D1- 2002.58

Proyecto Nacional para el Mejoramiento de la Competitividad del Sector Artesanal

Ministerio de Desarrollo Económico
artesanías de colombia

Fondo Mipyme

DOCUMENTOS TECNICOS

CONTENIDO:

1. **Propuesta para el Mejoramiento Tecnológico de la Cerámica Artesanal en la Chamba – Tolima, en los Procesos de Extracción / Beneficio de materias primas, fabricación y cocción de las piezas.**

PROPUESTA PARA EL MEJORAMIENTO TECNOLOGICO DE LA CERAMICA ARTESANAL EN LA CHAMBA – TOLIMA EN LOS PROCESOS DE EXTRACCION/BENEFICIO DE MATERIAS PRIMAS, FABRICACION Y COCCION DE LAS PIEZAS

JAIME FERNANDO MARTINEZ ARENAS
RAUL FERNANDO MOYANO MUNAR

ARTESANIAS DE COLOMBIA
UNIDAD TECNICA DE SUBGERENCIA DE DESARROLLO
SANTAFÉ DE BOGOTA
MAYO, 2002

CONTENIDO

	pág
INTRODUCCION	15
1. DESCRIPCION GENERAL DEL PROCESO ACTUAL	22
1.1 EXTRACCION DE MATERIAS PRIMAS	22
1.1.1 Arcilla lisa	22
1.1.1.1 Procedimiento actual	22
1.1.1.2 Criterios de calidad	27
1.1.1.3 Recuperación ecológica	27
1.1.2 Arcilla arenosa	27
1.1.2.1 Procedimiento actual	27
1.1.2.2 Criterios de calidad	29
1.1.2.3 Recuperación ecológica	29
1.1.3 Arcilla roja	29
1.1.3.1 Procedimiento actual	30
1.1.3.2 Criterios de calidad	32
1.2 BENEFICIO DE MATERIAS PRIMAS	33
1.2.1 Arcilla lisa	33
1.2.1.1 Procedimiento del beneficio por vía seca	33
1.2.1.2 Procedimiento del beneficio por vía húmeda	36
1.2.2 Arcilla arenosa	37
1.2.2.1 Procedimiento	37
1.2.2.2 Criterios de calidad	38
1.2.3 Arcilla roja	38
1.2.3.1 Procedimiento	39

1.2.3.2 Criterios de calidad 40
1.3 PREPARACION DE PASTA PARA FABRICAR PIEZAS 40
1.3.1 Procedimiento 41
1.3.1.1 Herramientas 41
1.3.1.2 Mezcla de arcilla arenosa y lisa 41
1.3.1.3 Adición de arcilla lisa en suspensión y amasado 41
1.3.1.4 Formación de rollos de pasta amasada y almacenamiento 43
1.3.2 Criterios de calidad 44
1.4 FABRICACION DE PIEZAS 45
1.4.1 Procedimiento 45
1.4.1.1 Herramientas 45
1.4.1.2 Elaboración de arepas 45
1.4.1.3 Elaboración de las planchas 48
1.4.1.4 Moldeado sobre la guía de cerámica 48
1.4.1.5 Emparejar sobrantes del borde 48
1.4.1.6 Desmoldeo y secado 48
1.4.1.7 Redondeo de los cuerpos 50
1.4.1.8 Orejeado y bordeado de los cuerpos 50
1.4.1.9 Secado a dureza de cuero 51
1.4.1.10 Pulida y realizado 51
1.4.1.11 Secado final 52
1.4.2 Criterios de calidad 52
1.5 BARNIZADO Y BRILLADO DE LAS PIEZAS 52
1.5.1 Procedimiento 53
1.5.1.1 Herramientas 53
1.5.1.2 Barnizado de las piezas 53
1.5.1.3 Brillado de las piezas 54
1.5.2 Criterios de calidad 55
1.6 COCCION DE LAS PIEZAS 55
1.6.1 Procedimiento 56
1.6.1.1 Herramientas 56

1.6.1.2 Calentamiento de las piezas al sol 56
1.6.1.3 Cargue de producción a las canecas y/o moyas 56
1.6.1.4 Cargue de canecas y/o moyas al horno 60
1.6.1.5 Cargue de la leña 60
1.6.1.6 Encendido de la leña 60
1.6.1.7 Consumo de la primera carga de leña 61
1.6.1.8 Verificación de la temperatura de cocción de las piezas 61
1.6.1.9 Retirar canecas y/o moyas del horno 62
1.6.2 Criterios de calidad 62
1.7 NEGREADO DE LA PRODUCCION 63
1.7.1 Procedimiento 64
1.7.1.1 Herramientas 64
1.7.1.2 Separar canecas y/o moyas con piezas a negrear 64
1.7.1.3 Negreado de las piezas 65
1.7.1.4 Repaso 66
1.7.1.5 Descargue de las piezas 66
1.7.1.6 Empaque y almacenamiento de las piezas 66
1.7.2 Criterioos de calidad 68
2 MEJORAS PROPUESTAS 69
2.1 EXTRACCION DE MATERIAS PRIMAS 69
2.1.1 Arcilla lisa 69
2.1.2 Arcilla arenosa 71
2.2 BENEFICIO DE MATERIAS PRIMAS 74
2.2.1 Arcilla lisa – Vía seca 74
2.2.1.1 Propuesta A 74
2.2.1.2 Propuesta B 76
2.2.2 Arcilla lisa – Vía húmeda 78
2.2.3 Arcilla arenosa 80
2.2.3.1 Propuesta A 81
2.2.3.2 Propuesta B 82
2.2.4 Arcilla roja 82

2.3 PREPARACION DE PASTA PARA FABRICAR PIEZAS 85
2.3.1 Propuesta A 85
2.3.2 Propuesta B 87
2.4 FABRICACION Y PULIDA DE PIEZAS 87
2.5 BARNIZADO Y BRILLADO DE LAS PIEZAS 91
2.6 COCCION Y NEGREADO DE LA PRODUCCION 92
2.6.1 Primera etapa 92
2.6.1.1 Reconversión del horno de leña a horno de gas 93
2.6.1.2 Construcción puerta para el horno 93
2.6.1.3 Implementación compuertas para aire primario y secundario 93
2.6.1.4 Implementación de chimenea 93
2.6.1.5 Implementación control de temperatura de cocción 93
2.6.1.6 Mejoramiento eficiencia térmica de canecas y/o moyas 94
2.6.1.7 Mejoramiento seguridad industrial del proceso de cocción 94
2.6.2 Segunda etapa 94
2.6.2.1 Construcción de un nuevo horno en ladrillo refractario 94
2.6.2.2 Mejoramiento cargue y descargue del horno 95
2.6.2.3 Implementación quemadores a gas removibles 95
2.6.2.4 Implementación compuertas para aire primario y secundario 95
2.6.2.5 Diseño de chimenea tipo damper para control de tiraje. 95
2.6.2.6 Mejoramiento del control de temperatura de cocción 95
3 EXTRACCION DE MATERIAS PRIMAS 96
3.1 CARACTERIZACION DE LAS MATERIAS PRIMAS UTILIZADAS 96
3.1.1 Análisis químico 97
3.1.1.1 Capacidad de intercambio iónico 97
3.1.1.2 Contenido de bases totales, porcentaje de saturación de bases 100
3.1.1.3 pH 100
3.1.1.4 Materia orgánica 101
3.1.2 Contenido de óxidos 102
3.1.3 Comportamiento térmico 104
3.1.4 Granulometría 106

3.1.5 Análisis mineralógico de la fracción arenosa y arcillosa 108
3.2 PLAN DE EXPLOTACION DE MATERIAS PRIMAS 112
3.2.1 Característica de la minas 112
3.2.2 Método actual de explotación 112
3.2.3 Evaluación de las reservas del material arcilloso 113
3.2.3.1 Reservas probadas 113
3.2.3.2 Reservas probables 117
3.2.3.3 Reservas posibles (o pronosticadas) 118
3.2.4 Evaluación de la vida útil de las minas de arcilla lisa y arenosa 118
3.2.4.1 Según situación actual real 119
3.2.4.2 Situación actual para 5 grandes talleres 120
3.2.4.3 Situación futura – eslabón productivo beneficio de arcillas y pasta 122
3.2.5 Plan de explotación 132
3.2.5.1 Métodos posibles de explotación 133
3.2.5.2 Infraestructura minera 133
3.2.5.3 Diseño de la geometría de zanjas, frentes de explotación y accesos 133
3.2.5.4 Optimización de la explotación 134
3.2.5.5 Operación Minera 135
3.2.6 Beneficio de Arcillas 136
3.2.7 Estudio económico 137
3.2.7.1 Precio de venta del material 137
3.2.7.2 Estudios de Viabilidad 137
3.2.8 Plan de cierre 137
3.2.9 Plan de manejo ambiental 138
3.2.9.1 Evaluación del impactos 138
3.2.10 Aspectos sociales y económicos 139
4 BENEFICIO DE MATERIAS PRIMAS – PREPARACION PASTA 141
4.1 SELECCION Y DIMENSIONAMIENTO DE EQUIPOS 141
4.1.1 Identificación de flujos y operaciones unitarias 141
4.1.1.1 Molienda y cribado de arcilla arenosa 142
4.1.1.2 Dispersión y tamizado de arcilla lisa 142

4.1.1.3 Amasado de pasta 142
4.1.1.4 Extrusión de pasta 143
4.1.1.5 Dispersión de arcilla roja y tamizado de barniz 144
4.1.2 Cuantificación de flujo de materiales 144
4.1.2.1 Molienda y tamizado de arcilla arenosa 145
4.1.2.2 Dispersión y tamizado de arcilla lisa 145
4.1.2.3 Amasado de la pasta 146
4.1.2.4 Extrusión de pasta 146
4.1.2.5 Dispersión de arcilla roja y tamizado del barniz 147
4.1.3 Dimensionamiento y selección de equipos 147
4.1.3.1 Proceso de molienda 148
4.1.3.2 Cribado en seco (tamizado) 149
4.1.3.3 Proceso de dispersión 151
4.1.3.4 Tamizado en húmedo 152
4.1.3.5 Proceso de amasado 153
4.1.3.6 Proceso de extrusión 154
5 COCCION Y NEGREADO DE LA PRODUCCION 158
5.1 HORNO TIPO CARRO PARA PROCESO DE COCCION 159
6 CONTINUACION DEL PROYECTO 160
7 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES FINALES 163
BIBLIOGRAFIA 166
ANEXOS 168

LISTA DE TABLAS

pág

Tabla 3.1. Análisis químico de las arcillas utilizadas en La Chamba 97
Tabla 3.2. Análisis de óxidos de las arcilla utilizadas en La Chamba 103
Tabla 3.3. Comportamiento térmico de la arcillas utilizadas en La Chamba 104
Tabla 3.4. Granulometría de las arcillas en La Chamba 106
Tabla 3.5. Análisis mineralógico de la fracción arena de los materiales utilizados en La Chamba 108
Tabla 3.6. Análisis mineralógico en la fracción arcilla de los materiales utilizados en La Chamba. 110
Tabla 3.7. Resultados de las observaciones de los apiques cavados en las minas de arcilla lisa y arcilla arenosa. 114
Tabla 3.8. Media aritmética de las capas vegetal y arcillosa en las minas de arcilla lisa y arcilla arenosa. 115
Tabla 3.9. Reservas probadas de arcilla lisa y arcilla arenosa en La Vereda de La Chamba. 117
Tabla 3.10. Consumo de materias primas – Según Lozada 119
Tabla 3.11. Duración reservas de arcilla lisa y arcilla arenosa según Lozada 120
Tabla 3.12. Producción y consumo de materias primas en 5 grandes talleres de La Chamba 121
Tabla 3.13. Duración reservas de arcilla según datos de Ortega 122
Tabla 3.14. Humedades Arcilla Lisa 124
Tabla 3.15. Humedades Arcilla Arenosa 125
Tabla 3.16. Humedades Arcilla Roja 125
Tabla 3.17. Humedades Pasta lista para fabricar piezas 126

Tabla 3.18 Necesidades de Materias Primas - Fabricación pasta y barniz 130
Tabla 3.19. Duración reservas de arcilla lisa y arcilla arenosa considerando Situación futura - eslabón de beneficio arcillas y pasta 131
Tabla 3.20. Comparativo entre criterios – Cálculo duración reservas mineras 132
Tabla 4.1. Balance de materiales proceso de beneficio de materias primas y fabricación de pasta y barniz. 150
Tabla 4.2. Equipos beneficio de materias primas - Fabricación de pasta y barniz 155
Tabla 6.1. Actividades desarrolladas y a desarrollar para solucionar problemas de La Chamba. 161
Tabla 6.2. Actividades puntuales para los eslabones productivos del proceso de fabricación de piezas cerámicas en La Chamba. 162

