El área de la superficie conductora. Cuanto más grande sea esta, más calor se transmitirá.
- El grueso del material conductor.
- La diferencia de temperatura entre las dos caras del sólido conductor.
- El tiempo transcurrido durante la conducción.
- La naturaleza del material.

La segunda manera en que puede transmitirse el calor es por convección. En este caso un líquido o gas se mueve porque ha sido calentado y transmite su calor a cualquier cosa. Tiene lugar un movimiento real de materia. En el caso de los hornos la convección se produce cuando los gases calientes se trasladan a través del horno transmitiendo algo de su calor a las superficies que entran en contacto con ellos.

La tercera forma en que el calor se transmite de un cuerpo a otro es por radiación. El calor genera ondas electromagnéticas que viajan a través del espacio por mecanismos aún poco conocidos.

Estos tres mecanismos, por los cuales el calor se transmite de una sustancia a otra, tienen importantes aplicaciones en el diseño del horno. Aunque la convección es el mecanismo más importante de la transmisión de calor en los hornos, el calor se transmite también por radiación a todas las partes del interior del horno. Cuando las zonas cercanas a la fuente de calor se vuelven incandescentes, estas zonas dan calor por radiación a otras superficies. De esta manera el calor va de una superficie a otra y de un objeto a otro.

Para lograr temperaturas elevadas en el horno es necesario introducir más calor del que se pierde, debido a que el calor transmitido por convección y radiación en el interior de horno escapa a través de la chimenea y algo a través de las paredes, al suelo y techo del horno. Realmente un horno desde el punto de ingeniería, puede considerarse como una máquina de muy bajo rendimiento, porque muy poca energía calorífica gastada se utiliza en calentar la

cerámica misma. Según Norton, [9] el balance de calor de los hornos más eficientes es el siguiente:

Calor útil aplicado a la cerámica	20%
Calor perdido en el enfriamiento	18%
Calor perdido a través de la chimenea	36%
Calor perdido a través de las paredes	18%
Calor almacenado en las paredes	14%
Calor utilizado en la evaporación de la humedad	8%
Combustión incompleta del combustible	6%

La madera hasta tiempos relativamente recientes ha sido el combustible principal para la alimentación de hornos, tiene la ventaja de estar casi universalmente disponible, es relativamente fácil de dividir en el tamaño unitario deseado, quema rápidamente con llama larga y contiene poco azufre y otros elementos que pueden hacer daño al vidriado. Cuando se utiliza la madera como combustible se tiene que diseñar un “hogar” para esta, comúnmente se encuentra al lado exterior del propio horno. En el interior del hogar se coloca una parrilla de barrotes comúnmente hechos de hierro fundido o arcilla los cuales están espaciados entre 5 y 7 centímetros. La madera se apila sobre la parrilla y los trozos de abajo se queman primero, las cenizas caen a través de la parrilla permitiendo que la madera de encima caiga hacia abajo, hasta la parrilla, donde se enciende y quema. Las maderas que son excelentes combustibles son: el pino, el abeto y el álamo.

El gas es el combustible ideal para los hornos porque quema fácilmente y no necesita espacios muy grandes para almacenarse. Es relativamente barato y puede utilizarse en quemadores sencillos y baratos.

El quemador de gas más sencillo es el quemador atmosférico requiere una presión de gas de por lo menos 170 gr/cm², aunque para hornos grandes de 0.5 m³ o más, es deseable una presión superior a 230 gr/cm².

Otro tipo de quemador es el de aire forzado el cual proporciona una excelente mezcla aire-gas con un buen control en su proporción, pero son sensibles en su manejo y cualquier ligero cambio de ajuste, bien sea del gas o del aire pueden producir una diferencia considerable en la atmósfera del horno y en la velocidad de la subida de la temperatura.

El quemador de gas de presión cero o quemador aspirante funciona bajo un principio opuesto al quemador atmosférico; el gas es arrastrado por el aire en lugar de viceversa. El quemador de presión cero es raramente utilizado en pequeños hornos de cerámica pero es útil en los hornos industriales.

Debido a las variables implicadas es difícil estimar la cantidad de combustible que necesita cualquier horno. Un horno de gas de 0.84 m³ puede quemar aproximadamente 28 m³ de gas natural por hora, y para cocer a una temperatura de 800°C puede necesitar de 200 a 225 m³.

Estas cifras son sólo aproximaciones. Factores tales como la construcción del horno, el tipo de quemadores, la altura de la chimenea, la atmósfera de cocción, el método de colocación de la cerámica, y la velocidad de cocción afectarán al consumo de combustible.

Para retener el calor, el horno debe construirse de materiales que sean suficientemente refractarios de modo que no se produzcan su fusión, agrietamiento o reblandecimiento y sean suficientemente aislantes para reducir al mínimo la pérdida de calor, pocos materiales tienen tales cualidades.

Los óxidos puros que pueden considerarse útiles como refractarios a temperaturas muy altas (arriba de 1800°C) son: Al₂O₃, MgO, BeO, CrO₂ y ThO₂. Sin embargo estos óxidos puros son escasos y los refractarios para uso comercial se hacen principalmente de rocas y minerales compuestos de ellos que se encuentran en la naturaleza.

El material refractario más útil y uno de los más abundantes es la arcilla. El caolín puro o caolinita ($\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) tiene un punto de fusión de 1785°C .

Las propiedades deseables en los ladrillos refractarios son la densidad, resistencia, tamaño de partículas bien graduado, resistencia al agrietamiento cuando se calientan o enfrían, resistencia al desportillado, resistencia a los ácidos o a los efectos corrosivos de la quema de combustibles y dimensionamiento exacto.

La American Society for Testing Materials (ASTM) ha establecido las cuatro clases de ladrillos refractarios siguientes:

Servicio superior: CPE. 33-34. Estos ladrillos se hacen con normas exactas para las aplicaciones más exigentes en las calderas, bóvedas, hornos metalúrgicos y forjas.

Servicio a alta temperatura. CPE. 32-32.5, Útiles para todas las aplicaciones incluso las más severas.

Servicio intermedio. CPE. 28-31. Adecuados para utilizar en condiciones de temperatura y esfuerzos moderados tales como estufas, caldera y hornos.

Servicio a baja temperatura. CPE 15. Utilizados corrientemente como ladrillos de respaldo o para aplicaciones sometidas a pocos esfuerzos, tales como albañilería de hogares.

Los ladrillos están graduados según el factor “K”, (ver tabla 4) por ejemplo los ladrillos K-16 se usan generalmente sólo como hiladas de respaldo aislantes, detrás de un ladrillo más refractario. Los ladrillos K-20 son adecuados para hornos que funcionen solamente en el rango de temperatura del barro cocido; Los K-23 son útiles marginalmente en hornos para lozas pero si las cocciones exceden mucho de 1200°C pueden producirse deformaciones y fusiones superficiales. Los ladrillos K-26 son ideales para los hornos de cerámica de alta temperatura y resistirán cocciones arriba de 1200°C ; pueden utilizarse como recubrimiento interior del horno o para toda su estructura. Los ladrillos K-30 están diseñados para temperaturas corrientemente más allá de la de los hornos de cerámica y su uso se limita a

situaciones especiales en las que se justifica un alto costo (y propiedades aislantes relativamente menos eficaces).

Tabla 4. Temperatura máxima de servicio de los ladrillos aislantes

Tipo de ladrillo	K-23	K-26	K-28	Ladrillo refractario de alta temperatura
Temperatura máxima de servicio °C	1260	1450	1538	1550

En la figura 13 se muestra algunas de las formas disponibles de los ladrillos refractarios normales. La forma básica es el ladrillo recto, el ladrillo rasilla y el de pastilla son medios ladrillos y ahorran al albañil el tener que partir ladrillos, las figuras de arco y cuña se utilizan para las bóvedas, los sesgados se hacen para formar estribos de distintos ángulos.

b) Mobiliario y carga del horno

Los estantes y postes que se muestran en la figura 15 son el mobiliario más eficaz para la carga del horno, el ceramista puede hacerse sus propios estantes; estos deben ser altamente refractarios. El material ideal para estantes es el carburo de silicio y debido a que son algo frágiles deben ser manejados con cuidado, el calentamiento y enfriamiento lentos prolongarán largamente la vida de los estantes de horno.

Además de los estantes y postes se han desarrollado otros utensilios para la carga del horno como espuelas, cuchillas y puntas que se utilizan para mantener la cerámica separada del estante, evitándose así que el vidriado del fondo de las piezas se peque. Las espuelas tocan a la superficie vidriada solamente con una punta aguda dejando en esta una marca difícilmente apreciable, que se elimina fácilmente por abrasión.