LISTA DE DIAGRAMAS

	pág
Diagrama 1.1. Proceso general de fabricación de piezas en La Chamba	23
Diagrama 1.2. Extracción y beneficio de la arcilla lisa. Método actual	24
Diagrama 1.3. Extracción y beneficio de la arcilla arenosa. Método actual	28
Diagrama 1.4. Extracción y beneficio de arcilla roja. Método actual	31
Diagrama 1.5. Preparación pasta para modelado. Método actual	42
Diagrama 1.6. Fabricación y barnizado de las piezas. Método actual	46
Diagrama 1.7. Cocción de las piezas. Método actual	57
Diagrama 2.1. Extracción y beneficio de arcilla lisa. Propuesta "A"	75
Diagrama 2.2. Extracción y beneficio de la arcilla lisa. Propuesta "B"	77
Diagrama 2.3. Extracción y beneficio de la arcilla lisa. Propuesta "C"	79
Diagrama 2.4. Extracción y beneficio de la arcilla arenosa. Propuesta "A"	81
Diagrama 2.5. Extracción y beneficio de la arcilla arenosa. Propuesta "B"	83
Diagrama 2.6. Extracción y beneficio de la arcilla roja. Método propuesto	84
Diagrama 2.7. Preparación pasta para modelado. Propuesta "A"	86
Diagrama 2.8. Preparación pasta para modelado. Propuesta "B"	88
Diagrama 2.9. Modelado y barnizado de las piezas. Método propuesto	89
Diagrama 3.1 Corrientes involucradas en el ensamble de pasta	127
Diagrama 3.2 Corrientes involucradas en la preparación del barniz	129
Diagrama 4.1. Balance de materiales. Beneficio de arcilla lisa y arenosa – Fabricación pasta.	143
Diagrama 4.2. Balance de materiales. Dispersión arcilla roja. Fabricación de barniz.	144

LISTA DE FIGURAS

pág

Figura 1.1. Extracción y beneficio de la arcilla lisa. Método actual.
Retiro capa vegetal. 25

Figura 1.2. Extracción y beneficio de arcilla lisa. Método actual.
Transporte a La Chamba. 26

Figura 1.3. Extracción y beneficio de la arcilla roja. Método actual.
Desterroneo 32

Figura 1.4. Extracción y beneficio de la arcilla lisa. Método actual.
Secado del material. 34

Figura 1.5. Extracción y beneficio de arcilla lisa. Método actual.
Herramienta utilizada para el pilado ó molienda del material. 35

Figura 1.6. Preparación pasta para modelado. Método actual.
Mezcla de arcilla arenosa y lisa. 43

Figura 1.7. Preparación pasta para modelado. Método actual.
Adición de arcilla lisa en suspensión y amasado. 44

Figura 1.8. Fabricación y barnizado de las piezas. Método actual.
Moldeado sobre la guía cerámica. 49

Figura 1.9. Fabricación y barnizado de la piezas. Método actual.
Desmoldeo y secado. 49

Figura 1.10. Fabricación y barnizado de las piezas. Método actual.
Redondeo de los cuerpos. 50

Figura 1.11. Fabricación y barnizado de las piezas. Método actual.
Orejeado y bordeado de los cuerpos. 51

Figura 1.12. Barnizado y brillado de las piezas. Método actual. Barnizado 53

Figura 1.13. Barnizado y brillado de las piezas. Método actual.
Brillado de la pieza 54
Figura 1.14. Cocción de las piezas. Método actual.
Secado de piezas al sol. 59
Figura 1.15. Cocción de las piezas. Método actual.
Cargue de producción a las canecas y/o moyas. 59
Figura 1.16. Cocción y negreado de las piezas. Método actual.
Limpieza al interior del horno. 60
Figura 1.17. Cocción de las piezas. Método actual.
Cargue y encendido de la leña. 61
Figura 1.18. Cocción de las piezas. Método actual.
Etapa real de cocción 62
Figura 1.19. Cocción de las piezas. Método actual
Retiro de canecas y/o moyas del horno. 63
Figura 1.20. Negreado de las piezas. Método actual.
Llama inmediata a la adición del estiercol en la caneca. 65
Figura 1.21. Negreado de las piezas. Método actual.
Proceso de negreado por deficiencia de oxígeno. 66
Figura 1.22. Negreado de las piezas. Método actual.
Nueva adición de estiércol para asegurar un mejor negreado (repaso). 67
Figura 1.23. Negreado de las piezas. Método actual.
Piezas listas para empaque y almacenamiento. 67
Figura 1.24. Empaque y almacenamiento de las piezas.
Piezas listas para su comercialización. 68
Figura 4.1. Molino de martillos 156
Figura 4.2. Equipo de cribado ó tamizado en húmedo. 156
Figura 4.3. Tanque de dispersión. 156
Figura 4.4. Amasadora de pasta 157
Figura 4.5. Extrusora de pasta 157

LISTA DE ANEXOS

	pág
Anexo A. Mapa de localización de la vereda La Chamba	168
Anexo B. Materiales utilizados en cerámica tradicional	169
Anexo C. Caracterización materias primas utilizadas en La Chamba	179
Anexo D Propuesta del horno tipo carro para la cocción de cerámica en La Chamba	181

INTRODUCCION

Por principios que habían perdurado a lo largo de los tiempos siempre se había creído que el manejo administrativo y las estructuras de las empresas, desde las más pequeñas hasta las más grandes, deberían estar basados en demandas siempre crecientes de sus productos; pero en los tiempos de hoy tal punto de vista ya no es válido si tenemos en cuenta que no es posible producir para vender sino que se hace necesario producir sólo lo que se va a vender; una de las razones para ello es la competitividad que ha venido creciendo día a día en cada uno de los productos requeridos por el cliente final quien es factor determinante de las estructuras administrativas y/o productivas al interior de las organizaciones; para nadie es un secreto que las empresas cuyos productos sean bienes y/o servicios se deben a los clientes, ya que son éstos quienes con sus requerimientos determinarán la supervivencia ó fracaso de aquellas.

El cliente será el gran "juez" del trabajo desarrollado en las empresas porque será él quien se beneficie ó se perjudique por el nivel de calidad con la cual elaboremos nuestros productos. Él tendrá en cuenta 3 importantes parámetros en la evaluación de nuestros productos: calidad, costo y cumplimiento en las entregas, y son estos los aspectos que una gran organización ó un pequeño taller artesanal deben tener en cuenta para la respectiva supervivencia.

Muchos talleres artesanales e industrias enfrentan la tentación de hacer concesiones para disminuir los costos de producción ó mejorar las entregas. Al hacer esto se corre el riesgo de sacrificar la calidad del producto final atentando de esta manera contra la supervivencia de la empresa.

En cualquier cadena productiva siempre hay el concepto de "cliente" (interno ó externo), todas las organizaciones poseen este tipo de clientes y la satisfacción

de éstos debe ser directamente proporcional a la calidad con la que se trabaje hacia el interior de dichas organizaciones. Lo anterior implica que debe existir un compromiso de no entregar partes ó productos defectuosos ó información inexacta a nuestro cliente interno. Cuando todas las personas en la empresa ó taller artesanal practican este axioma, el cliente externo en el mercado recibe como resultado un producto y/o servicio de alta calidad.

La supervivencia en cualquier tipo de empresa, sobre todo en las empresas pequeñas y/o talleres artesanales se puede ver amenazada por diferentes motivos tales como: desactualizaión de algún producto porque llegó otro mejor y más barato; ó porque la competencia podría poseer nuevas tecnologías haciendo ver los procesos en estas pequeñas empresas y/o talleres como obsoletos e incapaces de cumplir con nuevos parámetros de calidad; ó porque algunos países podrían imponer, y de hecho lo hacen, nuevas normativas respecto a la calidad que deben cumplir los productos artesanales y/o industriales. Las empresas deben estar atentas al cambio para no ver amenazada su supervivencia.

Lo anterior indica que cualquier tipo de mejoramiento que se pretenda en las organizaciones, llámense industrial ó taller artesanal, busca la supervivencia a largo plazo, hecho éste que implica la supervivencia de una sociedad (pueblo ó región) que de una u otra manera depende de éstas.

Para sobrevivir, una empresa y/o taller artesanal debe ser productiva y competitiva[2]; entendiéndose que la productividad puede ser vista de diversas maneras: producir más y mejor con menos, dar más valor a los productos con menos valores consumidos, tener la mejor calidad con los menores costos de producción, vender más y consumir menos; cualesquiera que sea la definición de este concepto, lo único cierto es que un factor decisivo en la productividad es el cliente final, porque el aumento de ésta implica agregar el máximo valor a los productos (máxima satisfacción del cliente) con el menos costo posible.

Visto que la razón de ser para cualquier organización es la de sobrevivir siendo productiva; ahora es importante conocer las formas mediante las cuales se puede ser productivo. Las organizaciones humanas están constituídas por 3 elementos básicos: equipos y/o materiales, procedimientos ó maneras de hacer las cosas y

80el ser humano[2]. Para ser productiva una empresa debe mejorar los tres aspectos antes mencionados; el mejoramiento los equipos y/o materiales se hace mediante el aporte de capital, existiendo capital se puede comprar cualquier equipo ó material y con esto mejorar la productividad; el mejorar los procedimientos se hace a través de las personas ya que éstas pueden observar, asimilar y enseñar un procedimiento de trabajo; pero antes es necesario mejorar el tercer elemento básico que es el ser humano, y esto se hace mediante el aporte del conocimiento, el cual no tiene substituto. El aporte del conocimiento se lleva a las organizaciones de diversas maneras: por el reclutamiento de personas conocedoras de los procesos, capacitación contínua de las personas mediante cursos formales ó por autoaprendizaje, y entrenamiento en el sitio de trabajo, ó por asistencia técnica adquirida de otras personas[2].

Tomando como base lo hasta ahora expuesto, se puede afirmar que las empresas y/o talleres artesanales, tipo La Chamba, Pitalito, Ráquira, etc. no deberían ser ajenos a todos estos cambios que se han venido dando, el hecho de ser procesos artesanales no los libera de la obligación de buscar ser productivos, al contrario son este tipo de procesos los que están en riesgo a desaparecer si no se hace algo para mejorar. Reforzando lo anterior, en La Chamba, por ejemplo, se observa que la tradición artesanal se ha venido perdiendoo entre los mismos artesanos por el simple hecho de que el proceso se ha 'estancado" en el tiempo y hasta ahora no había existido la preocupación por implementar mejoras que hicieran de este proceso algo más productivo que le permitiese al artesano vivir de él; además entre los más jóvenes existe una apatía hacia el proceso tal como se da actualmente, muchos de ellos prefieren venirse a las grandes ciudades a pasar trabajos e incrementar el desempleo y los problemas sociales antes que permanecer en la vereda aprendiendo el arte de la alfarería[13]. A este proceso en particular no se le venía prestando atención en lo que tenía que ver con el mejoramiento de las tecnologías utilizadas, procedimientos y mucho menos al mejoramiento en el aspecto humano.

La situación actual de estas sociedades artesanales nos lleva a la conclusión de que es necesario empezar a entregar herramientas a los artesanos no sólo de La

Chamba sino de los otros centros artesanales buscando que sean autosuficientes, los procesos artesanales no pueden ser ajenos a los cambios administrativos obligados por las nuevas exigencias de los clientees porque de lo contrario van a morir trayendo consigo todas las consecuencias sociales que este hecho implica.

Precisamente tratando de empezar a llenar los vacíos existentes en el proceso Artesanal de La Chamba en cuanto a muchos de los aspectos antes mencionados, se planteó por intermedio de Artesanías de Colombia en unión con La ONUDI, la necesidad de implementar mejoras en algunos aspectos tecnológicos en el proceso artesanal - alfarero que tiene lugar en dicha vereda. Este trabajo sería una primera parte de todo lo que a nuestro entender debe implicar un mejoramiento continuo de todos los aspectos del proceso artesanal que se presenta en La Chamba.

Es importante observar que el proceso debe ser mejorado de una forma integral, es decir tocar los tres factores básicos mencionados anteriormente; porque de nada serviría un mejoramiento tecnológico si paralelamente no se se tienen en cuenta los mejoramientos en los procedimientos de trabajo y desarrollo humano de los artesanos.

La importancia del proyecto radicará en la ayuda que éste pueda prestar en el mejoramiento del proceso artesanal de La Chamba, además trata de exponer una metodología para la solución de problemas en el proceso cerámico que perfectamente podría ser extensiva a otros centros artesanales con problemas similares. Como se anotó antes, se trata de aportar, desde nuestro punto de vista, a la solución del problema observado en La Chamba; un problema que debe ser enfrentado de una manera integral, las mejoras tecnológicas aquí propuestas van a solucionar sólo una parte del problema observado. Es importante hacer seguimiento a las mejoras implementadas y ser consciente que la competitividad y la productividad sólo se consiguen mediante un mejoramiento contínuo de los procesos que tienen lugar en La Chamba, y este trabajo trata de dar los primeros pasos en esa dirección.

OBJETIVO GENERAL

El objetivo general de este trabajo es proponer mejoras en las etapas de extracción y beneficio de las materias primas, moldeo de las piezas y cocción de las mismas buscando incrementar la productividad y competitividad de los procesos sin perder de vista el valor artesanal de los mismos y siempre teniendo en cuenta la satisfacción del cliente interno y externo en tres aspectos fundamentales: calidad, costo y cumplimiento.

OBJETIVOS ESPECIFICOS

En cada una de las etapas del proceso se identificarán y analizarán los principales problemas que afectan negativamente la calidad del producto haciendo que éste no cumpla las necesidades de los clientes internos y externos. Además con base en lo visto, se deberán proponer soluciones inmediatas y a largo plazo en cada una de las etapas para eliminar definitivamente las causas de los problemas encontrados.

Las acciones a implementar deberán conllevar a una serie de actividades más puntuales como son:

- Apoyar la gestión que adelante la Cámara de Comercio del Sur y Oriente del Tolima en cuanto a la caracterización de las diferentes arcillas de La Chamba y de los estudios de reservas que sean necesario realizar.
- Proponer la organización y funcionamiento de un sistema para preparar arcillas que garantice la calidad en el producto final y la disminución ó desaparición del defecto conocido como "oropel".
- Identificar y proponer soluciones inmediatas y a mediano plazo para los problemas de moldeo, relacionados a la estanndarización de tamaños, espesor y peso de las piezas mediante el uso de tornetas y mejoramiento de el puesto de trabajo.
- Evaluación de la aplicación del torno de tarraja para el mejoramiento de los resultados en el moldeo de las piezas.
- Brindar asistencia técnica para la elaboración de los moldes de yeso y cuchillas necesarias para el torno de tarraja.

- Evaluar y recomendar las alternativas tecnológicas para agilizar el proceso de secado de arcillas y piezas
- Investigar, diseñar y experimentar alternativas para el mejoramiento del proceso de cocción de las piezas, las cuales redunden en el mejoramiento de la calidad del producto final.
- Investigar, diseñar y experiementar alternativas para mejorar el proceso de "negreado" de las piezas, buscando que éste sea más duradero y con una textura más brillante.
- Presentación de un modelo de reestructuración espacio – funcional del taller de producción permitiendo un ambiente en el cual el artesano pueda trabajar de una forma productiva y competitiva.

METODOLOGIA DE TRABAJO

El trabajo además de sugerir la adquisición de una serie de equipos, también trata crear otras pautas para el mejoramiento de los procesos, los equipos son sólo herramientas que nos permiten hacer las cosas más rápido, el hecho de hacerlas bien ó mal está en la actitud de las personas involucradas en los procesos.

Para enfrentar el problema de La Chamba, se planteó una metodología que estaría dividida en dos etapas; la primera, correspondiente al alcance de este trabajo en particular, es la relacionada con la identificación de los problemas tecnológicos encontrados en cada uno de los procesos estudiados, lo que implicaba conocer en detalle éstos y los procedimientos actuales; posteriormente se observaba el problema en cuanto algunas características específicas, no se trataba de observar las causas sino el problema tal como era; se hacía un análisis más detallado del problema tratando de descubrir sus causas relacionando éstas con aspectos tales como: procedimientos, materias primas, equipos, medio ambiente y manejo administrativo; finalmente con la información recolectada se trató de plantear una serie de soluciones para eliminar definitiivamente las causas de los problemas; era importante observar que estas soluciones no fueran a tener efectos secundarios negativos sobre los procesos,

se trató que el enfoque dado a cada solución fuera el de solucionar fenómenos (remedios inmediatos) y la eliminación de causas (prevención), además buscando que hubiesen diferentes alternativas de solución para poder escoger la mejor. La fuente de la información en esta etapa del trabajo fueron los mismos artesanos, quienes se encargaban de describir los procesos con sus problemas puntuales tratando de plantear soluciones; esto permitió que los artesanos se fueran involucrando en el trabajo que se quería llevar a cabo.

Una segunda etapa del proyecto, aunque fuera del alcance de este trabajo, es necesario dejarla planteada, ya que está relacionada con la verificación de las soluciones implementadas en la primera etapa, la estandarización de los procedimientos y la evaluación continua de los procesos siempre buscando un mejoramiento en los mismos.

En el capítulo siguiente se trata de hacer un descripción del proceso actual, el tercer capítulo está relacionado con las soluciones propuestas; para el desarrollo de los siguientes capítulos, el proceso fué dividido en eslabones de producción, tratando de describir en cada capítulo las actividades realizadas las cuales a su vez trajeron consigo las soluciones propuestas.

1. DESCRIPCION GENERAL DEL PROCESO ACTUAL

En términos generales se puede afirmar que el proceso de fabricación de piezas cerámicas que tiene lugar en la Chamba (Tolima) es muy parecido a cualquier proceso que de su naturaleza existe a nivel artesanal ó industrial. El flujograma de todo el proceso se puede observar en el diagrama 1.1

1.1 EXTRACCION DE MATERIAS PRIMAS

1.1.1 Arcilla lisa. Este material es el encargado de proporcionar la parte plástica a la mezcla con la cual se fabrican las piezas. El alcance del proceso va desde la extracción del material en la mina hasta su respectivo transporte a La Chamba.

1.1.1.1 Procedimiento actual.

En el diagrama 1.2 correspondiente a la extracción y beneficio de la arcilla lisa, se puede observar la parte relacionada al procedimiento de la extracción de este material.

- Herramientas - Pica, una pala y un barretón. Se utilizan talegas de fibra y/o yute para empacar el material en la mina y transportar hasta La Chamba.
- Retirar capa vegetal - El manto de arcilla lisa se encuentra bajo la capa vegetal, por tanto se hace necesario retirar esta capa para dejarla al descubierto tal como se ilustra en la figura 1.1. La capa vegetal retirada tiene proximadamente 25 cm de espesor, la cual es posteriormente utilizada en la recuperación ecológica de la mina, proceso éste el cual se describe más adelante

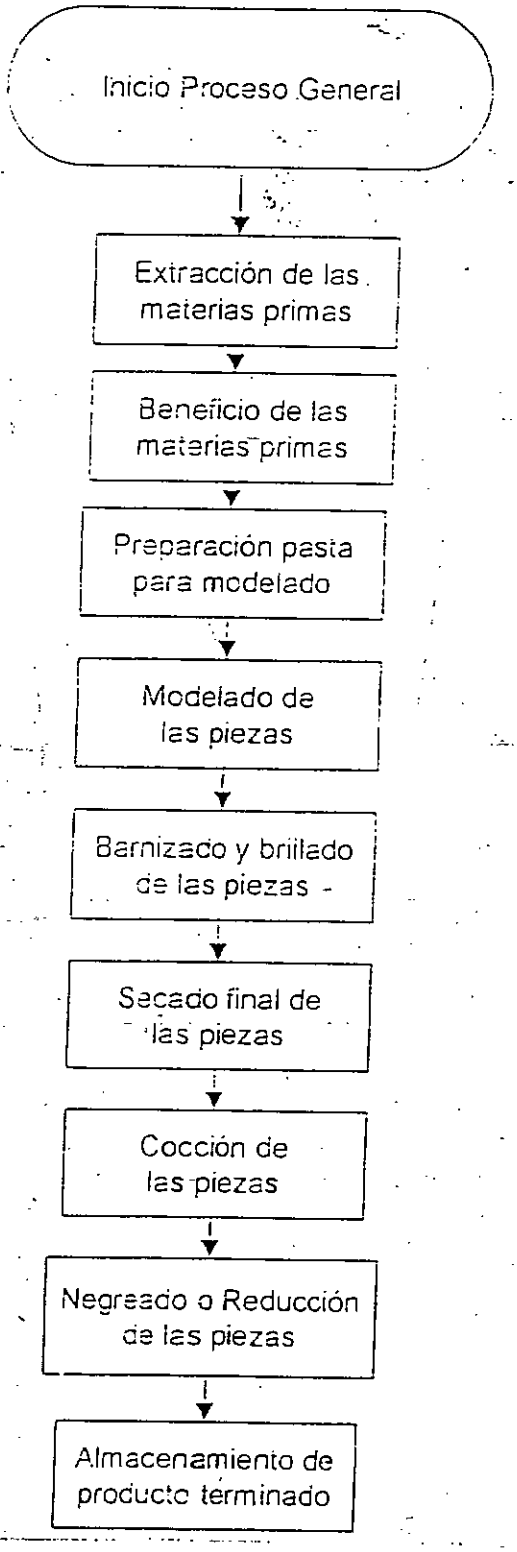


Diagrama 1.1. Proceso general de fabricación de piezas en La Chamba

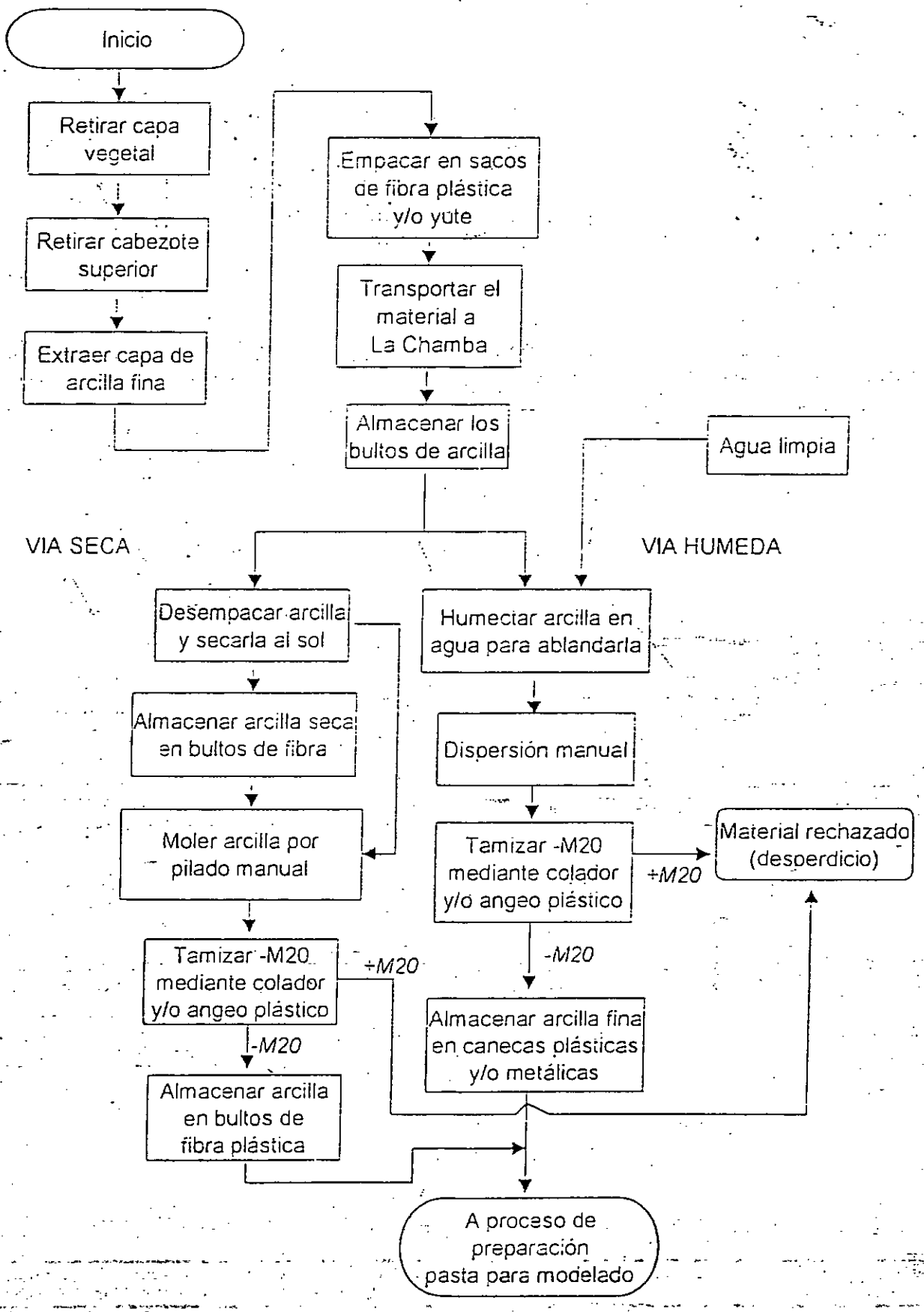


Diagrama 1.2. Extracción y beneficio de la arcilla lisa. Método actual

Figura 1.1. Extracción y beneficio de la arcilla lisa. Método actual. Retiro capa vegetal.

- Retiro del cabezote superior - El espesor superior del manto arcilloso es desechado para evitar posibles contaminación con capa vegetal, esta parte es conocida como cabezote superior y es utilizada en la posterior recuperación ecológica de la mina.
- Extracción del manto de arcilla lisa - Una vez se ha retirado el cabezote superior del manto arcilloso hay una capa arcillosa la cual tiene

aproximadamente 35 a 40 cm de espesor, es esta la arcilla que realmente se utiliza en el proceso. El manto arcilloso tiene aproximadamente un espesor de 50 cm de los cuales se utiliza sólo la parte intermedia, la parte inferior del manto se deja sin explotar porque puede estar contaminada con material más duro que no presenta ningún tipo de plasticidad, según los artesanos éste es un material tipo talco que no presta ninguna utilidad en el proceso.

- Empaque en talegas de fibra y/o yute - Una vez la arcilla ha sido extraída es empacada en talegos de fibra plástica y/o de yute para su posterior transporte a La Chamba.
- Transporte a los talleres de La Chamba - Para el transporte del material explotado, se utiizan diversos medios tales como: carro que es contratado por un grupo de artesanos, tractor ó incluso muchas veces los mismos artesanos se encargan del transporte tal como se observa en la figura 1.2; otras veces se utilizan bestias de carga.

Figura 1.2. Extracción y beneficio de arcilla lisa. Método actual. Transporte a La Chamba

1.1.1.2 Criterios de calidad.

El criterio que se tiene para establecer la calidad del material explotado, es la no presencia de material extraño. La arcilla lisa no debe ir acompañada de residuos de capa vegetal ni de ningún tipo de material arenoso que tiende a estar en el cabezote inferior; debido a este hecho, éste último material es desechado.

1.1.1.3 Recuperación ecológica

En vista de que la mina de arcilla lisa es de propiedad de Artesanías de Colombia, se ha tratado de explotar siguiendo todas las pautas de reforestación necesarias para compensar la explotación del material.

La mina es dividida en 2 áreas aproximadamente iguales, una dedicada a la explotación del material y la otra dedicada a la recuperación mediante el cultivo de arroz. El ciclo de explotación y recuperación para cada área de la mina tiene una duración aproximada de 2 años.

Después de cada proceso de explotación, la capa vegetal y el cabezote superior del manto arcilloso se retorna al sitio de donde se extrajo; cuando el área dedicada a la explotación ha sido consumida en un 80 ó 90 %, se trae más capa vegetal, se nivela el terreno y se acondiciona para el cultivo de arroz. Al mismo tiempo se empieza a explotar el otro 50% del área que estaba en recuperación.