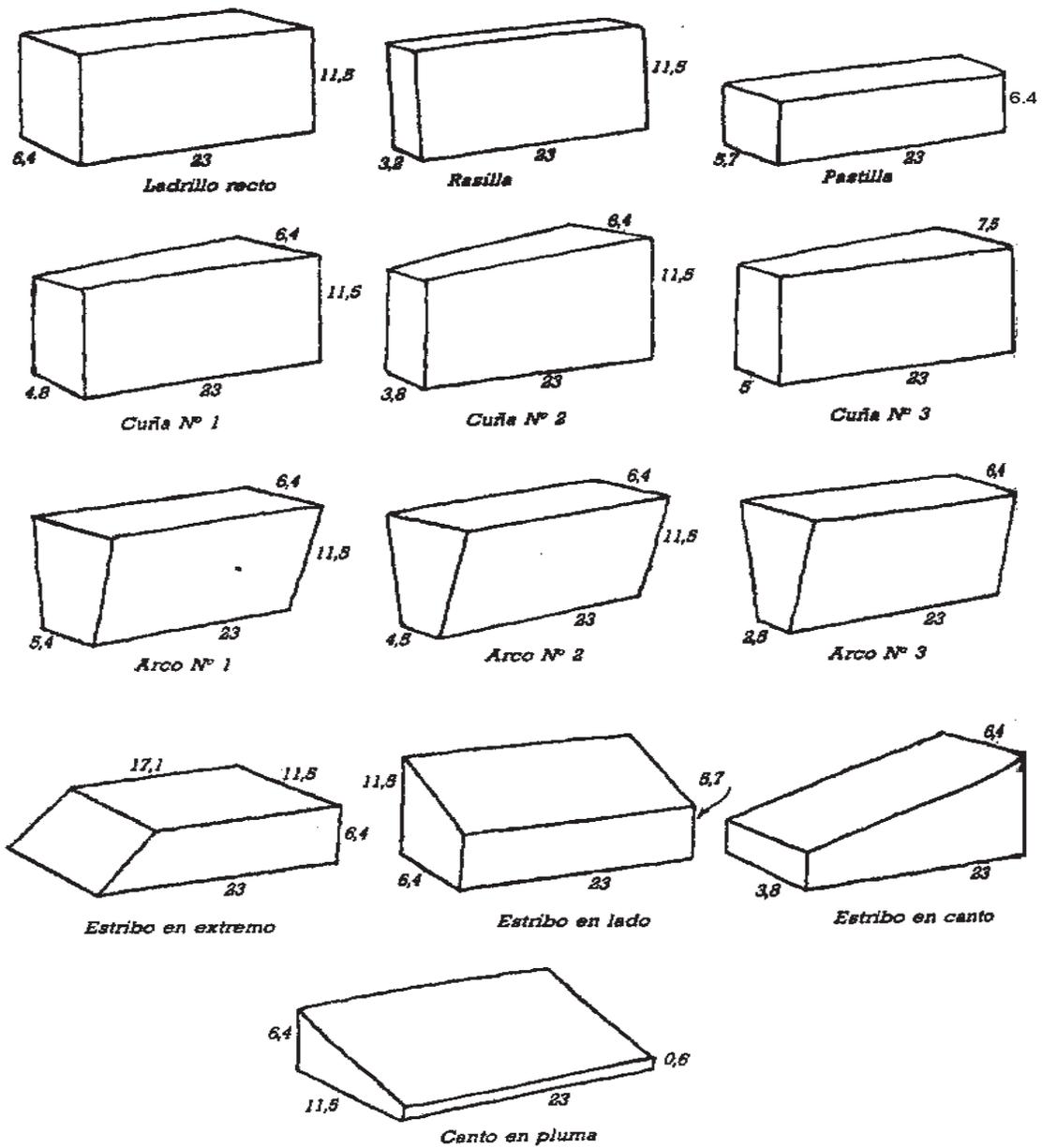


Figura 13. Formas estandarizadas de ladrillos refractarios

Es muy difícil calcular el número de piezas que puede contener un horno debido a que no son de un mismo tamaño ni forma, por lo cual el número de piezas que se coloquen en un horno así como la forma de distribuir las dentro de él, se hará en base a la experiencia del ceramista.

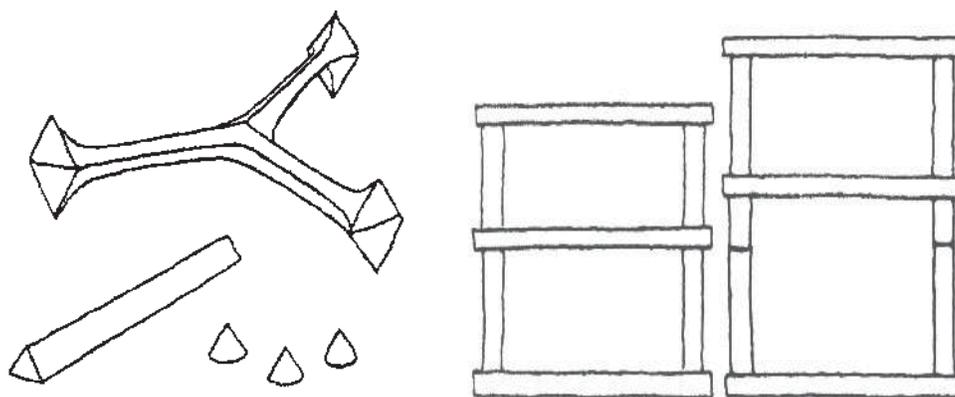


Figura 14. Accesorios para separar la carga dentro del horno

El diseño de hornos ha sido más un arte que una ciencia. Hay misterios e incertidumbres relacionados con él, históricamente el horno tomó formas que facilitaban la circulación del calor y concentración en la cámara de cocción.

El diseño de hornos se basa fuertemente en el conocimiento y experiencia de los diseños que han tenido éxito en el pasado, por lo que primeramente se tiene que estudiar los hornos existentes del tipo que necesitamos y basar nuestro diseño en un prototipo con éxito.

Una característica del diseño que comparten casi todos los hornos con éxito, es la forma sencilla y compacta ya que se calentará más eficazmente y habrá menos desigualdades de temperatura en la cámara. Un horno bien diseñado permite a los gases fluir fácilmente a su través, desviándolos justo lo suficiente para llevar a cabo el máximo intercambio de calor entre el combustible quemado y la carga.

Las principales determinantes del diseño del horno son el tipo de combustible a quemar, el tipo de quemador y la disposición de la circulación dentro del horno, obviamente, hay demasiadas variables implicadas para hacer posible especificar todos estos aspectos del diseño con exactitud, pero en la tabla 5 se dan estimaciones de los tamaños de los conductos, chimenea y número de quemadores para distintos tamaños de hornos de gas.

Tabla 5. Dimensiones críticas de los hornos de gas.

Tamaño del Horno (m ³)	Número de quemadores	Sección del conducto de humos (cm ²)	Sección de la chimenea (cm)	Altura de la chimenea (m)
0.28	4	290	23*23	3.65
0.56	6	420	23*23	4.86
0.84	6	523	23*23	6.00
1.40	8	774	34*34	6.00

c) Diseño del horno

Como se analizó ya anteriormente, el diseño del horno se basa fuertemente en el conocimiento y experiencia de los diseños que han tenido éxito en el pasado y las principales determinantes del diseño son el tipo de horno, el tipo de material con el que se construirá, el tipo de combustible a quemar, el tipo de quemador y la disposición de la circulación dentro del horno. Por lo tanto para el diseño del horno nos basaremos en las estimaciones dadas anteriormente.

En la figura 15 se muestra el diseño del horno, el cual será de tiro invertido en forma rectangular el cual permite perfiles óptimos de temperatura en la cámara del horno.

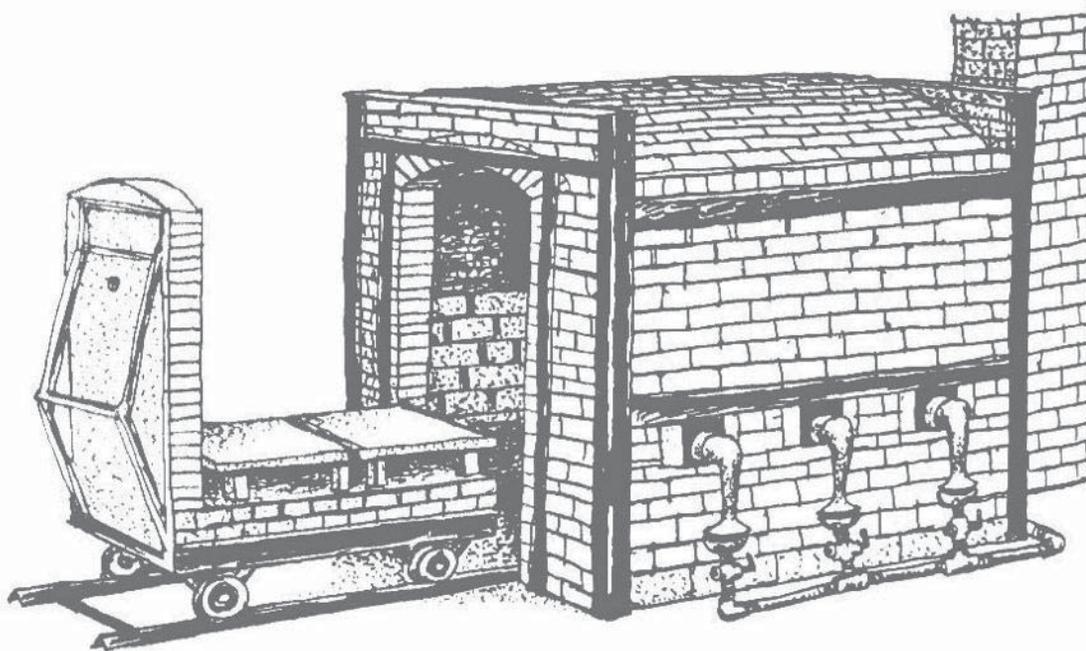


Figura 15. Horno cerámico de tiro invertido

En la parte interna del horno habrá una pared de ladrillos aislantes K-26 con la finalidad de retener el suficiente calor en la cámara del horno y lograr así una temperatura de aproximadamente 1200°C . Detrás de esta pared se coloca un muro de respaldo formado por ladrillos refractarios K-23 con la finalidad de aumentar la retención de calor. Ambos ladrillos tienen las siguientes dimensiones: 3.2 cm de ancho, 23 cm de largo y 11.5 cm de alto.

Para proteger los dos muros anteriores y evitar grandes pérdidas de calor a través de las paredes es necesario colocar un tercer muro de ladrillos refractarios K-20 con las siguientes dimensiones: 6.4 cm de ancho, 23 cm de largo y 11.5 cm de alto.

Por último se coloca una pared de ladrillos K-16, de las mismas dimensiones que el K-20, simplemente para darle estructura al horno. En la figura 16 se muestra una vista transversal del horno, en la cual se observa los distintos ladrillos refractarios que se van a utilizar.

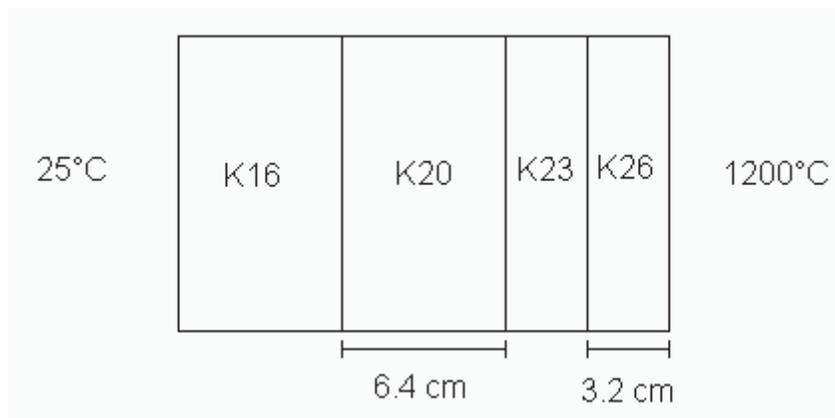


Figura 16. Vista transversal de la pared del horno.

El combustible con el que funcionara el horno es gas LP y en cuanto a las dimensiones se escogió un tamaño de la cámara de 1.6 m³ (1.23 x 1.23 x 1.07 m) con el cual se obtiene la producción deseada y además esta sobrado aproximadamente en un 30% dando oportunidad de aumentarla en caso de ser necesario. Los quemadores a emplear serán ocho de tipo atmosférico con lo cual se garantiza una buena distribución de calor dentro del horno.

En la figura 17 se muestra el quemador atmosférico a utilizar el cual consiste en un tubo de hierro fundido (A), en el cual se introduce el gas a través de un pequeño orificio (B). El flujo de gas se controla por una válvula (C). Cuando el gas entra en el tubo arrastra aire a través de las aberturas (D) y el gas y el aire se mezcla a medida que avanzan a través del tubo, quemándose a la salida. El tubo está formado con un estrechamiento justo más allá del punto en el que llega el gas, llamándose venturi a esta disposición. El estrechamiento produce un aumento de la velocidad en la corriente de gas y se crea un ligero vacío aspirando aire en el quemador.

La cantidad de aire se controla ajustando la posición de la placa redondeada (E). El extremo del tubo puede equiparse con un extremo de hierro fundido resistente al calor (F). El ajuste del aire y el gas pueden producir la llama oxidante neutra o reductora que se desee.

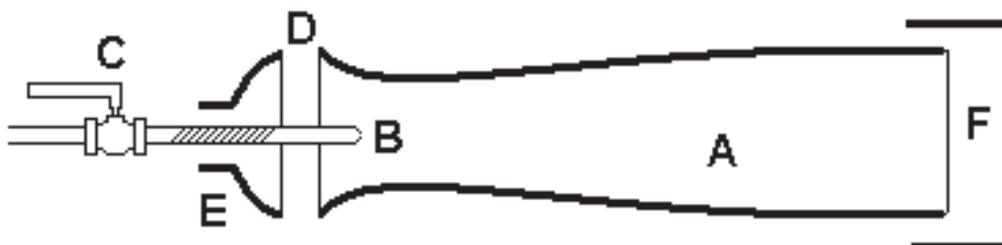


Figura 17. Quemador de gas atmosférico

3.4.6 Agitador

El agitador el cual se usará para preparar las suspensiones se muestra en la figura 18, y estará provisto de un motor y un tanque. El diseño del tanque se realizó mediante un método corto reportado por Peters [10]. La capacidad del tanque es de 120 litros, el diámetro de este debe ser igual al nivel del líquido por lo tanto:

$$v = \frac{\pi D^2 h}{4}$$

Donde:

v = volumen del tanque

D = diámetro del tanque

h = altura del tanque

Sustituyendo D=h y despejando D se tiene:

$$0.12 \text{ m}^3 = \frac{\pi D^3}{4}$$

$$D=h = 0.53 \text{ m}$$

La altura del tanque se calculará un 15% mayor, lo cual es: $H = 0.61\text{m}$

El diámetro del agitador= $D/3 = 0.18 \text{ m}$

El nivel desde el agitador hasta el fondo es= $D/3 = 0.18 \text{ m}$

El espesor del agitador= $D/15 = 0.035 \text{ m}$

Y se usarán 4 baffles verticales con un espesor= $D/10 = 0.053 \text{ m}$

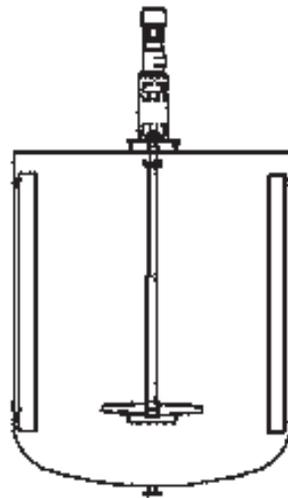


Figura 18. Agitador para preparar suspensiones

3.4.7 Calculo de la potencia del motor

Para una completa dispersión de partículas en un tanque, es generalmente asumido que la potencia por unidad de volumen es constante. Weisman y Efferding[11] encontraron que:

$$\frac{P}{V_T} = 0.092 g v_\infty \frac{D_T}{D_a} \left(\frac{1-\varepsilon}{\varepsilon} \right)^{\frac{1}{2}} \exp \left(5.3 \frac{H_a}{D_T} \right) (\rho_s - \rho_l)$$

Donde: P es la potencia (W), VT es el volumen del tanque (m³), g es la constante de aceleración de la gravedad (m/s²), v₈ es la velocidad calculada a máxima turbulencia (m/s), DT es el diámetro del tanque (m), Da es el diámetro del agitador (m), e es debido al desplazamiento del líquido por las partículas del sólido, Ha es la altura desde el agitador hasta el fondo, ρ_s y ρ_l son la densidad del sólido y del líquido respectivamente.

V₈ se calcula de la siguiente manera:

$$V_\infty = \left[\frac{4}{3} \frac{g d_o}{f d} \left(\frac{\rho_s - \rho_l}{\rho_l} \right) \right]^{\frac{1}{2}}$$

Donde: d_o es el diámetro promedio de las partículas (m) y fd es el factor de fricción.

Cuando Re es mayor de 500 el flujo alrededor de cada partícula de sólido muestra la máxima turbulencia, entonces el factor de fricción fd es independiente de Re y aproximadamente igual a 0.44. El diámetro promedio de las partículas es de 200 μ y la densidad promedio del sólido es de 3000 kg/m³, las suspensiones se hacen en agua cuya densidad se tomara constante e igual a 1000 kg/m³.

$$V_\infty = \left[\left(\frac{4}{3} \right) \frac{(9.81)(200 \times 10^{-6})}{0.44} \left(\frac{3000 - 1000}{1000} \right) \right]^{\frac{1}{2}} = 0.109 \text{ m/s}$$

La densidad promedio a partir de las fracciones en peso se calcula de la siguiente manera:

$$\frac{1}{\rho_{sl}} = \sum_{i=1}^n \frac{x_i}{\rho_i} = \frac{0.6}{3000} + \frac{0.4}{1000}$$

$$\rho_{sl} = 1666.67 \text{ kg/m}^3$$

Mientras que el desplazamiento del líquido por las partículas del sólido, e se calcula de la siguiente manera:

$$\varepsilon = \frac{\rho_s - \rho_{sl}}{\rho_s - \rho_l} = \frac{3000 - 1666.67}{3000 - 1000} = 0.67$$

Sustituyendo los datos anteriores se tiene que:

$$\frac{P}{V_T} = (0.092)(9.81)(0.109) \frac{0.53}{0.18} \left(\frac{1 - 0.67}{0.67} \right)^{\frac{1}{2}} \exp \left(5.3 \frac{0.18}{0.53} \right) (3000 - 1000)$$

$$\frac{P}{V_T} = 2460$$

$$P = 2460 * 0.12 \text{ m}^3 = 295.2 \text{ W} = 0.295 \text{ KW} = 0.4 \text{ HP}$$

Eso sería para 120 Lt., pero si la microindustria aumenta su producción es necesario aumentar la capacidad de este por lo cual se usara un motor de 1HP.

3.5 Distribución de la planta

En la elaboración de un proyecto es muy importante indicar la forma en que serán distribuidas las distintas áreas de trabajo ya que esto nos permite realizar la operación más económica y trabajar en condiciones óptimas de seguridad y bienestar para los trabajadores.

La distribución de la planta se realizó por el método “SLP (systematic layout planning)” que es uno de los métodos con mayor flexibilidad al proponer distribuciones con base en la conveniencia de cercanía entre los departamentos con lo cual se reduce al mínimo posible el tiempo ocioso de la mano de obra y equipos.

El procedimiento realizado para el método SLP fue el siguiente:

- Se construyó una matriz diagonal que se muestra en la figura 19, anotando el nombre del correspondiente departamento y área que ocupa.
- Se llenan cada uno de los cuadros de la matriz (diagrama de correlación) con la letra del código de proximidades que se considere más acorde con la necesidad de cercanía entre los departamentos.
- Se construye un diagrama de hilos (figura 20) el cual debe coincidir con el de correlación en lo que se refiere a la proximidad de los departamentos, el diagrama de hilos de hecho ya es un plano, éste se considera la base para proponer la distribución.

La distribución propuesta es óptima cuando las proximidades coinciden en ambos diagramas y en el plano de la planta (figura 21).

La simbología utilizada en la elaboración del diagrama de hilos y la matriz diagonal es la siguiente.

- 
A *Absolutamente necesaria*

- 
O *Ordinario o normal*

- U** *Sin importancia*

- 
X *Indeseable*

En la figura 19 se muestra la matriz diagonal, con cada una de las áreas de proceso, no se incluye el área de sanitarios que es de 9 m² y el área de oficina que es de 20 m², mientras que el área de preparación de barbotina y el área colada y engobe es la misma, así mismo el área de bodega de bizcocho, empackado y bodega de producto están juntas es por eso que solo se puso el área al primer departamento en orden de aparición.

	Departamento	Area m ²	
1	Recepción de material	85	A
2	Almacén	24	A O
3	Preparación de Barbotina	36	A O X
4	Colada, engobe		A U X
5	Secado	26	A X U U X
6	Horno	12	A U U U O X
7	Bodega de bizcocho	26	A U U U U
8	Acabado, reforzamiento	32	A U U U U
9	Empacado		A U O
10	Bodega de producto		A

Figura 19. Área de proceso (matriz diagonal)

En la figura 20 se muestra el diagrama de hilos que se emplea en el método SLP, el cual coincide con la matriz diagonal (figura 19) en lo que se refiere a la proximidad de los departamentos. El diagrama de hilos de hecho ya es un plano por lo que se considera la base para proponer la distribución de la planta.