1.1.2 Arcilla arenosa. Es el material encargado de entregar resistencia mecánica a las piezas en verde aportando la parte "gruesa" de la pasta y permitiendo un secado uniforme a las piezas sin presencia de grietas antes del proceso de cocción, además le confiere a la pieza una resistencia al choque térmico en el momento del proceso de negreado de las piezas. El alcance del proceso de extracción de este material va desde extracción del material en la mina hasta el respectivo transporte a La Chamba.

1.1.2.1 Procedimiento actual.

En el diagrama 1.3 correspondiente a la extracción y beneficio de la arcilla arenosa, se puede observar la parte que ilustra el procedimiento de extracción de este material. El procedimiento es muy parecido al que se sigue para la extracción

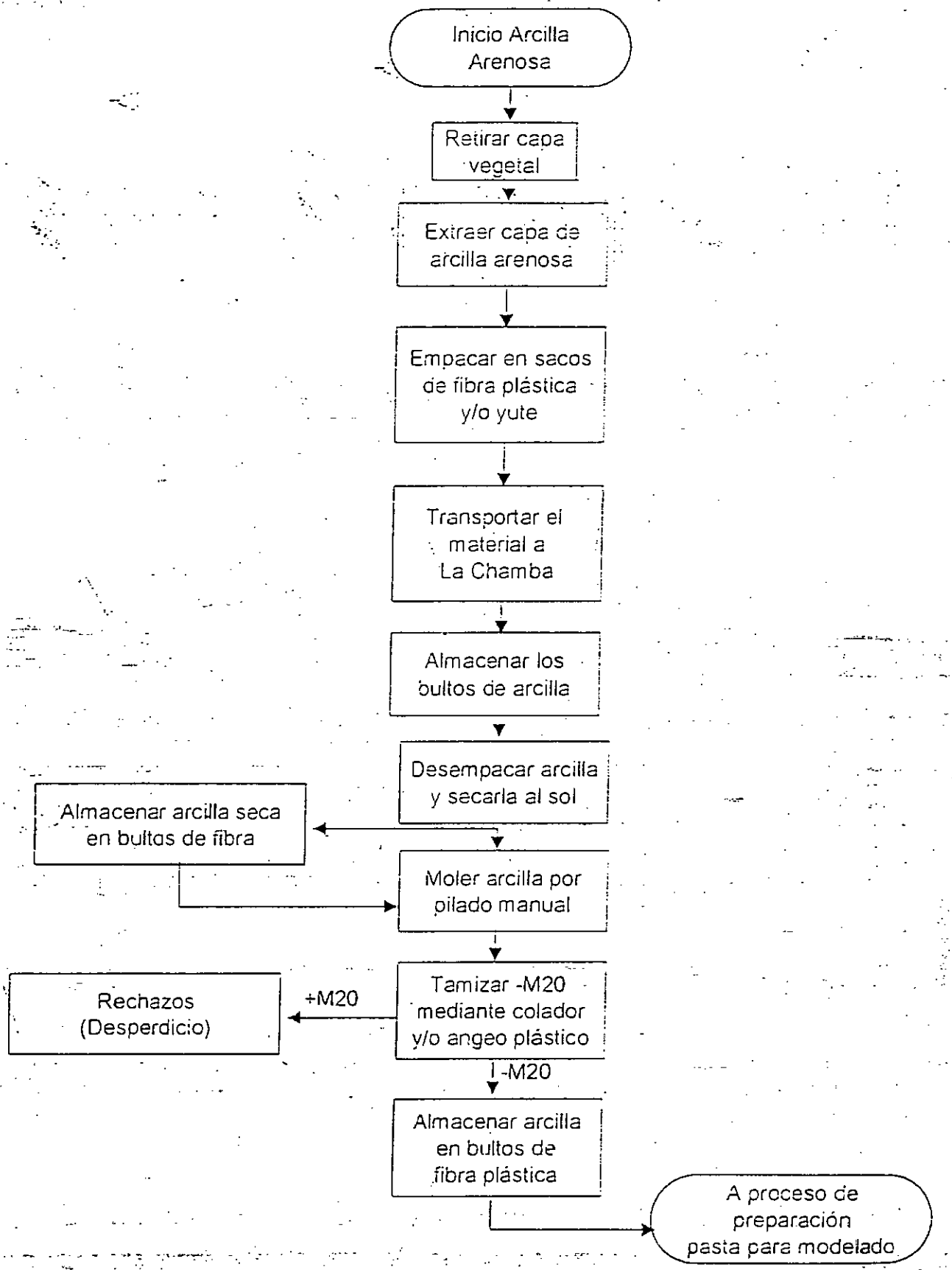


Diagrama 1.3. Extracción y beneficio de la arcilla arenosa. Método actual

de la arcilla lisa. A continuación se da una breve descripción de cada uno de los pasos que conlleva este proceso en particular.

- Herramientas - Aplican exactamente las mismas herramientas utilizadas para la explotación de la arcilla lisa.
- Retirar capa vegetal - De manera similar a como se hace en la mina de arcilla lisa, es necesario retirar la capa vegetal que está cubriendo el manto de arcilla arenosa. En esta mina el espesor de la capa vegetal es de 10 cm aproximadamente. Esta capa una vez ha sido retirada, no es devuelta al sitio de donde se extrajo; si asi se hiciera ayudaría a la recuperación ecológica de la mina.
- Extracción de la arcilla arenosa.- Una vez ha sido retirada la capa vegetal se inicia la extracción de la capa de arcilla arenosa, la cual es reconocida por su color según versión de los mismos artesanos.
- Empaque en talegas de fibra plástica y/o yute - Una vez la arcilla ha sido extraída es empacada en talegos de fibra plástica ó de yute para su posterior transporte a La Chamba.
- Transporte a los talleres de La Chamba - Aplican los mismos medios utilizados en el transporte de la arcilla lisa

1.1.2.2 Criterios de calidad

Los criterios de calidad para este material son muy parecidos a los utilizados para la arcilla lisa, es decir no debe haber presencia de capa vegetal ni de ningún tipo de material extraño.

1.1.2.3 Recuperación ecológica de la mina

Desafortunadamente no existe.

1.1.3 Arcilla roja. Es un material arcilloso de color rojo, seguramente por su alto contenido en minerales de hierro (FeO, Fe_2O_3). Su función, después de beneficiada y debido a su alto contenido de partículas finas, es trabajar como un engobe que confiere un color rojo a las piezas las cuales después de ser brilladas adquieren un brillo que se torna en negro brillante durante el proceso de negreado, siendo ésta la principal característica estética de la producción de La

Chamba; además debido a la característica del material, éste es el encargado de disminuir la porosidad de las piezas. El procedimiento va desde la explotación de la materia prima en la respectiva mina y transporte de la misma hasta los talleres de producción en La Chamba.

1.1.3.1 Procedimiento actual

En el diagrama 1. 4 se ilustra lo que es a la extracción y beneficio de la arcilla roja. A continuación se describe brevemente lo que es este procedimiento.

- Herramientas - Palas, picas, barras, recipientes metálicos para la medición del material y bolsas de fibra plástica y/o yute para el transporte del material hasta los talleres.
- Barrido - En vista a que la forma de explotación es muy rudimentaria, el sitio de explotación tiende a coger material inservible principalmente hojas secas, raices y piedras, por tanto antes de empezar la explotación se hace necesario limpiar el sitio. Esta tarea es relativamente sencilla considerando que el sitio de explotación no tiene más de 1 m^2 de área.
- Desterroneo - Mediante el uso de una barra o pica se raspa el frente de explotación de manera muy rudimentaria para que el material caiga al piso donde es recibido por un costal plástico extendido, tal como lo ilustra la figura 1.3.
- Llenado de la caneca de medida - Una vez el material ha caído al costal plástico que se encuentra extendido en el piso, se lleva a un recipiente con aproximadamente 5 galones de capacidad el cual es utilizado como unidad de medida para darle precio al material. Un "cuñete" de material tiene un valor de $ 2000; y corresponde a aproximadamente a 25 libras de material húmedo según versión de los mismos artesanos.
- Empaque en costales de fibra y/o yute - Cuando el material ha sido medido se lleva a costales de fibra y/o yute. Son estos los costales que serán utilizados para transportar la materia prima hasta los talleres.
- Transporte a los talleres de La Chamba - El transporte de los costales con material se lleva a cabo mediante carro que es contratado por varios artesanos. Otro medio utilizado es la canoa a través del río.

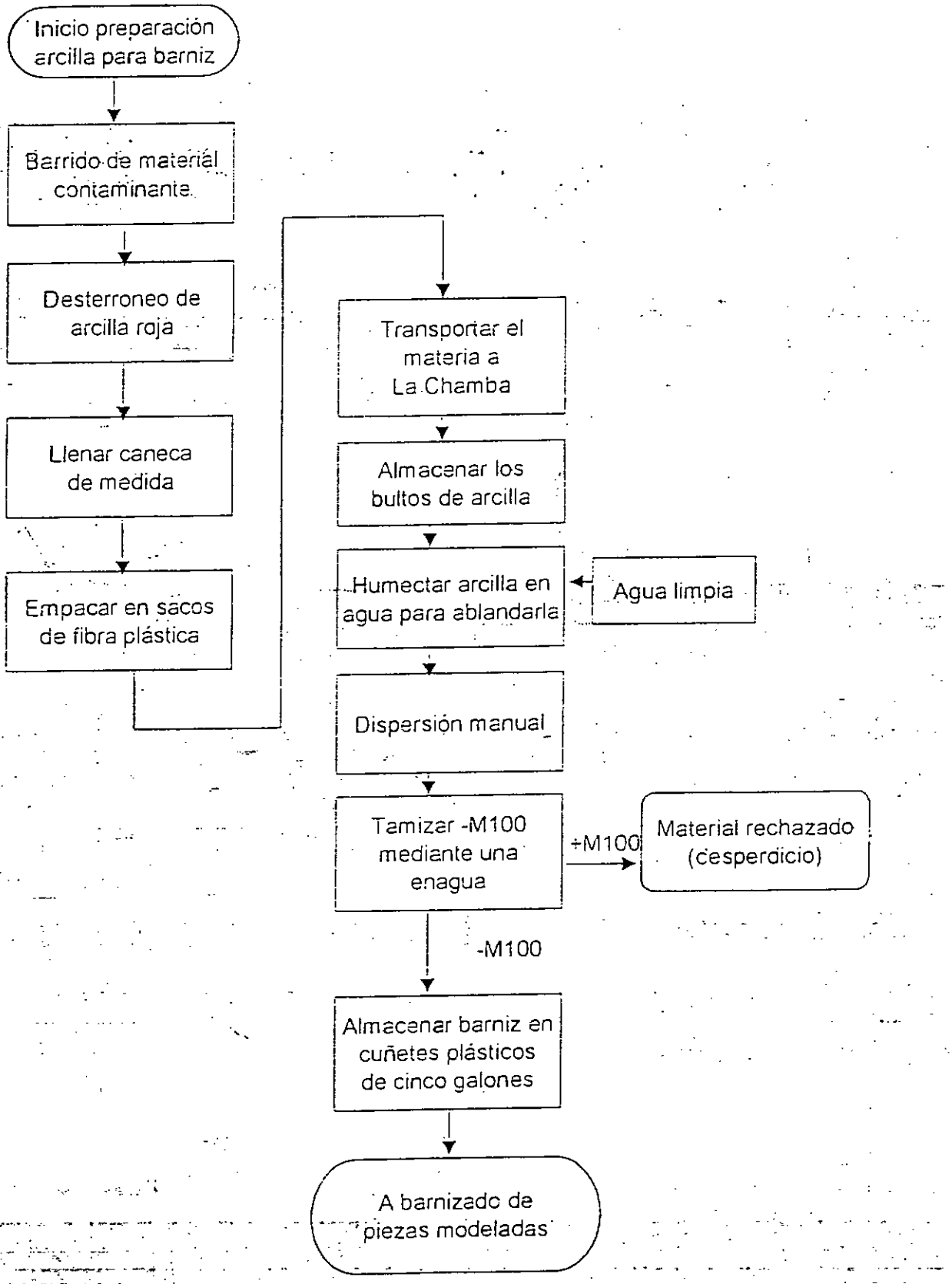


Diagrama 1.4. Extracción y beneficio de arcilla roja. Método actual

Figura 1.3. Extracción y beneficio de la arcilla roja. Método actual. Desterroneo

1.1.3.2 Criterios de calidad

Este material posee una textura granulosa con un tamaño de partícula aproximadamente de 5 mm de diámetro y se encuentra acompañado de una sustencia arcillosa de color beige, que según los artesanos es la misma arcilla roja pero todavía en proceso de oxidación. Aparentemente no presenta plasticidad al tacto. Para ser llevado al taller el material debe en lo posible no tener piedras ni

hojas secas. En este punto del proceso el criterio de calidad no es muy claro, ya que de todas maneras el material recibe cierto beneficio una vez llega al taller. En la etapa de explotación del material, el único paso llevado a cabo para que el material salga limpio, es el relacionado con el barrido del sitio de explotación.

1.2 BENEFICIO DE MATERIAS PRIMAS

Esta etapa del proceso consiste en conferir las condiciones necesarias a las materias primas para permitir su uso en el proceso productivo. Se trata de eliminar todo el material que no sirve y que acompaña las materias primas durante su explotación. De este beneficio irá a depender, en gran medida, la calidad final del producto terminado. El beneficio realizado en La Chamba está orientado principalmente a la eliminación del material grueso y contaminante en general (hojas secas, palos, etc.). Este procedimiento de beneficio igualmente permite conferir al material las características plásticas necesarias para hacerlo trabajable.