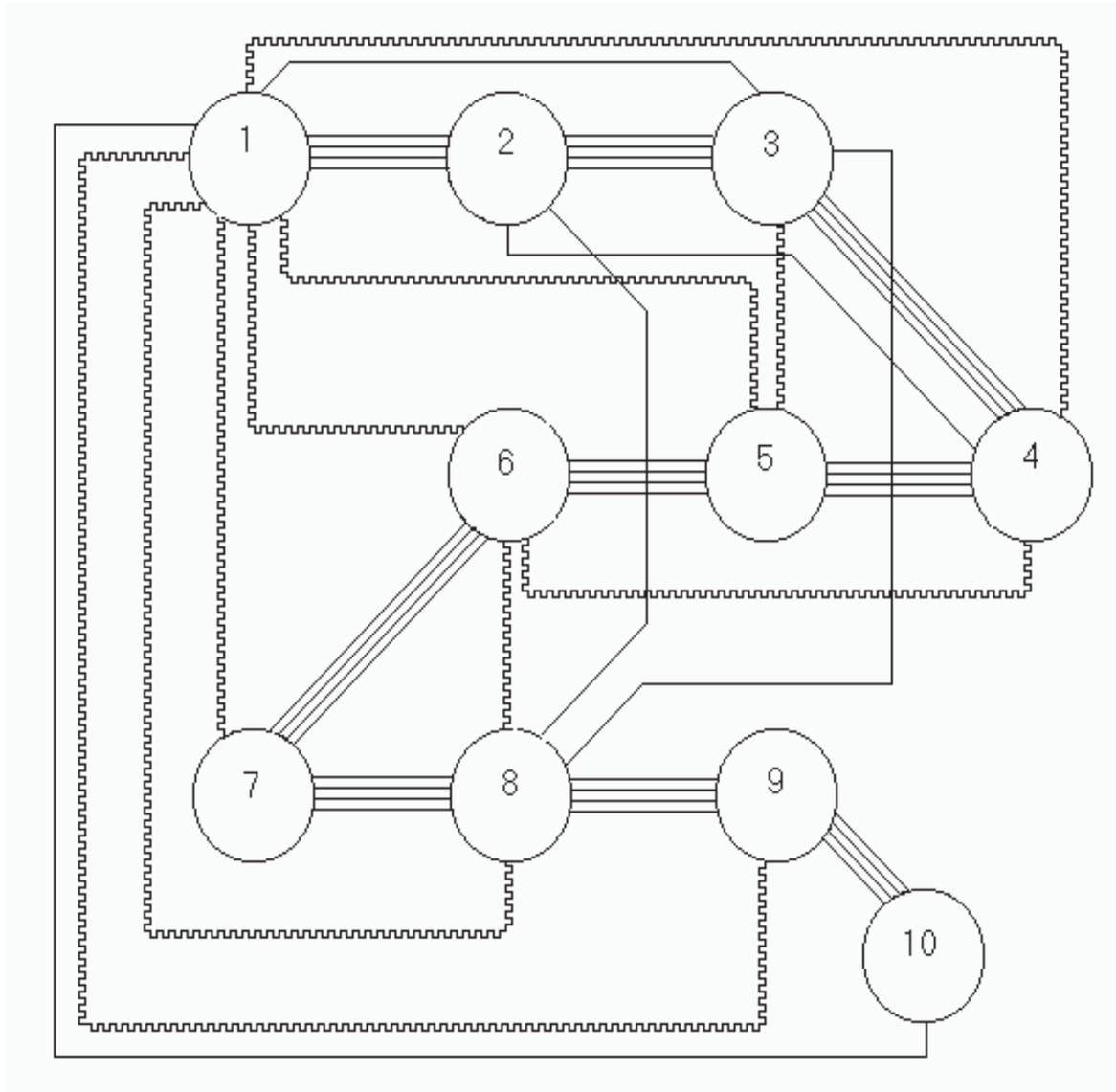


Figura 20. Diagrama de hilos

En base a la información obtenida a partir de las figuras 19 y 20, en la figura 21 se muestra el acomodo óptimo de las áreas de trabajo, así como el área total del terreno (270 m²) requerida para instalar la microindustria de cerámica.

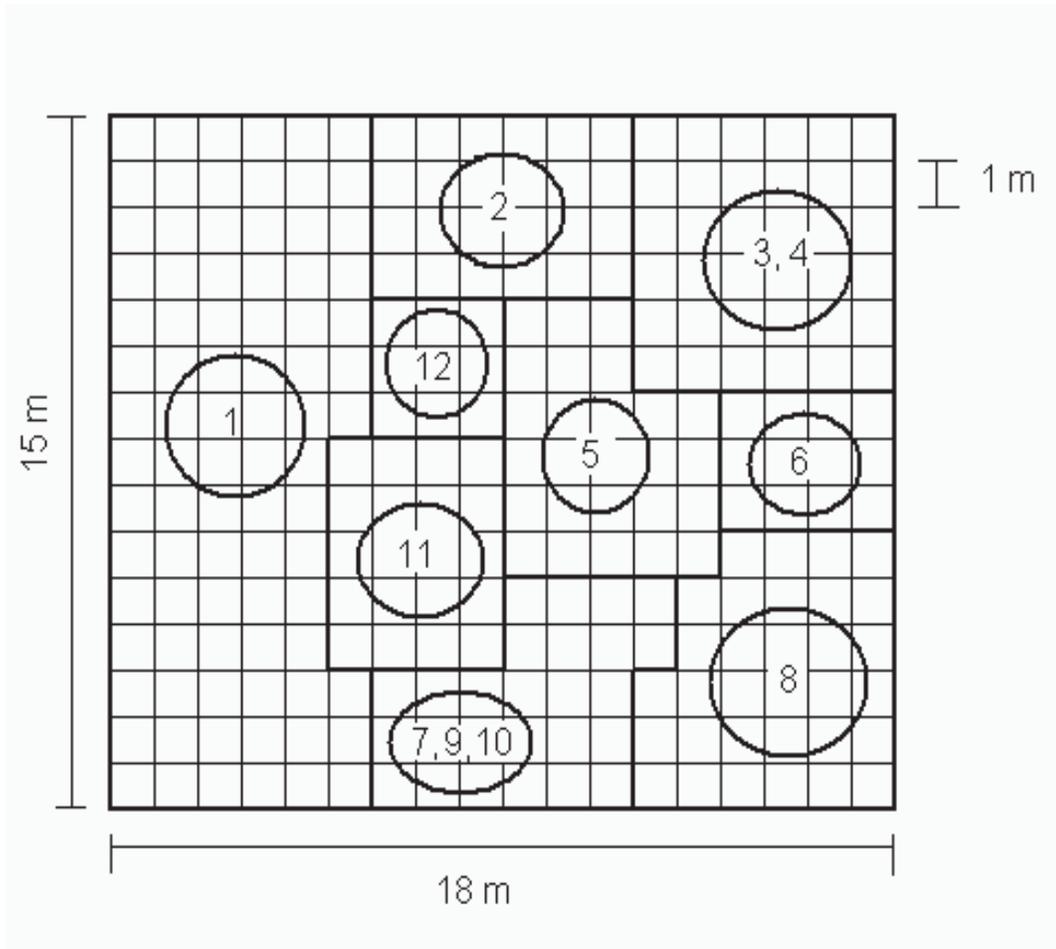


Figura 21. Distribución de la planta

3.6 Estructura administrativa

Para la realización de este proyecto y su puesta en marcha se necesita el diseño de una estructura que permita la acción conjunta y coordinada de un sin número de elementos materiales, humano y financieros al fin de alcanzar el objetivo propuesto.

La estructura administrativa “modalidad de coordinación” responde a las necesidades del proyecto y la de tipo “lineal” a su operación, por que la microindustria en cuanto a las necesidades del proyecto continuara creciendo conforme la demanda crezca y en cuanto a su operación la autoridad y responsabilidad viajan en forma directa. En la figura 22 se muestra la estructura esquemática.

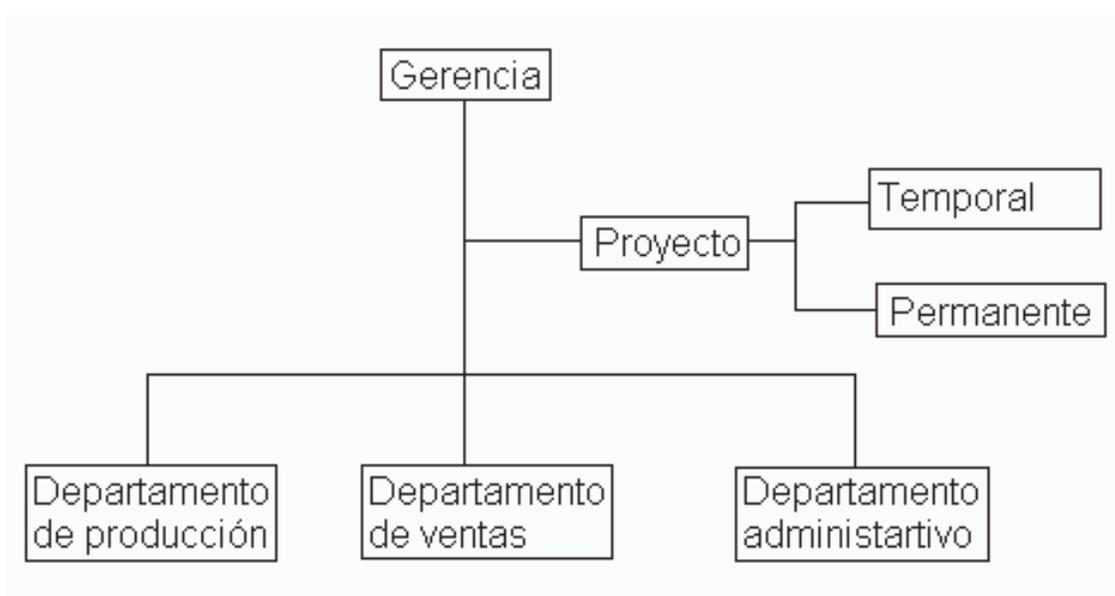


Figura 22. Estructura administrativa del taller cerámico.

3.7 Programa estimado de obras.

El objetivo del programa estimado de obras presentado en la tabla 6, pretende prever una serie de problemas que se pudieran presentar en la etapa del montaje y anticiparnos a posibles soluciones, además de organizar el plan preliminar de funcionamiento hasta llegar a la capacidad normal que pretendemos tener, tratando de que la transición entre la etapa de construcción y la operación normal sea paulatina cuidando de no mantener ociosa parte de la inversión durante periodos largos, ya que esto significa el aumento en el costo e intereses desde el montaje hasta su funcionamiento.

Tabla 6. Programa estimado de obras.

ACTIVIDAD	MESES DEL AÑO											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Compra del terreno	X											
Ingeniería Del proyecto	X	X										
Regularización de documentos legales	X	X										
Construcción del edificio		X	X	X	X							
Compra del Equipo				X	X							
Entrega del equipo						X						
Montaje del equipo							X	X				

Compra de materia prima								X				
Entrega de materia prima								X				
Compra de mobiliario de oficina								X				
Entrega de mobiliario de oficina								X				
Selección de personal								X				
Promoción del producto	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Puesta en marcha									X	X	X	X

Capítulo 4. Factibilidad económica.

4.1. Costos y gastos

Materia prima

El material básico que se empleara en el proceso de la fabricación de cerámica tradicional reforzada esta constituido por los siguientes materiales: Arcilla, feldespato, silica, colorantes (esmaltes), aditivo (defloculante), HCl (ácido muriático), hidróxido de amonio (NH₄OH) y agua. Las tres primeras materias primas se consiguen en yacimientos arcillosos cercanos a la ciudad de Morelia, cuyo costo depende practicamente del transporte de estas el cual es de \$5.50/Kg. El costo de las demás materias primas se ha obtenido directamente del distribuidor y se muestran en la tabla 7.

Tabla 7. Costo de la materia prima

MATERIA PRIMA	COSTO
Arcilla	\$5.50/Kg
Feldespato	\$5.50/Kg
Sílica	\$5.50/Kg
Rutilo	\$14.10/Kg
Oxido de hierro	\$14.50/Kg,
Aditivo (defloculante)	\$30/kg
HCl	\$10/lt
NH ₄ OH	\$120/lt
Agua	\$2/m ³

El costo para producir artículos mediante colada por barbotina es el siguiente:

Costo de la materia prima

0.6 kg de arcilla/kg de producto * \$5.5/kg de arcilla +
0.35 kg de feldespato/kg de producto * \$5.5/kg de arcilla +
0.05 kg de sílica/kg de producto * \$5.5/kg de arcilla +
0.52 kg de agua/kg de producto * \$2/m³ de agua*1m³/1000kg = **\$5.50/kg de producto.**

Otros materiales

Los principales insumos en la fabricación de producto mediante colada por barbotina es: defloculante (el cual se utiliza para aumentar la estabilidad de la suspensión), reforzante, esmalte y material para producir Terra Sigillata.

Costo del defloculante por kilogramo de producto

0.0076 kg de defloculante/kg de producto * \$30/kg de defloculante = **\$0.228/kg de producto**

Costo del reforzante por kilogramo de producto

Costo por gramo del reforzante:

0.00462 kg de arcilla/0.462 grs. de material reforzante * \$5.5/kg de arcilla +
25ml de HCl/0.462 grs. de material reforzante * \$10/1000 ml de HCl +
5 ml de NH₄OH/0.462 grs. de material reforzante * \$120/1000 ml +
1 Lt de agua/0.462 grs. de material reforzante * \$2/1000 Lt de agua =

\$1.9/grs de material reforzante.

0.3 gr de reforzante/1 Kg de producto terminado * \$1.9/ gr de material reforzante = **\$0.57/Kg de producto terminado**

Costo del esmalte por kilogramo de producto

Existen diversos óxidos para formar una gran variedad de colores en los materiales cerámicos, en este caso utilizaremos dos de estos los cuales son: el óxido de rutilo y óxido de hierro.

100 gr de óxido/1 kg de producto terminado*\$14/kg de óxido =
\$1.4/ kg de producto terminado

Costo del material para producir Terra Sigillata

1.5 gr de reforzante/1 Kg de producto terminado * \$1.9/gr de material reforzante
= **\$2.85/Kg de producto terminado**

La Terra Sigillata o el esmalte son los materiales con que se les da el acabado a las piezas por lo cual se supondrá que el 50 % de las piezas serán bruñidas y las otras serán esmaltadas:

$(\$2.85/\text{Kg de producto terminado} + \$1.4/\text{kg de producto terminado})/2 =$
\$1.78 Kg de producto.

Costo de la energía eléctrica por kilogramo de producto

El costo de la energía eléctrica esta prácticamente en función de un agitador cuya potencia es de 0.746 KW.

$$0.746 \text{ Kw} * 8 \text{ hrs/día} * 330 \text{ días/año} * 1/12 \text{ meses} = 164.12 \text{ Kw-hr/mes}$$

$$\$1.00/\text{Kw-hr} * 164.12 \text{ Kw-hr/mes} = \$164.12/\text{mes}$$

$$(\$164.12/\text{mes}) / (2214 \text{ kg de producto/mes}) = \mathbf{\$0.074/\text{kg de producto}}$$

Costo del combustible por kilogramo de producto

El combustible que se utilizará es gas LP, del cual se usan 100 kg de gas LP/quema.

$$100 \text{ kg de LP/quema} * (11943 \text{ Kcal/1 kg de LP}) = 1,194,300 \text{ Kcal/quema}$$

$$1,194,300 \text{ Kcal/quema} * (1 \text{ lt de LP}/6592 \text{ Kcal}) * \$4.62/\text{lt de LP} * 1 \text{ quema}/92 \text{ kg}$$

$$\text{de producto} = \mathbf{\$9.1/\text{kg de producto}}$$

Costo de mano de obra directa.

En la tabla 8 se desglosa la mano de obra directa, como se puede ver se necesitan seis obreros para desempeñar los distintos puestos que van desde preparar las suspensiones hasta el almacenamiento del producto terminado. Solamente se requerirá de un obrero calificado en el terminado de piezas debido a que es la única parte del proceso en la cual se requiere tener cierta experiencia.

Tabla 8. Costo de mano de obra directa

Puesto	Núm. De plazas	Sueldo (\$/mes)	Sueldo (\$/año)
Preparador de suspensiones	1	3000	36000
Desmoldadores	2	3000	72000
Terminador de piezas	1	3200	38400
Auxiliar de terminado de piezas	2	3000	72000
Almacenista	1	3000	36000
Total		15,200	254,400

Costo de mano de obra indirecta

En la tabla 9 se desglosa la mano de obra indirecta, el gerente general tiene a su cargo la supervisión de toda la microindustria y trabajara en conjunto con el encargado de ventas para promover la adquisición de los productos. El supervisor de producción se encargará de todo lo relacionado con el proceso productivo mientras que el contador tendrá a su cargo la parte legal de la empresa, el pago a los trabajadores, el pago de impuestos, etc, y la secretaria será auxiliar de todos los departamentos.

Tabla 9. Costo de mano de obra indirecta

Puesto	Núm. De plazas	Sueldo (\$/mes)	Sueldo (\$/año)
Gerente general	1	8000	96000
Supervisor de producción	1	6000	72000
Encargado de ventas	1	6000	72000
Contador	1	5000	60000
Secretaria	1	3000	36000
Vigilante	2	3000	72000
Total		31,000	408,000

Costos de venta y distribución

En la tabla 10 se muestran los costos de venta y distribución, para el cálculo de estos fueron tomados en cuenta los gastos de oficina y los viáticos y representaciones.

Tabla 10. Costo de venta y distribución

Concepto	Costo (\$/mes)	Costo (\$/año)
Gastos de oficina	2000	24000
Viáticos y representaciones	4000	48000
Total	6,000	72,000

4.2 Volumen de Producción

La capacidad de producción instalada se incrementará paulatinamente tal como se muestra en la tabla 11, con la finalidad de que las personas encargadas del proceso productivo se familiaricen con éste y adquieran la capacitación indispensable para un mejor desempeño y logro de objetivos.

Debido a que el proceso productivo no es muy complicado, se cree conveniente que el primer año se opere a un 85% de la capacidad instalada lo cual corresponde a 22,581.36 Kg e incrementarlo un 10% para el siguiente año y así a partir del tercer año se operaría al 100 de la capacidad instalada lo que equivale a 26,566.30 kg/año.

Tabla 11. Aprovechamiento de la capacidad instalada

AÑO	PRODUCCIÓN (Kg/AÑO)	APROVECHAMIENTO DE LA CAPACIDAD INSTALADA (%)
1	22581.36	85
2	25237.99	95
3	26566.30	100
4	26566.30	100
5	26566.30	100

4.3 Inversión total capital

El cálculo de la inversión total de capital se realizó por el método porcentaje del costo del equipo para un proyecto nuevo reportado por el Peters [10], para un proceso del tipo sólido-fluido.

En la tabla 12 se observa que se requiere una inversión total de capital de \$717,600 para poner en marcha la microindustria de cerámica, de los cuales \$446,840 se invertirán en activos fijos tangibles y \$148,304 en activos intangibles además de esto se requieren de \$122,456 para el capital de trabajo.

4.4 Costos de producción

En la tabla 13 se muestran los costos de producción para cuando la planta opera a un 85%, 95% y 100%. Como se puede ver los costos de producción se van incrementando cuando se aumenta el volumen de producción. Por lo tanto los costos variables que dependen de manera directa del volumen de producción como: la materia prima, otros materiales, la electricidad y

combustible, se incrementarán conforme aumenta el volumen de producción. Por el contrario los costos fijos (indirectos) permanecen constantes ya que estos no dependen del volumen de producción. Finalmente se puede ver que los costos que más afectan a los costos de producción es la mano de obra directa e indirecta.

4.5 Punto de equilibrio

El cálculo del punto de equilibrio se realizó con la finalidad de encontrar el punto mínimo de producción al que debe operarse la microindustria de cerámica para no incurrir en pérdidas. En la figura 23 se presentan distintos volúmenes de producción con los cuales se calcularon los costos variables, los costos fijos y los costos totales para cada uno de ellos, localizándose el punto de equilibrio en un volumen de producción por año de 16,500 Kg. Debido a que la microindustria pretende producir 22,609.41 Kg para el primer año, de la gráfica del punto de equilibrio se concluye que se van a tener un amplio margen de utilidades.

4.6 Análisis económico del proyecto

El análisis económico del proyecto se elaboró tomando en cuenta una inflación del 10% debido a que al menos en México el costo de operación no permanece constante por varios años ya que es un país que padece de inflación y devaluación monetaria año con año.

TASA MINIMA ACEPTABLE DE RENDIMIENTO (TMAR)

La TMAR es una tasa mínima de ganancia que un inversionista le pediría a una propuesta de inversión y se define como:

$$\mathbf{TMAR = i + f + if}$$

Donde: i = premio al riesgo y f = inflación, lo que significa que el inversionista debe tener una ganancia tal que compense los efectos inflacionarios y una sobretasa por arriesgar su dinero en determinada inversión. Por lo regular el premio al riesgo oscila entre un 10 y 15 % dependiendo del proyecto en que se va a invertir. Para este proyecto el premio al riesgo es del 12%, por lo tanto:

$$\mathbf{TMAR = 12 + 10 + 12 * .1 = 23.2 \%}$$

Tabla 12. Inversión total de capital.