1.2.1 Arcilla lisa. Teniendo en cuenta que este material es el ancargado de conferir la plasticidad y trabajabilidad a la pasta para el moldeo y modelado de las piezas, su beneficio, además de separar todo tipo de material extraño, está en entregarle cierta plasticidad mediante el beneficio por vía húmeda considerando el hecho de que este material posee una gran capacidad de adsorción de agua. Es este el material que suministra las partículas más finas de la pasta, partículas éstas que le confieren a la pasta esa textura "cochosa" que la caracteriza. El alcance de esta etapa va desde la recepción del material procedente de la mina hasta entregarlo en condiciones adecuadas para el proceso de preparación de la pasta para el moldeo y modelado de las piezas.

1.2.1.1 Procedimiento del beneficio por vía seca

En el diagrama 1.2 visto anteriormente y correspondiente al flujograma para la extracción y beneficio de la arcilla lisa, se puede observar la parte relacionada con el procedimiento del beneficio de este material por la vía seca.

- Herramientas - Para el beneficio de este material se utilizan láminas de cinc, pilón de madera, colador y/o angeo plástico, talegas de fibra plástica.
- Secado del material - Una vez el material llega de la mina, es desempacado y expuesto al sol y al viento para su secado; para ello es extendido en láminas de cinc de manera que el material no entre en contacto con el piso, tal como lo ilustra la figura 1.4; en los sitios en donde existen patios cementados, el material es extendido directamente sobre el piso. Durante esta etapa el material recibe homogenización mediante movimiento buscando con ello un mejor secado.

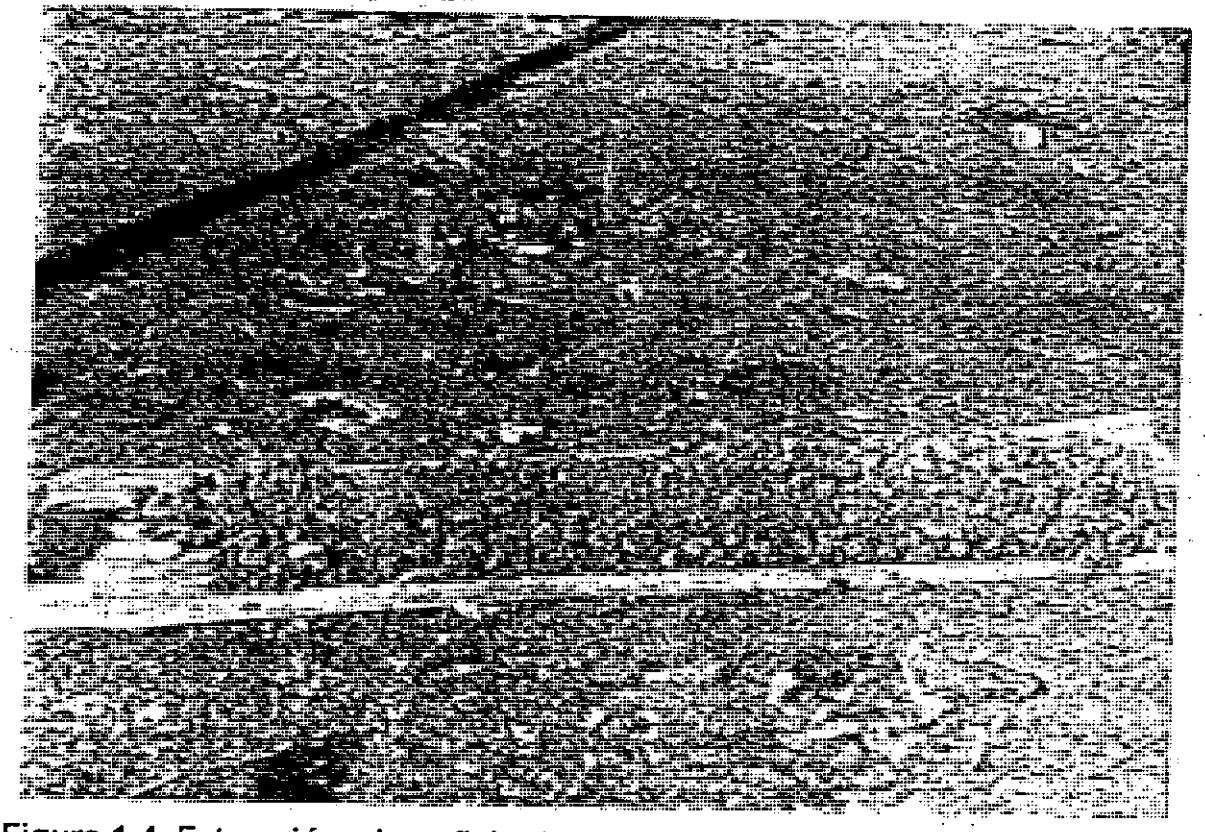


Figura 1.4. Extracción y beneficio de la arcilla lisa. Método actual. Secado del material.

- Pilado del material - Después de secado el material, éste es depositado en pilones de madera como el mostrado en la figura 1.5 en donde se somete a un proceso de molienda rudimentario usando para ello mazos de madera. La idea es triturarlo y molerlo obteniendo de esta manera un tamaño de grano más pequeño que permita el uso del material en el ensamble de la pasta.

- Tamizado o cernido - Cuando el material ha sido molido, se somete a un proceso de tamizado o cernido utilizando para ello una malla plástica normal tipo angeo cuyo tamaño de hueco es aproximadamente malla ASTM # 20. El material clasificado de esta manera será utilizado en el ensamble de la pasta. El material de rechazo (material que queda en la malla por su tamaño) y que principalmente está compuesto de materiales duros donde predominan granos de arena grandes, es desechado.

Figura 1.5. Extracción y beneficio de arcilla lisa. Método actual. Herramienta utilizada para el pilado ó molienda del material.

- Almacenamiento del material beneficiado - El material cernido es empacado en talegas de fibra y almacenado en sitio seco para ser utilizado cuando sea necesario
- Criterios de calidad para el beneficio por vía seca - Es importante garantizar, hasta donde el procedimineto lo permita, el tamaño de grano del material. Un adecuado tamaño de grano le entregará a la superficie de la pieza un acabado libre de asperezas y piedras, lo que va a facilitar los procesos de pulida y terminado de las piezas.

1.2.1.2 Procedimiento por vía húmeda

En el diagrama 1.2 visto anteriormente y correspondiente al flujograma para la extracción y beneficio de la arcilla lisa, se puede observar la parte relacionada con el procedimiento del beneficio de este material por la vía húmeda

- Herramientas - Para el beneficio de la arcilla lisa por la vía húmeda, básicamente se utilizan colador y/o angeo plástico, canecas plásticas y/o metálicas.
- Humectación del material - Cuando el material es traído de la mina es humectado hasta que la mezcla adquiera una textura de "mazamorra" (expresión utilizada por los mismos artesanos). El objeto de esta humectación es hacer que el material empiece a soltar residuos contaminantes tales como raíces u hojas secas que por su naturaleza no deben ir en la pasta; además durante este proceso el material empieza a adsorber agua y los grumos de material empiezan a diluirse. Generalmente el material permanece en humectación durante un período de 24 horas, lo que ayuda a generar un poco más de plasticidad. La humectación tiene lugar en canecas plásticas y/o metálicas.
- Dispersión manual del material - En la misma caneca en donde se llevó a cabo la humectación del material, empieza una operación de dispeersión manual con el objeto de eliminar los grumos que pudieron quedar y que no se diluyeron durante la operación de humectación.

En esta operación se empieza a separar por decantación natural el material más pesado que acompaña a la arcilla. En dicho material prevalece mucha

arena y pedazos de raíces y palos que se convierte en desperdicio. A medida que se hace la dispersión por la vía manual, el material es cernido mediante un colador plástico cuyo tamaño de hueco es aproximadamente ASTM # 20. El material cernido o tamizado es recibido y almacenado en una caneca plástica quedando listo para la preparación de la pasta. Generalmente el procedimiento tiene lugar el mismo día de la preparación de la pasta, por lo que casi nunca hay almacenamiento de arcilla beneficiada por dispersión.

- Criterios de calidad para el procedimiento vía húmeda - En términos generales aplican los mismos criterios de calidad que hay para el procedimiento de beneficio por vía seca, es decir son altamente importantes el tamaño de grano del material y el hecho que éste se encuentre libre de cualquier tipo de contaminación.

1.2.2 Arcilla arenosa. Este material cumple una función específica dentro de la pasta y es el de conferir la resistencia mecánica a las piezas en verde, y dado su tamaño de grano más grueso permite igualmente un secado más controlado de las piezas antes de la cocción. Durante los procesos de cocción y negreado, es el material que confiere a la piezas resistencia al choque térmico para que éstas no se rompan en el momento de salir del horno antes de ser sometidas al negreado. Este material posee un tamaño de grano mayor al de la arcilla lisa. El alcance de este proceso va desde la recepción del material procedente de la mina hasta entregarlo en condiciones adecuadas para el proceso de preparación de la pasta para el moldeo y modelado de las piezas.

1.2.2.1 Procedimiento

Del diagrama 1.3 visto anteriormente se extrae la parte correspondiente al procedimiento de beneficio de este material.

- Herramientas - Para el beneficio de este material se utilizan láminas de cinc, pilón de madera, colador y/o angeo plástico, talegas de fibra plástica.
- Secado del material - Una vez el material llega de la mina, es desempacado y expuesto al sol y al viento para su secado; para ello es extendido en láminas de cinc de manera que el material no entre en contacto con el piso; en los

sitios en donde existen patios cementados, el material es extendido directamente sobre el piso. Durante esta etapa al material se le da cierto movimiento buscando con ello un mejor secado del material.

- Pilado del material - Después de secado el material, éste es depositado en pilones de madera en donde se somete a un proceso de molienda rudimentario usando para ello mazos de madera. La idea es triturarlo y molerlo obteniendo de esta manera un tamaño de grano más pequeño que permita el uso del material en el ensamble de la pasta.
- Tamizado o cernido - Cuando el material ha sido molido, se somete a un proceso de tamizado o cernido utilizando para ello una malla plástica tipo angeo cuyo tamaño de hueco es aproximadamente malla estándar ASTM # 20. El material clasificado de esta manera será utilizado en el ensamble de la pasta. El material rechazo (material que se queda en la malla), que principalmente está compuesto de materiales duros donde predominan granos de arena grandes, es desechado
- Almacenamiento del material beneficiado - El material cernido es empacado en talegas de fibra y almacenado en sitio seco, para ser utilizado cuando sea necesario en el proceso de ensamble de pasta.

1.2.2.2 Criterios de calidad

Es importante garantizar, hasta donde el procedimiento lo permite, el tamaño de grano del material. Un adecuado tamaño de grano le entregará a la superficie de la pieza un acabado libre de asperezas y piedras, lo que va a facilitar los procesos de pulida y terminado de las mismas. De todas maneras este material por ser más grueso, tiende a ser más duro para moler.

1.2.3 Arcilla roja. La cerámica de La Chamba no es propiamente esmaltada, se usa una arcilla roja que hace las veces de engobe cuyas funciones son muy parecidas a las de un esmalte cerámico convencional. Este material se utiliza para la fabricación del barniz el cual tiene un efecto decorativo después del proceso de negreadoo y un efecto de impermeabilización sobre las piezas. Este material fino se va a comportar como un tipo de engobe que al ser aplicado a la pieza le

confiere a ésta una impermeabilización que evitará futuras filtraciones de líquidos hacia las partes internas de las piezas.

Dada la característica de las materias primas y su beneficio, la pasta utilizada para fabricar el producto de La Chamba es de naturaleza porosa, esta es la razón por la cual las piezas poseen una buena resistencia mecánica en verde y soportan el choque térmico en el transcurso desde cocción a negreado, sin embargo,y dado que la temperatura que se alcanza dentro de los hornos no es suficientemente alta para que la pieza quede bien cocida y disminuya la porosidad, se hace necesario compensar este factor mediante el uso del barniz que al estar formado de partículas muy finas le confiere ese grado de impermeabilización que no se puede conseguir durante la cocción debido a las razones ya mencionadas. En términos concretos, el barniz es el que le permite a las piezas que sean utilizadas como piezas de vajillería a pesar de éstas estar fabricadas con una pasta de alta porosidad.

El alcance de es este proceso va desde la recepción del material procedente de la mina hasta entregarlo en condiciones adecuadas para el posterior proceso de aplicación a las piezas.

1.2.3.1 Procedimiento

El diagrama 1.4 visto anteriormente y correspondiente al flujograma para la extracción y beneficio de la arcilla roja, describe la parte relacionada al procedimiento de beneficio de este material.

- Herramientas - Para el beneficio de este material se utilizan enaguas y canecas plásticas. La enaguas hacen las veces de tamiz fino necesario para obtener un material con un tamaño de partícula pequeño.
- Humectación del material - Una vez el material llega de la mina se somete al proceso de humectación para ablandar la arcilla y permitir que todo el material contaminante ó material grueso que la acompaña y que no es útil para el proceso decante naturalmente en la caneca. Con esta operación igualmente se busca ir eliminando y disolviendo grumos de arcilla para un mejor cernido que es uno de las operaciones subsiguientes.