COSTO DIRECTOS	PORCENTAJE DEL COSTO DEL EQUIPO	COSTO (PESOS)
COSTO DEL EQUIPO	100	239200
TERRENO	48	100000
INSTALACION DEL EQUIPO	9	21528
INSTALACION DE SISTEMAS ELECTRICOS	2	4784
CONSTRUCCION (INCLUYENDO SERVICIOS)	29	69368
INSTALACION DE SERVICIOS	5	11960
TOTAL DE COSTOS DIRECTOS (ACTIVOS FIJOS TANGIBLES)	193	446840
COSTOS INDIRECTOS		
INGENIERIA Y SUPERVISION	16	38272
GASTOS DE CONSTRUCCION	7	16744
GASTOS LEGALES	4	9568
HONORARIOS DE CONTRATISTAS	15	35880
CONTINGENCIAS	20	47840
TOTAL DE COSTOS INDIRECTOS	62	148304
INVERSION DE CAPITAL FIJO	255	595144
CAPITAL DE TRABAJO (15% DE LA INVERSION TOTAL DE CAPITAL)	45	122456
INVERSION TOTAL DE CAPITAL	300	717600

Tabla 13. Costos de producción (\$/año) respecto al volumen de producción

CONCEPTO /AÑO	1	2	3
% DE LA PRODUCCIÓN TOTAL	85	95	100
VOLUMEN DE PRODUCCION (KG/AÑO)	22609.41	25269.34	26599.30
MATERIA PRIMA (\$/AÑO)	124351.728	138981.343	146296.15
OTROS MATERIALES (\$/AÑO)	58287.0461	65144.3456	68572.9954
ELECTRICIDAD (\$/AÑO)	1673.09597	1869.93079	1968.3482
COMBUSTIBLE (\$/AÑO)	205745.586	229950.949	242053.63
MANO DE OBRA DIRECTA (\$/AÑO)	254400	254400	254400
TOTAL DE COSTOS DIRECTOS	644457.455	690346.567	713291.124
DEPRECIACION AMORTIZACION (\$/AÑO)	35042.8	35042.8	35042.8
MANTENIMIENTO (\$/AÑO)	4784	4784	4784
SEGUROS E IMPUESTOS DE LA PLANTA (\$/AÑO)	7176	7176	7176
RENTA (\$/AÑO)	11960	11960	11960
VENTA Y DISTRIBUCION (\$/AÑO)	72000	72000	72000
MANO DE OBRA INDIRECTA (\$/AÑO)	408000	408000	408000
TOTAL DE COSTOS INDIRECTOS	538962.8	538962.8	538962.8
COSTOS DE PRODUCCIÓN (\$/AÑO)	1183420.26	1229309.37	1252253.92
COSTO UNITARIO (\$/KG)	52.341946	48.6482675	47.0784541

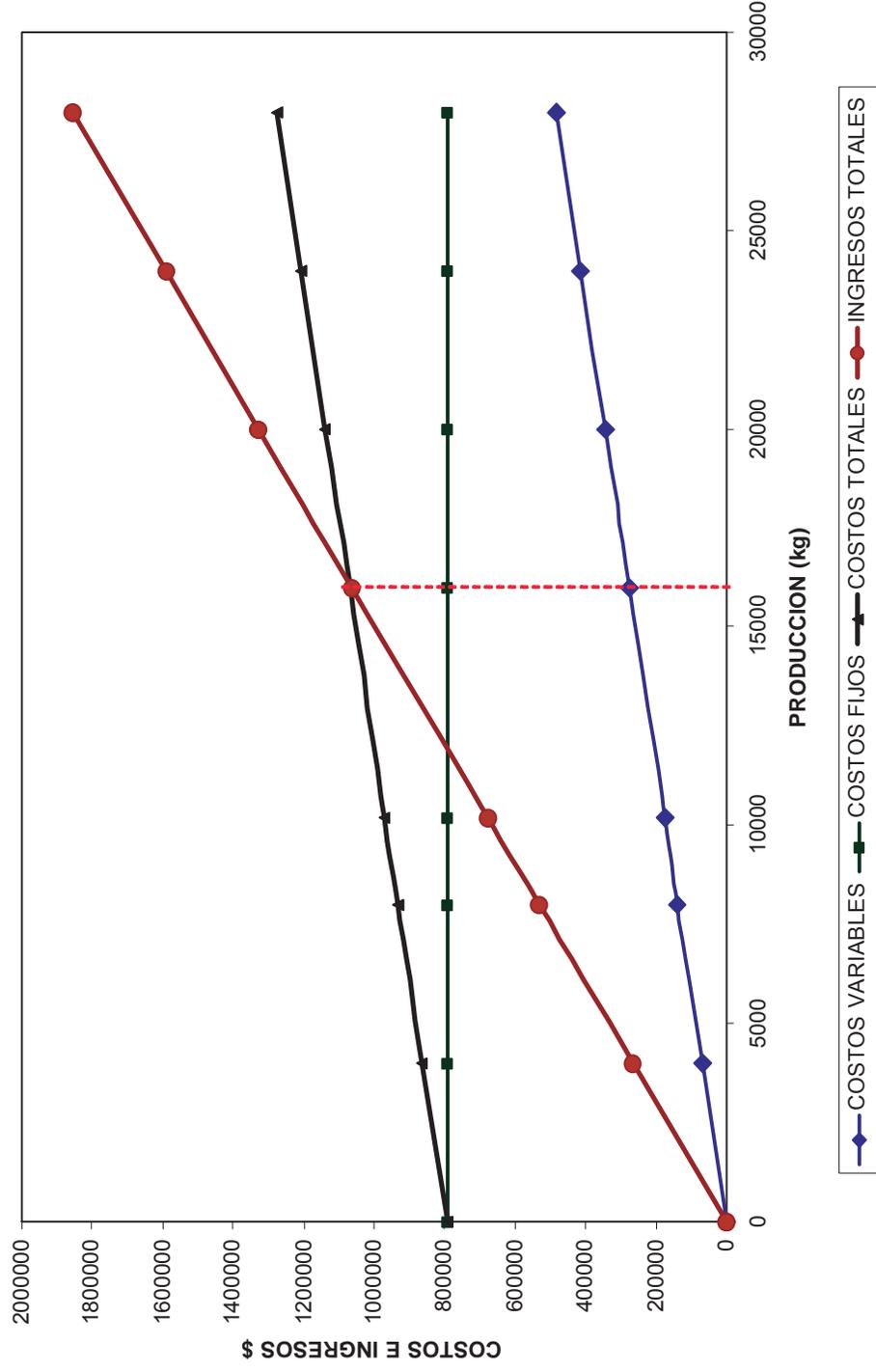


Figura 23. Determinación del punto de equilibrio

4.7 Estado de resultados

En la tabla 14 se muestra el estado de resultados el cual es de mucha utilidad ya que nos permite obtener los flujos netos de efectivo (FEN) y estos sirven para realizar la evaluación económica.

Tabla 14. Estado de pérdidas y ganancias tomando en cuenta una inflación =10%

AÑO	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	VS
CONCEPTO												
INGRESOS	-717,600	1649401.31	2027793.38	2347971.28	2582768.41	2841045.25	3125149.78	3437664.75	3781431.23	4159574.35	4575531.79	
COSTOS DE PRODUCCION		1301762.28	1487464.33	1666749.97	1833424.97	2016767.47	2218444.21	2440288.63	2684317.50	2952749.25	3248024.17	
INGRESO GRAVABLE		347639.03	540329.05	681221.31	749343.44	824277.78	906705.56	997376.12	1097113.73	1206825.10	1327507.61	
ISR (35%)		121673.66	189115.17	238427.46	262270.20	288497.22	317346.95	349081.64	383989.81	422388.79	464627.67	
RUT (10%)		34763.90	54032.90	68122.13	74934.34	82427.78	90670.56	99737.61	109711.37	120682.51	132750.76	
UTILIDAD DESPUES DE												
ISR		191201.47	297180.97	374671.72	412138.89	453352.78	498688.06	548556.87	603412.55	663753.81	730129.19	
(+ DEPRECIACION)		35042.80	35042.80	35042.80	35042.80	35042.80	35042.80	35042.80	35042.80	35042.80	35042.80	
FEN		226244.27	332223.77	409714.52	447181.69	488395.58	533730.86	583599.67	638455.35	698796.61	765171.99	
FEN (DEFLACTADO)		205676.61	274565.10	307824.58	305431.11	303255.23	301277.16	299478.91	297844.13	296357.98	295006.93	134684

Para calcular el VPN se utiliza la tasa mínima atractiva de rendimiento (TMAR) calculada ya anteriormente. Se sumaron todos los flujos deflactados y se restaron a la inversión inicial, es evidente que para aceptar el proyecto las ganancias deberán ser mayores que los desembolsos, por lo tanto el VPN tiene que ser mayor de cero.

$$VPN = -717600 + \frac{205676.61}{(1+23.2)^1} + \frac{274565.10}{(1+23.2)^2} + \frac{307824.58}{(1+23.2)^3} + \frac{305431.11}{(1+23.2)^4} + \frac{303255.23}{(1+23.2)^5} + \frac{301277.16}{(1+23.2)^6} + \frac{299478.91}{(1+23.2)^7} + \frac{297844.13}{(1+23.2)^8} + \frac{296357.98}{(1+23.2)^9} + \frac{295006.93+134684}{(1+23.2)^{10}}$$

$$VPN = 344,734.84$$

El VPN que se obtuvo después de realizar los cálculos fue de:\$344,734.84 lo que indica que se obtienen ganancias a lo largo de los diez años de estudio, por un monto igual a la TMAR aplicada más el valor del VPN. Por lo tanto el proyecto es aceptable.

La tasa interna de rendimiento (TIR) es la tasa que iguala la suma de los flujos descontados a la inversión inicial.

$$-717600 = \frac{205676.61}{(1+i)^1} + \frac{274565.10}{(1+i)^2} + \frac{307824.58}{(1+i)^3} + \frac{305431.11}{(1+i)^4} + \frac{303255.23}{(1+i)^5} + \frac{301277.16}{(1+i)^6} + \frac{299478.91}{(1+i)^7} + \frac{297844.13}{(1+i)^8} + \frac{296357.98}{(1+i)^9} + \frac{295006.93+134684}{(1+i)^{10}}$$

$$TIR = 36.27 \%$$

El criterio de aceptación que emplea el método de la TIR es que está debe de ser mayor a la TMAR fijada anteriormente. En este caso la TIR tiene un valor de 36.27% el cual es mayor a 23.2% (TMAR), lo que significa que la inversión es económicamente rentable. En este caso el proyecto debe aceptarse.

4.8 Análisis de sensibilidad

El análisis de sensibilidad se realizó para determinar cuánto se afecta la TIR ante una disminución en el precio de venta del producto o un aumento en el costo de producción.

4.8.1 Efecto de la disminución del precio de venta en la TIR

En la figura 24 se grafica la tasa interna de rendimiento respecto al porcentaje de disminución del precio de venta, en esta gráfica se puede observar que el proyecto seguiría siendo rentable si el precio de venta disminuye de \$66.32/kg a \$59.82/Kg lo equivalente a una disminución del precio de venta igual al 9.8%. Es importante recalcar que con esta disminución se tendría una ganancia igual a la TMAR, pero si el precio de venta disminuyera más de este porcentaje el proyecto dejaría de ser rentable.

4.8.2 Efecto del aumento en el costo de producción en la TIR

En la figura 25 se grafica la tasa interna de rendimiento respecto al porcentaje de aumento en los costos de producción. En esta gráfica se puede observar que el proyecto seguiría siendo rentable si los costos de producción aumentarán de \$1,252,253.92/año a \$1,421,308.2/año lo equivalente a un aumento en el costo de la producción del 13.5%, aunque las ganancias que se

tendrían serían iguales a la TMAR. Por lo tanto si el costo de producción aumentará más del 13.5% el proyecto dejaría de ser rentable.

4.8.3 Efecto del porcentaje de financiamiento sobre la TIR

En muchas ocasiones para la puesta en marcha de una industria o microindustria se tiene la necesidad de solicitar capital en préstamo a alguna institución financiera con el objeto de cubrir un porcentaje de la inversión fija total. El análisis económico del proyecto con financiamiento se realizó teniendo en cuenta lo anterior con la finalidad de ver como se afecta la TIR ante el porcentaje de financiamiento.

En este caso la TMAR del proyecto cambia ya que intervienen el inversionista y la institución financiera y cada uno de estos tiene su propia tasa mínima atractiva de retorno, por lo tanto el cálculo de la TMAR para el proyecto con financiamiento se realiza de la siguiente forma:

$$\text{TMAR INVERSIONISTA} = i + if + f$$

$$\text{TMAR INSTITUCION FINANCIERA} = \text{Interés (25\%)}$$

$$\text{TMAR PROYECTO CON FINANCIAMIENTO} =$$

$$X * \text{TMAR INSTITUCIÓN FINANCIERA} + (1 - X) * \text{TMAR INVERSIONISTA}$$

Donde X= porcentaje escrito en forma de fracción del financiamiento.

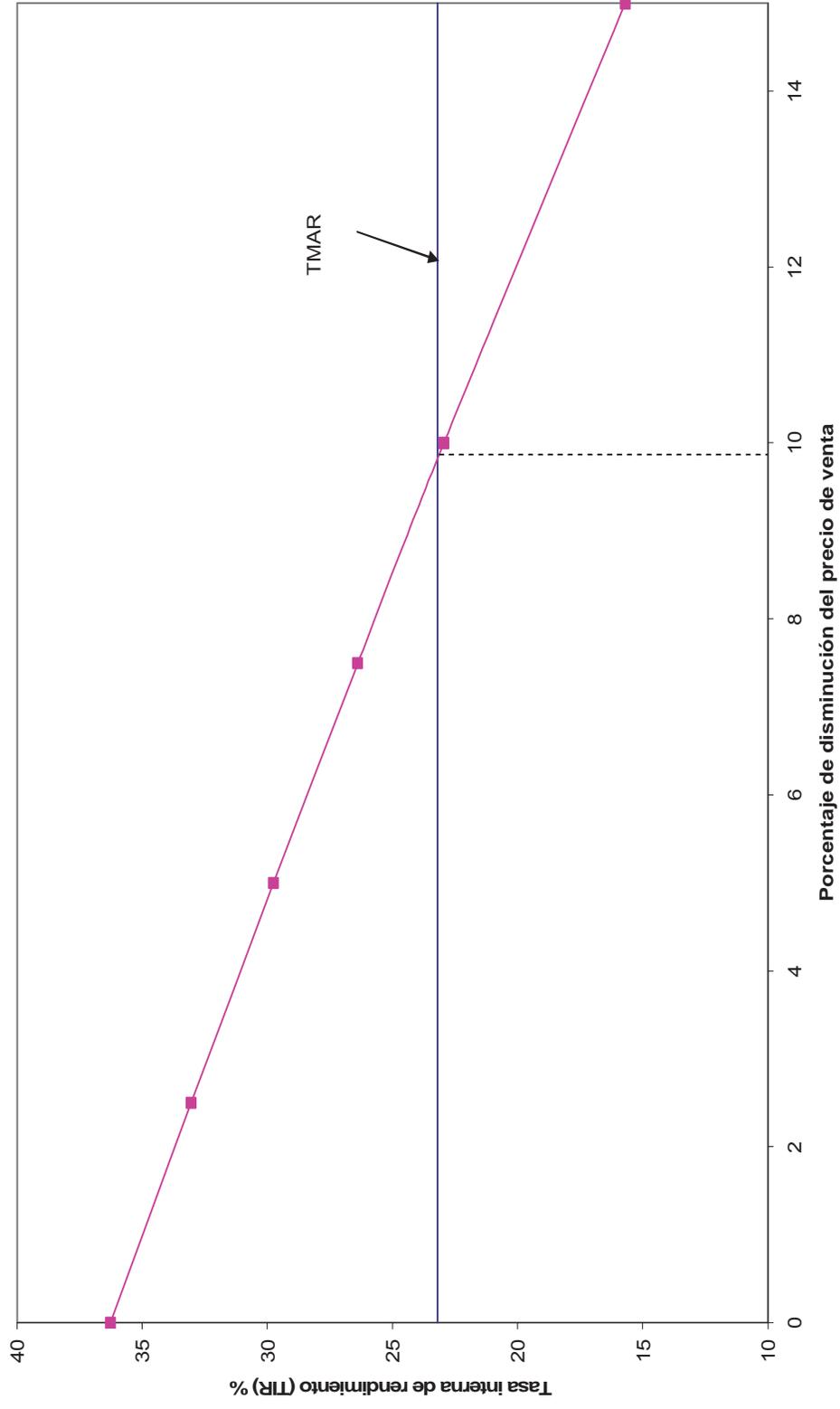


Figura 24. Porcentaje de disminución del precio de venta

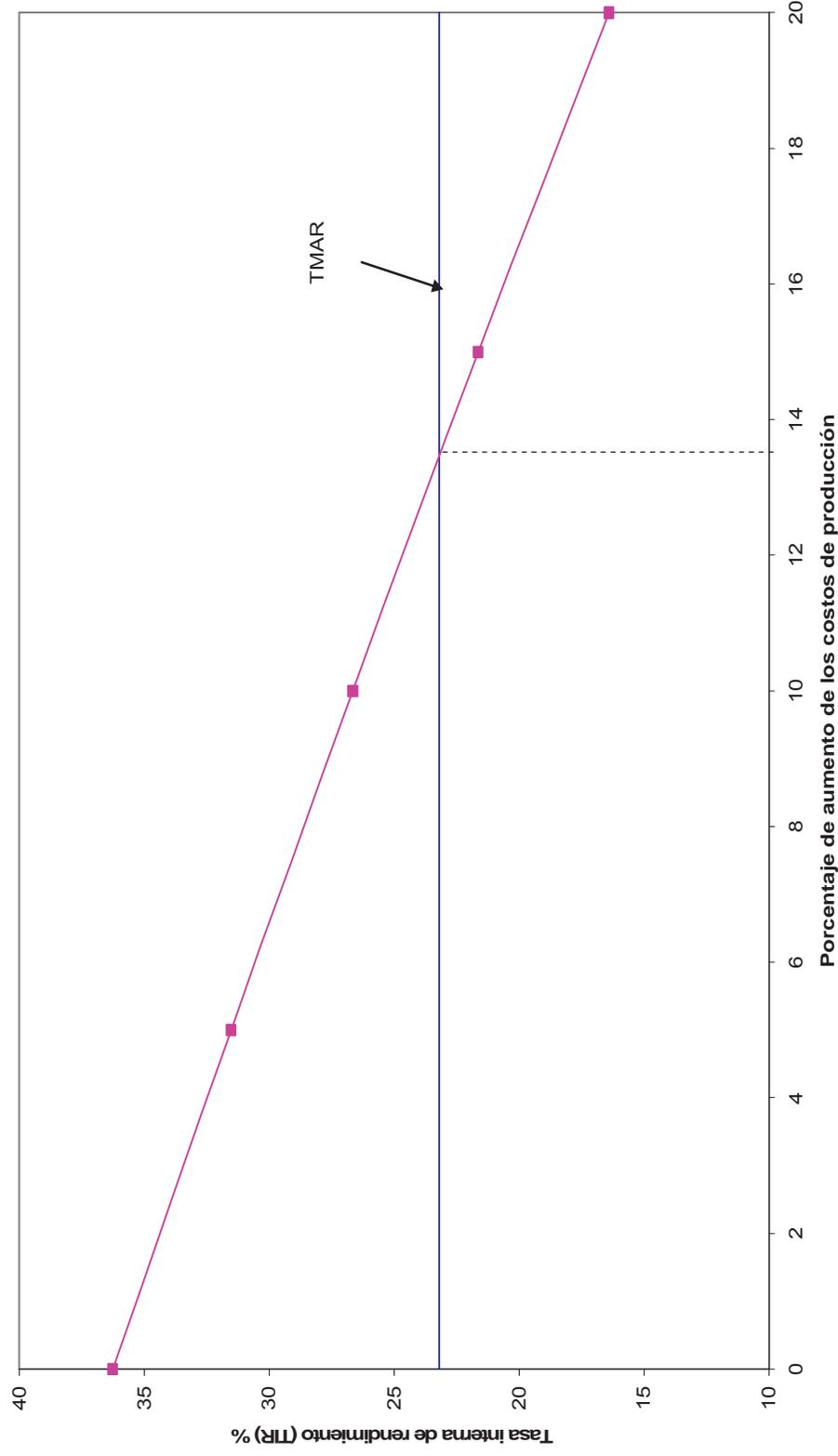


Figura 25. Porcentaje de aumento de los costos de producción.