- Dispersión manual - La dispersión consiste en disolver con la mano todos los grumos de arcilla que fueron "aflojados" en la operación de humectación.
- Cernido ó tamizado - Esta etapa es de suma importancia pues es la encargada de conferir al material el tamaño de partíicula adecuado para que el barniz se comporte como un esmalte cerámico en el sentido de entregar a la pieza el grado de impermeabilización necesario. Esta operación consiste en separar todo tipo de partícula gruesa que pueda venir acompañando a la arcilla desde la misma mina. Además es necesario que este material sea lo más fino posible para que cumpla la función de impermeabilzación al ser aplicado a las piezas. Para este tamizado se utiliza una enagua cuyo material posee un tamaño de hueco aproximadamente ASTM No. 100.
- Almacenamiento - Después del tamizado el material es almacenado en canecas plásticas con una capidad aproximada de 20 litros. Al final se obtiene una mezcla de textura pastosa con un tamaño de partícula muy fino.

1.2.3.2 Criterios de calidad

El barniz cumplirá su función decorativa y de impermeabilización en la medida que su tamaño de partícula sea más fino, ya que a más finura del material será mejor el brillo obtenido durante las operaciones de pulida y brillado; además éste tendrá una mayor reactividad con la pasta de la pieza durante la cocción. Todo esto indica que un buen barniz debe cumplir con un tamaño de grano lo más fino posible, siempre y cuando las condiciones del proceso actual así lo permitan; ya que no se puede exigir un tamaño de partícula más fino cuando la tecnología propia del proceso actual esta limitando una posible mejora en la condiciones del barniz.

1.3PREPARACION PASTA PARA FABRICAR PIEZAS

Se trata de mezclar y homogenizar cada uno de los componentes que hacen parte de la pasta que será utilizada en el proceso de fabricación de las piezas; en donde cada uno aportará las respectivas propiedades de plasticidad, resistencia mecánica en crudo, resistencia al choque térmico, etc.

Del buen grado de amasado de la mezcla, dependerá la buena o mala homogenización del tamaño de partículas en la pasta resultante. Se busca que la pasta tenga la consistencia tal, que permita el moldeado y modelado de las piezas.

En este punto del proceso se hace importante eliminar todo el aire que pudiera estar "atrapado" dentro de la pasta. La eliminación de este aire irá a prevenir posibles "estallados" de las piezas durante el proceso de cocción, evitando de esta manera las pérdidas de producción.

El alcance de esta etapa en particular va desde la recepción de las materias primas beneficiadas (arcilla lisa seca, arcilla lisa en suspensión, arcilla arenosa seca), hasta entregar una pasta apta para la fabricación de las piezas.

1.3.1 Procedimiento El diagrama 1.5 correspondiente al flujograma para la preparación de la pasta, muestra las etapas que hacen parte de este procedimiento en particular.

1.3.1.1 Herramientas

Las herramientas utilizadas básicamente son una mesa, platón metálico para llevar a cabo el amasado de la mezcla de arcillas.

1.3.1.2 Mezcla de arcilla arenosa y lisa

En un platón seco se adicionan volúmenes iguales tanto de arcilla arenosa seca como arcilla lisa igualmente seca, tal como se ilustra en la figura 1.6. En el cálculo de los volúmenes a adicionar no hay ningún tipo de medida, todo se efectúa "al ojo", basándose sólo en la experiencia del artesano. Una vez se han adicionado los dos materiales, se procede a mezclarlos manualmente.

1.3.1.3 Adición de arcilla lisa en suspensión y amasado

Para lograr la consistencia requerida, se va incorporando poco a poco a la mezcla de materiales secos pequeñas cantidades de arcilla lisa que se encuentra en suspensión, la mezcla de efectúa manualmente; este procedimiento se ilustra en la figura 1.7. La adición de arcilla lisa en suspensión tiene lugar hasta que el artesano siente que la mezcla ya se encuentra "en su punto"; como se puede observar es una medida demasiado empírica.

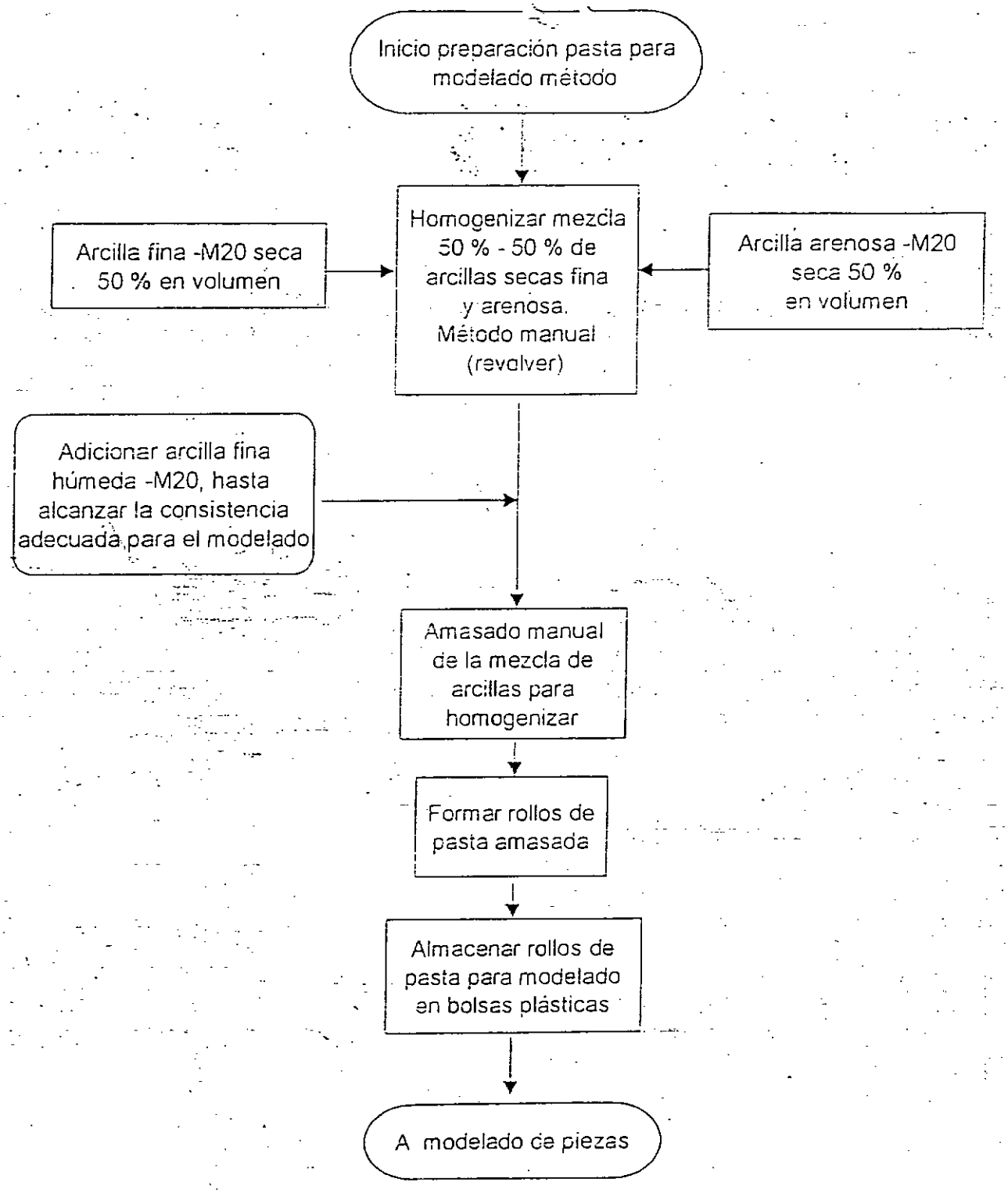


Diagrama 1.5. Preparación pasta para modelado. Método actual

Figura 1.6. Preparación pasta para modelado. Método actual. Mezcla de arcilla arenosa y lisa.

Según el artesano, cuando la mezcla está muy seca ésta tiende a cuartearse y no presenta la trabajabilidad requerida; cuando hay demasiada humedad en la mezcla, ésta tiende a volverse pegajosa; el indicativo que tiene el artesano para decidir las condiciones óptimas de la mezcla, es cuando ésta adquiere una consistencia "cochosa". La pasta así obtenida, no tiene ningún tipo de control en cuanto a las cantidades de materias primas utilizadas.

1.3.1.4 Formación de rollos de pasta amasada y almacenamiento

Después que la pasta ha adquirido la consistencia necesaria, se elabora un "rollo" de pasta que es cubierto con plástico para mantener la humedad quedando lista para el proceso de modelado. Usualmente la cantidad de pasta preparada es utilizado durante el transcurso del día. La cantidad de pasta fabricada obedece aproximadamente a la cantidad de piezas a fabricar durante el día.

Figura 1.7. Preparación pasta para modelado. Método actual. Adición de arcilla lisa en suspensión y amasado.

1.3.2 Criterios de calidad. En el proceso de preparación de la pasta, sólo tiene que ver la experiencia del artesano, no hay ningún tipo de control ni de medida sobre los materiales utilizados. Desde este punto de vista es difícil que la pasta utilizada diariamente presente poca variabilidad. El único criterio existente es la consistencia que según el artesano debe tener la pasta; ésta debe presentar una textura "cochosa" para que sea apta para la fabricación de las piezas.

1.4 FABRICACION DE LAS PIEZAS

La fabricación es completamente manual, utilizando para ello diferentes técnicas tales como moldeado, modelado con todas las variaciones posibles (pellizco, rollo etc.) dependiendo de la pieza fabricada. Prácticamente se vienen utilizando las mismas técnicas desde la época precolombina, este hecho hace que la producción de La Chamba posea un alto valor artesanal y cultural.

Para la descripción de este proceso, se plantea el modelado de una parte intermedia al que le llamaremos "cuerpo", y corresponde a la sección semiesférica de la pieza y que puede ser utilizada para la elaboración de diversas referencias. Por ejemplo, con un mismo cuerpo es posible modelar mediante pasos ulteriores cazuelas, jarras u ollas. El concepto del cuerpo en este tipo de referencia nos permitirá plantear la mejora para este proceso en particular.

El alcance de este procedimiento va desde la recepción de la pasta lista para la fabricación de las piezas hasta entregar piezas listas para ser barnizadas.

1.4.1 Procedimiento De el diagrama 1.6 que muestra cada uno de los pasos del procedimiento actual llevado a cabo en La Chamba para la fabricación, pulida y barnizado de la cazuela, se puede extractar la parte correspondiente a la fabricación de la misma. Se tomó como referencia la cazuela, en vista de que ésta es la más representativa de la producción de La Chamba y además es la de mayor demanda en el mercado.

1.4.1.1 Herramientas

Las herramientas utilizadas en este proceso son: mesa con torneta, espátulas varias, vasijas de cerámicas utilizadas como guías.

1.4.1.2 Elaboración de arepas

Del rollo de pasta amasado y listo para la fabricación de las piezas, se saca una cantidad aproximada para la fabricación de la pieza. Para tomar dicha cantidad de pasta, el artesano no utiliza ningún tipo de medida que le permita calcular la pasta utilizada para la elaboración de cada pieza; este aspecto no permite tener control sobre las dimensiones y peso de las piezas.