La microindustria de cerámica solicitara un crédito sobre la inversión fija total (\$717,600). Actualmente las instituciones financieras tienen en promedio una tasa de interés anual del 25% (TMAR INSTITUCIÓN FINANCIERA). El plazo para pagar la deuda sería de 6 años incluyendo uno de gracia, el pago de la deuda se hará de cantidades iguales de capital más intereses al final de cada uno de los seis años. Para esto se calcula una anualidad la cual ya incluye el pago a capital e intereses, es importante mencionar que los intereses se cobrarán sobre saldos insolutos o deuda no pagada y que el primer año solo se hará el pago de los intereses generados ya que se tiene un año de gracia para realizar el pago a principal.

En la figura 26 se muestra un análisis de sensibilidad en el cual se observa como se afecta la TIR ante el porcentaje de financiamiento. En dicha figura se gráfica la TIR respecto al porcentaje de financiamiento. Se observa que conforme el financiamiento del proyecto es mayor, la TIR decrece y la TMAR aumenta lo cual es evidente ya que al solicitar un crédito se tienen que pagar intereses lo cual disminuye los flujos netos de efectivo y en consecuencia la TIR. Es interesante ver que el porcentaje máximo de financiamiento que puede soportar este proyecto es del 76.2% ya que es el punto donde la TIR es igual a la TMAR. Por lo tanto si queremos que el proyecto sea rentable no debemos de financiarlo más del 76.2% con respecto a la inversión fija.

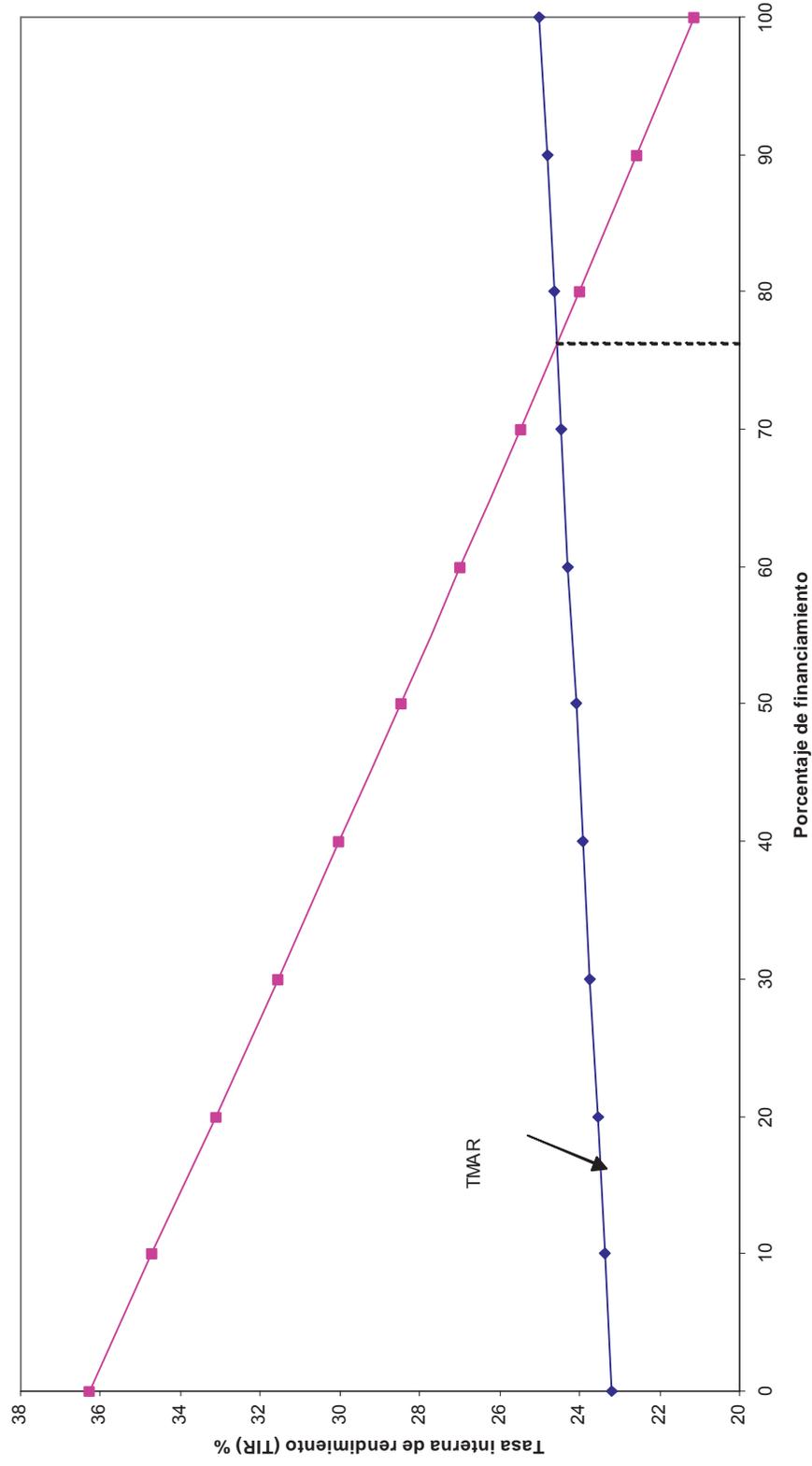


Figura 26. Efecto de la TIR sobre el porcentaje de financiamiento.

Conclusiones

La presente propuesta para la implementación de una microindustria de cerámica tradicional con tecnología mejorada para el estado de Michoacán se asemeja en gran parte a una microindustria de alta competitividad que se localiza en Valle de Bravo en el Estado de México.

El producto que se elaborará en esta microindustria tiene una mayor resistencia mecánica comparado a los existentes en el mercado lo cual lo hace más duradero y de mejor calidad. Los acabados están libres de sustancias tóxicas y le dan al producto un alto valor agregado, especialmente el de terra sigillata.

Un producto con acabado de terra sigillata es entre cinco y diez veces más costoso que uno con esmalte.

Los productos de cerámica tradicional al ser exportados o trasladados a grandes distancias se rompen debido a su baja resistencia mecánica, sin embargo los productos descritos en esta tesis poseen mayor resistencia mecánica y por lo tanto no presentan este tipo de problemas.

Los principales equipos para este tipo de microindustrias son: el horno y el agitador. En el estudio técnico se diseñó el agitador el cual tiene las siguientes dimensiones: altura del tanque = 0.61 m, diámetro del agitador = 0.18 m, espesor del agitador = 0.035 m y cuatro baffles verticales con un espesor de 0.053 m. El motor que se utilizará para mover el agitador tendrá 1 HP de potencia.

En cuanto al horno se determinó que el tamaño de la cámara sería de 1.6m³ y que tendría 8 quemadores de tipo atmosférico.

En la evaluación económica se determinó que para la puesta en marcha de la microindustria se necesita una inversión total de capital de \$717,600.

Para el primer año a una capacidad de la planta del 85%, el costo de producción será de: \$1,183,420.26 y las utilidades brutas generadas serán de: \$316,043.801. El volumen de producción se irá incrementando hasta llegar al 100%, por lo que el costo de producción aumentará a: \$ 1,252,253.92 y las utilidades brutas serán de: \$ 435,051.353.

El punto de equilibrio se localiza a una producción de 16,500 Kg/año. Por lo cual el proyecto es aceptable ya que se encuentra en un 61% por arriba del punto de equilibrio cuando la planta opera a su máxima capacidad.

La TIR para este proyecto es de: 36.27 % y la TMAR de: 23.2 por lo cual el proyecto es aceptado debido a que la TIR es mayor a la TMAR por 13.07 puntos porcentuales.

Es obvio que siendo la TIR mayor que la TMAR el VPN es mayor de cero, siendo este de: \$344,734.84.

En el análisis de sensibilidad se determinó que: el proyecto soporta una disminución del precio de venta de: 9.8%, un aumento en los costos de producción de 13.5% y soporta un porcentaje de financiamiento de 76.2%.

Finalmente si este proyecto se implementa, permitirá crear fuentes de trabajo en el área de cerámica. Además este proyecto se concibe como la punta de la lanza para el desarrollo y comercialización de líneas de producción con productos avanzados de ingeniería de materiales.

Bibliografía

- [1] Kingery, Introduction to ceramics, Editorial John Wiley and Sons, 1960.
- [2] Bender Joel, P. Hellerstein, Vidrio, cerámica y materiales afines, Enciclopedia de salud y seguridad en el trabajo, Volumen 12, 1992.
- [3] F. Federico Costales, W. Olson Delmar, Cerámica, 14a impresión, Editorial Cecsca, 1976.
- [4] A. García Verduch, Textura superficial de las piezas de alfarería, Boletín de la sociedad española de cerámica, volumen 5, 1966.
- [5] Bernhard Neumann, Sprechsaal, Cerámica Abstracta, Boletín de la sociedad española de cerámica, volumen 11, 1932.
- [6] Gordon J, Informe del proyecto sobre el incremento de la competitividad de los talleres alfareros, Instituto de Investigaciones Metalúrgicas, 1997.
- [7] <http://www.inegi.gob.mx/inegi/default.asp>
- [8] Vaca Urbina Gabriel, Evaluación de proyectos, Cuarta edición, Editorial Mc Graw Hill, 2001.
- [9] Rhodes Daniel, Horno para ceramistas, Editorial Ceac, 1987.
- [10] Max S. Peters, Klaus D. Timmerhaus, Ronald E. West, Plant Design and Economics for chemical engineers, Fifth Edition, Editorial Mc Graw Hill, 2003.

[11] Errol G. Nelly, David J. Spottiswood, Introduction to mineral processing, Editorial John Wiley and Sons, 1982.

[12] J.C. Anderson, K.D. Leaver, R.D. Rawling, J.M. Alexander, Ciencia de los materiales, Segunda edición, Editorial Limusa, 2000.

[13] V. Aleixandre Ferrandis, Importancia de la cerámica, Boletín de la sociedad española de cerámica, Volumen 8, 1991.

[14] R. Moreno, Tendencias en el conformado de suspensiones cerámicas, Boletín de la sociedad española de cerámica, Volumen 39, 2000.

[15] L.A. Díaz Rodríguez, R. Torrecillas, Arcillas cerámicas: una revisión de sus distintos tipos, significados y aplicaciones, Boletín de la sociedad española de cerámica, Volumen 41, 2002.

[16] <http://www.xtec.es/~aromero8/ceramica/index.htm>