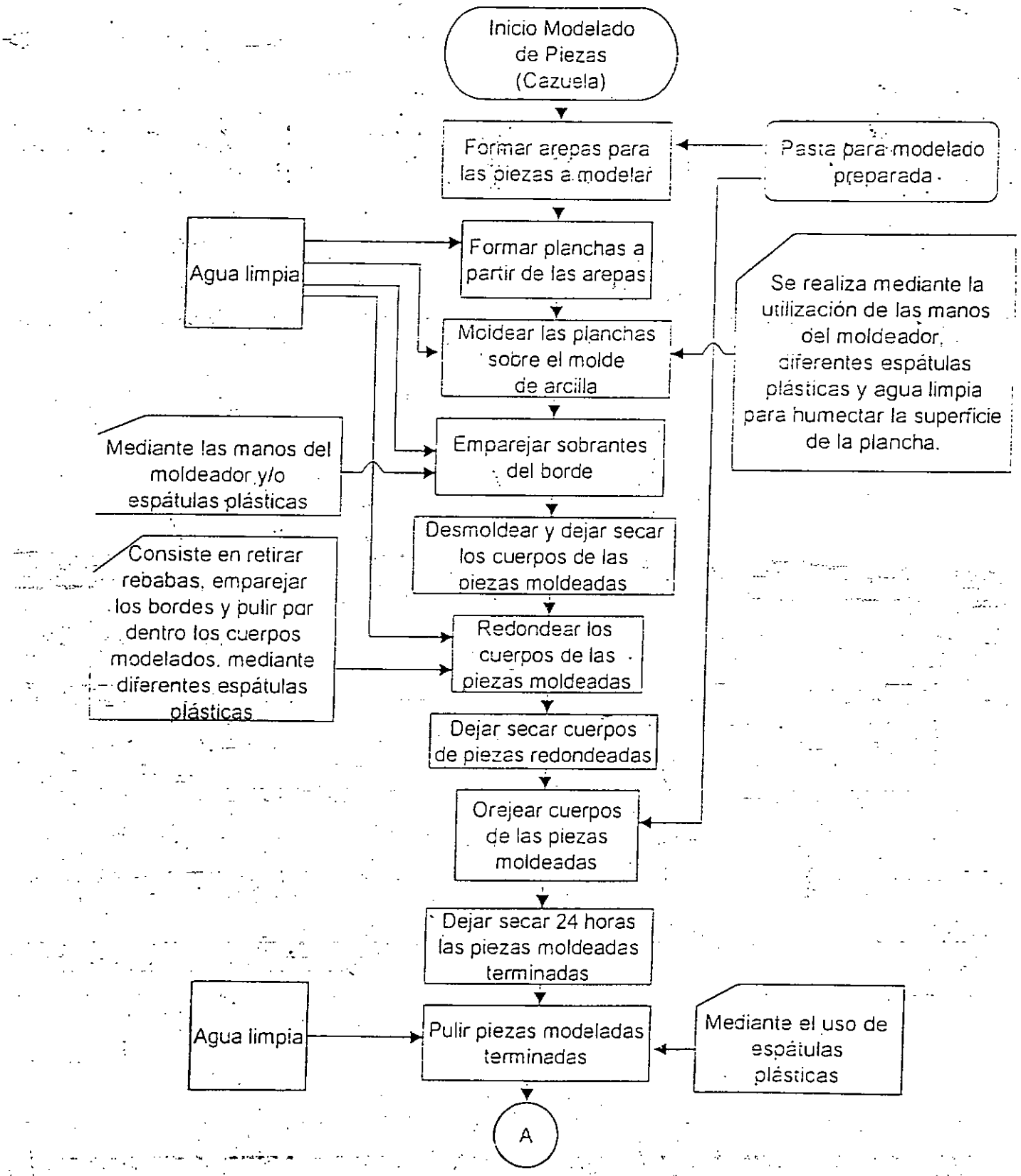


Diagrama 1.6. Fabricación y barnizado de las piezas. Método actual

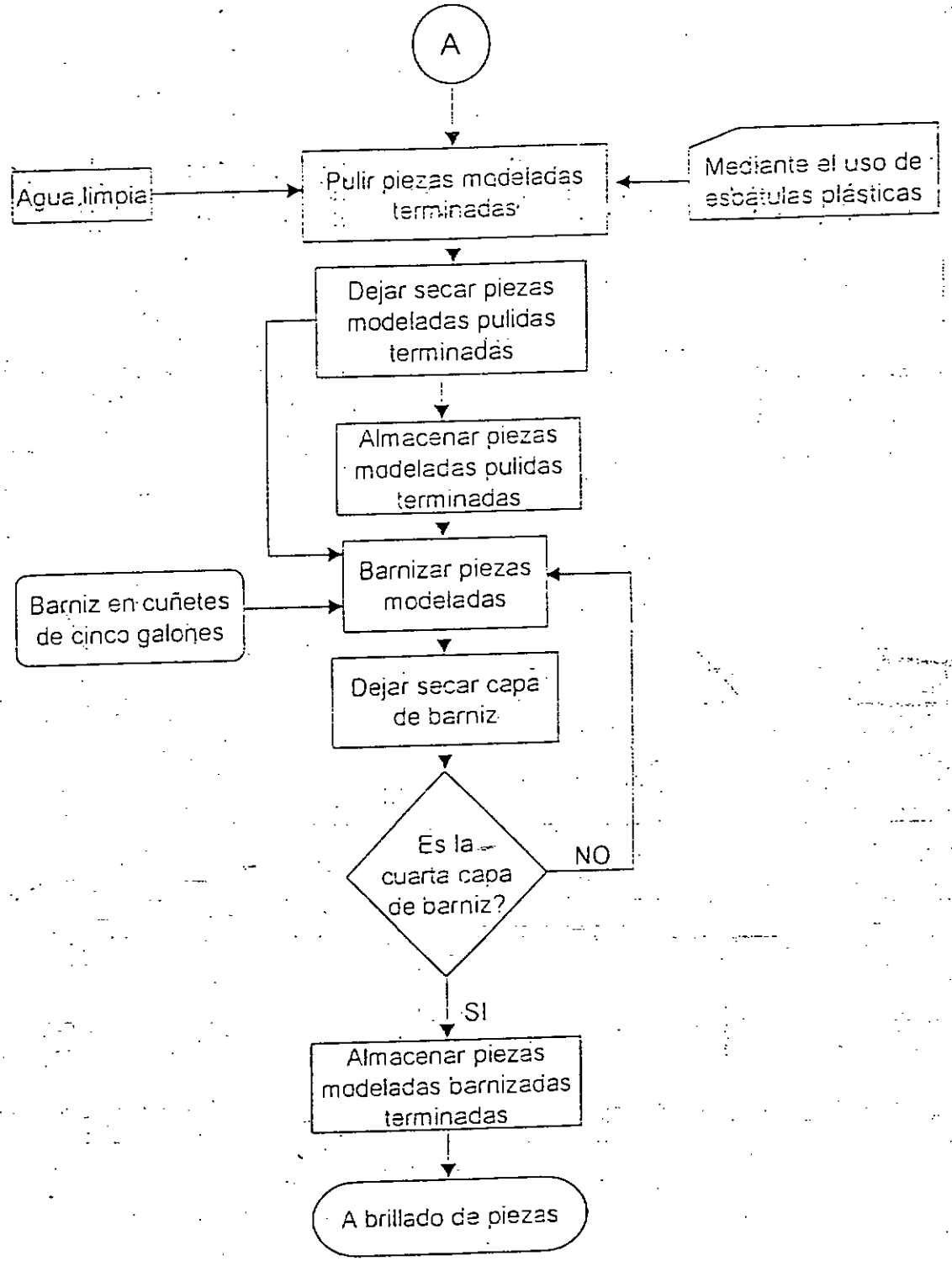


Diagrama 1.6. (Cont.). Fabricación y barnizado de las piezas. Método actual

Con la pasta el artesano hace un amasado elaborando una pequeña arepa que será el punto inicial para la fabricación de la pieza.

1.4.1.3 Elaboración de las planchas.

Tomando las arepas obtenidas en el paso anterior, se elaboran las planchas cuyo procedimiento consiste darle un mayor diámetro. La elaboración de la plancha es completamente manual, en este punto del proceso es importante la humectación constante de la mano y de la pasta utilizada, ya que la naturaleza de la pasta hace que ésta pierda humedad rápidamente; lo que es perjudicial para esta etapa del proceso. Además el artesano se ayuda espolvoreando arcilla arenosa beneficiada sobre la superficie de la mesa permitiendo un mejor deslizamiento de la plancha de pasta.

1.4.1.4 Moldeado sobre la guía de cerámica

Una vez se ha elaborado la plancha se toma la guía en cerámica para moldear las planchas. Este moldeado consiste en fabricar la parte cóncava de la pieza al que se le ha dado el nombre de "cuerpo".

Esta operación irá a dar la altura de la cazuela ó de otra referencia parecida como una olla. El artesano calcula "al ojo" dicha altura extendiendo la plancha hasta cierta distancia sobre la superficie de la guía, tal como se ilustra en la figura 1.8.

La misma naturaleza plástica de la pasta permite que ésta vaya tomando la forma de la guía cerámica, existen diferentes tipos de guía según la referencia fabricada.

1.4.1.5 Emparejar sobrantes del borde

Después de elaborar el cuerpo de la cazuela, se deben emparejar los bordes. Para esta operación se dispone de espátulas plásticas.

1.4.1.6 Desmoldeo y secado

Cuando el cuerpo de la cazuela ó referencia tipo olla han sido moldeados y sus bordes han sido emparejados, éste es retirado de la guía y se deja secar durante unos minutos, tal como se ilustra en la figura 1.9. El objetivo de este secado es que la pieza adquiera consistencia para su posterior manipulación. Dada la naturaleza plástica de la pasta y al efecto que sobre ésta tiene el material arenoso, el secado se puede hacer al aire libre y sin riesgo de rajas por contracción.

Figura 1.8. Fabricación y barnizado de las piezas. Método actual. Moldeado sobre la guía cerámica

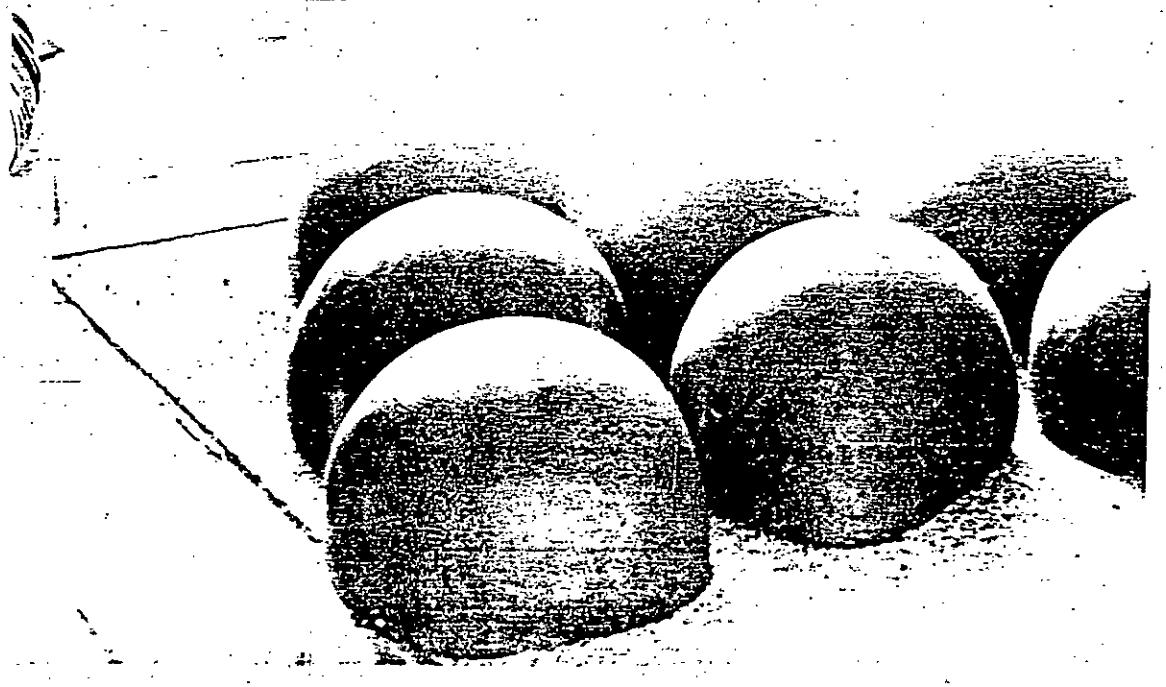


Figura 1.9. Fabricación y barnizado de la piezas. Método actual. Desmoldeo y secado.

1.4.1.7 Redondeo de los cuerpos

Consiste en retirar rebabas, emparejar los bordes y hacer una primera pulida a la parte interna de los cuerpos, usando para ello diferentes tipos de espátulas plásticas. Esta operación es ilustrada en la figura 1.10. Posteriormente se deja secar la pieza durante aproximadamente 2 h para poder llevar a cabo las operaciones subsiguientes.

Figura 1.10. Fabricación y barnizado de las piezas. Método actual. Redondeo de los cuerpos.

1.4.1.8 Orejeado y bordeado de los cuerpos

Cuando la pieza tiene suficiente consistencia, se procede a la elaboración de las asas (orejas) y su posterior ensamble al cuerpo de la cazuela ó la olla. En el caso de las ollas, mediante la técnica del rollo, se les ensambla un borde que ayudará a reforzar la pieza para que ésta soporte su propio peso; este procedimiento en particular se ilustra en la figura 1.11. Es importante la humectación de la superficie a ensamblar de manera que el asa (oreja) y/o el borde queden bien pegados a la

pieza. Para ayudar al ensamble entre las el cuerpo y el borde y/o asa a ensamblar, las respectivas superficies son sometidas a un "rayado" con tuzas de mazorca.

Figura 1.11. Fabricación y barnizado de las piezas. Método actual. Orejeado y bordeado de los cuerpos.

1.4.1.9 Secado a dureza de cuero

Cuando la pieza ha sido fabricada en su totalidad, se deja secar durante un período aproximado de 24 h para poder llevar a cabo el proceso de pulida y terminado.

1.4.1.10 Pulida y realizado

Al día siguiente de haber sido fabricadas, las piezas se pulen para emparejar su superficie . A esta altura del proceso, la pieza posee una consistencia que permite una pulida con relativa fortaleza sin que la pieza vaya a dañarse. La idea es que de esta operación la superficie de la pieza salga completamente lisa y prácticamente listas para ser barnizadas. Entre los artesanos, esta operación

también recibe el nombre de "realizado". Se utilizan espátulas de plástico y agua para humectar la superficie de las piezas de manera que la pulida se facilite más.

1.4.1.11 Secado final

Finalmente las piezas son expuestas al sol y al viento para su secado, la idea de este secado es retirar el agua que les fué aplicada durante las operaciones de pulida, en términos un poco más técnicos se trata de permitir la eliminación del agua que se utilizó para darle la plasticidad a la pasta. Es importante que la pieza esté seca para que haya una mejor adherencia del barniz.

1.4.2 Criterios de calidad. Respecto a los criterios de calidad en la fabricación y pulida de la cazuela o cualesquiera otra pieza, se podría afirmar que éstos dependen en gran medida de cada artesano. Es importante que la pieza no presente grietas ni esté deforme, y que la superficie sea lo más pareja posible sin presencia de partículas gruesas. Se trata de que no haya mucha variación en cuanto al peso de las piezas, para ello el artesano trata de coger la misma cantidad de pasta para la fabricación de las mismas. Es difícil asegurar un peso estándar en las piezas, cuando la pasta que se toma para cada pieza es calculada de acuerdo a la experiencia de cada artesano.

1.5 BARNIZADO Y BRILLADO DE LAS PIEZAS

En esta etapa se le da a las piezas las propiedades estéticas, el barnizado hace las veces de un engobe que por su naturaleza en el tamaño de partículas y después del brillado y la cocción es el encargado de disminuir la absorción de las piezas. El brillo que se ve en el producto final es entregado en esta etapa del proceso, esta característica es particular de la cerámica producida en La Chamba, por tanto es lo que le da parte del valor agregado al producto final y donde se exige un mayor cuidado por parte del artesano. Esta etapa en particular va desde la recepción de las piezas secas después del proceso de pulida y entregar piezas brilladas listas para el precalentamiento antes de entrar al horno.

1.5.1 Procedimiento. Del diagrama 1.6 ya visto y que muestra cada uno de los pasos del método actual llevado a cabo en La Chamba para la fabricación, pulida y barnizado de la cazuela; se puede extractar la parte correspondiente que ilustra lo referente al barnizado de la misma.

1.5.1.1 Herramientas

Se utilizan brocha de barnizado, caneca plástica y piedras de brillado

1.5.1.2 Barnizado de las piezas

Consiste en la aplicación del barniz que le entrega la coloración roja a las piezas. Se aplican 4 capas de barniz con un tiempo de secado entre capa y capa, se pretende que la pieza quede completamente barnizada, esto lo permite la textura del barniz. Es importante que el barniz sea lo más fino posible para un mayor poder de cubrimiento. En la figura 1.12 (parte atrás) se puede observar una piezas que han sido barnizadas las cuales están en proceso de secado para su posterior brillado.

Figura 1.12. Barnizado y brillado de las piezas. Método actual. Barnizado de la pieza. (Ver parte atrás de la foto)

1.5.1.3 Brillado de las piezas

Una vez las piezas han sido barnizadas y están completamente secas, son sometidas al proceso de brillado mediante piedras de cuarzo. Este proceso es completamente manual, tal como se ilustra en la figura 1.13. La naturaleza del barniz utilizado, hace que se obtenga el brillo en las piezas. En las piezas de La Chamba, a diferencia de otras piezas de cerámica utilitaria, no existe el vidriado pero existe el barnizado que con su respectivo brillado hacen las veces de aquel.

Un aspecto para tener en cuenta en el brillado, es la superficie de contacto entre la piedra de brillado y las pieza, entre mayor sea dicha superficie mucho más parejo será el brillado de la pieza.

Figura 1.13. Barnizado y brillado de las piezas. Método actual. Brillado de la pieza.

1.5.2 Criterios de calidad. Para calificar una pieza como bien barnizada y bien brillada el artesano posee una serie de criterios creados por él mismo. La pieza debe estar completamente brillante y sin ningún tipo de manchón. Es importante que las piezas no presenten huellas del proceso de brillado, se busca que el brillado sea lo más parejo posible. Este aspecto es importante si se tiene en cuenta que el brillo debe perdurar hasta que la pieza salga del horno y después del proceso de negreado. Es este el brillo observado en el producto final y que hace que éste tenga un buen posicionamiento en el mercado artesanal.

1.6 COCCION DE LAS PIEZAS

Como en todo proceso cerámico, artesanal o industrial, la cocción es una de las etapas más importantes, sino la que más, de todo el proceso de producción. Es esta la etapa encargada de entregarle al producto todas las propiedades de funcionalidad y/o estética mediante un buen proceso de vitrificación, lo cual implica conferir a la pieza la propiedad de ser impermeable a los líquidos y una buena resistencia mecánica.

Dado que el proceso de cocción que tiene lugar en La Chamba es muy particular en comparación con otros tipos de cocción por métodos tradicionales, se hace necesario asegurar mejor los procedimientos; ya que bajo las circunstancias actuales de cocción es muy difícil afirmar que el 100% de las piezas salen con un buen nivel de vitrificación, afectando de manera negativa el poder de absorción de agua por parte de las piezas y la resistencia mecánica de las mismas.

Es claro que el combustible utilizado (leña) y el tipo de hornos utilizados no son los más adecuados para lo que se quiere desde el punto de vista de calidad del producto final y en lo que tiene que ver con el concepto sostenible de cuaquier proceso de producción. Por tanto se hace necesario la utilización de tecnologías más limpias y sobre todo que aseguren una mejor calidad del producto.

El alcance de este proceso va desde la recepción de las piezas barnizadas, secas y con buen brillo hasta descargar el horno para llevar a cabo el proceso de negreado.

1.6.1 Procedimiento. El diagrama 1.7 ilustra lo que es el proceso referente a la cocción y negreado de las piezas.

1.6.1.1 Herramientas

Se utiliza un horno de barro cocido, diferentes tipos de varas de madera elaboradas con la misma leña que se usa como combustible. Dentro de esas varas podemos distinguir: una horqueta, gancho largo y garabato asi como una vara larga, el objeto de estas varas es el poder manipular las canecas durante el proceso de cocción Además se utilizan canecas metálicas de varios tamaños y moyas para contener las piezas que vayan a ser sometidas a cocción.

Hay otros implementos utilizados como guantes de cuero, platones, canastas plásticas y carretillas; éstas últimas usadas para el transporte de las piezas hasta el sitio donde se encuentra el horno.

1.6.1.2 Calentamiento de las piezas al sol

Esta etapa termina de eliminar el agua de plasticidad remanente que se utilizó para el modelado de las piezas durante todo el proceso, esta etapa se observa en la figura 1.14. Este secado es muy importante ya que de éste depende la humedad de entrada al horno. Las piezas deberían entrar con una humedad por debajo del 1%, y aunque el artesano no la mide si tiene una idea de la misma tocando la pieza, la cual debe sentirse caliente antes de ser cargada dentro del horno.

La importancia del precalentamiento es evitar que las piezas entren húmedas al horno previniendo de esta manera posibles estallados de piezas dentro del mismo. Esta es una de las etapas que limitan el flujo de producción ya que constantemente el artesano está dependiendo del clima para este procedimiento.

1.6.1.3 Cargue de producción a las canecas y/o moyas

Consiste en llenar ordenadamente las canecas metálicas y/o moyas tal como se ilustra en la figura 1.15, de manera que hayan espacios entre las piezas y en su parte central a lo largo de la caneca y/o la moya. Estos espacios tienen la finalidad de permitir la libre circulación del aire caliente a través de las piezas durante el proceso de cocción y un mejor contacto entre las mismas y el estiércol durante el posterior proceso de negreado.

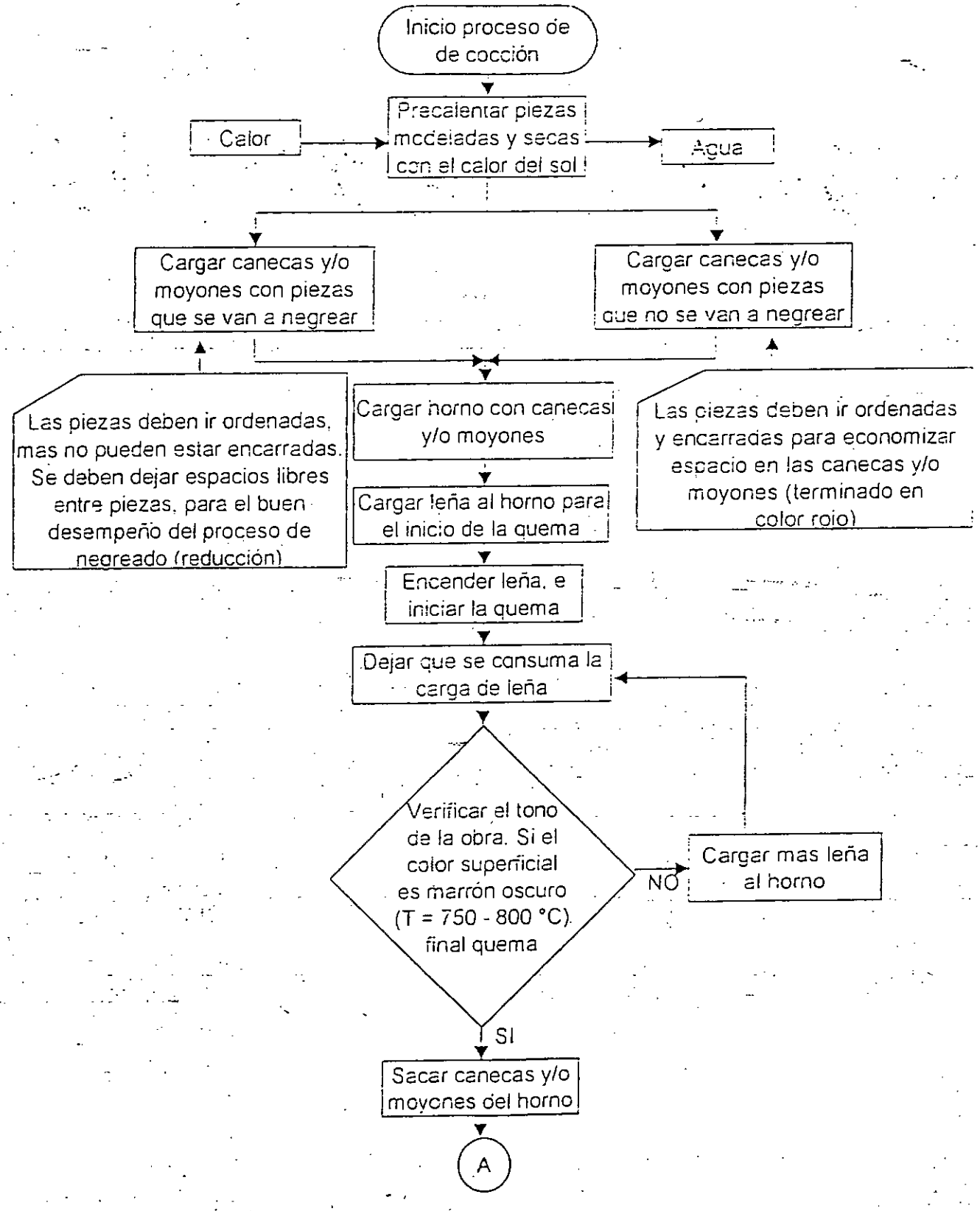


Diagrama 1.7. Cocción de las piezas. Método actual

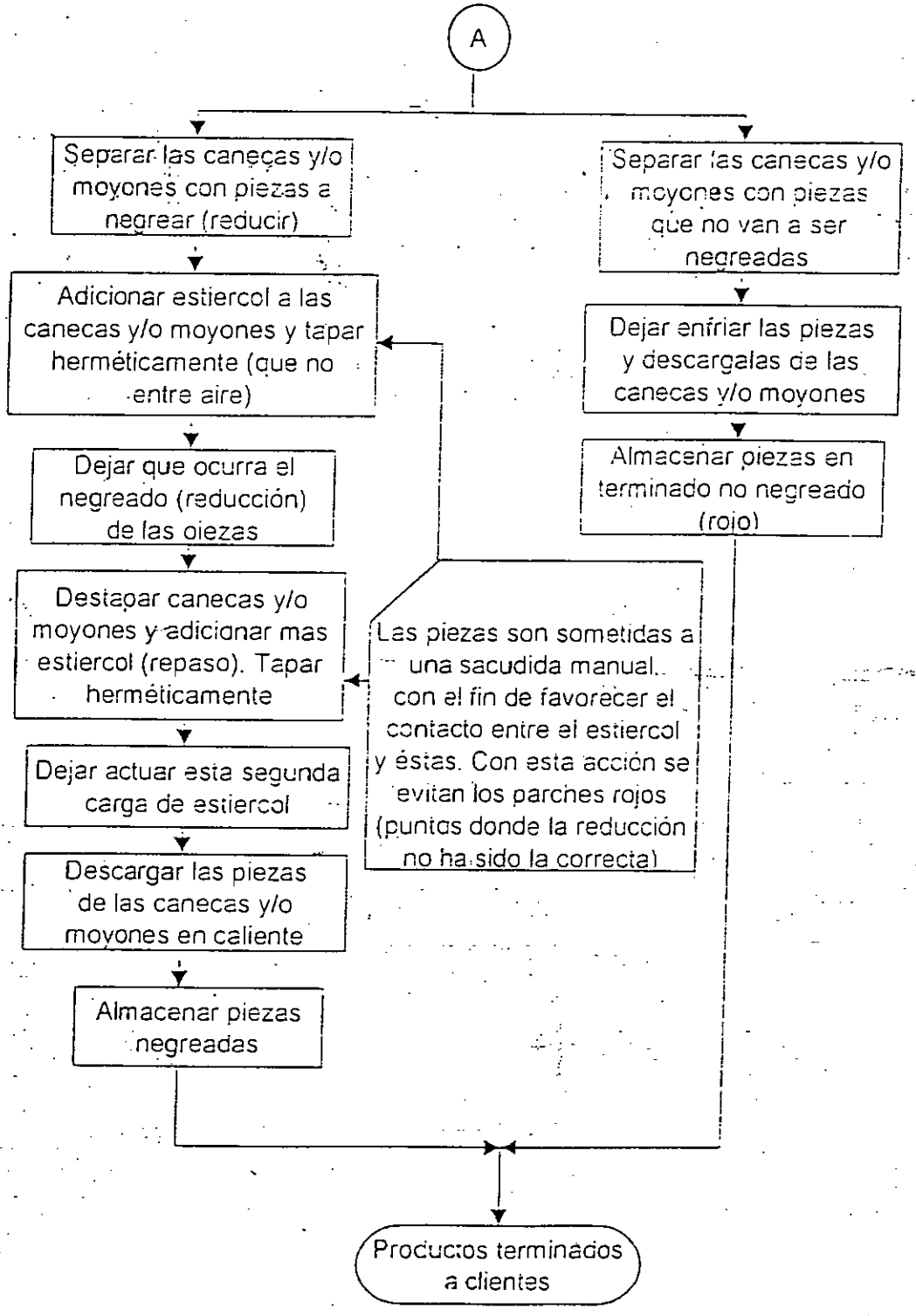


Diagrama 1.7. (Cont.). Cocción de la piezas. Método actual

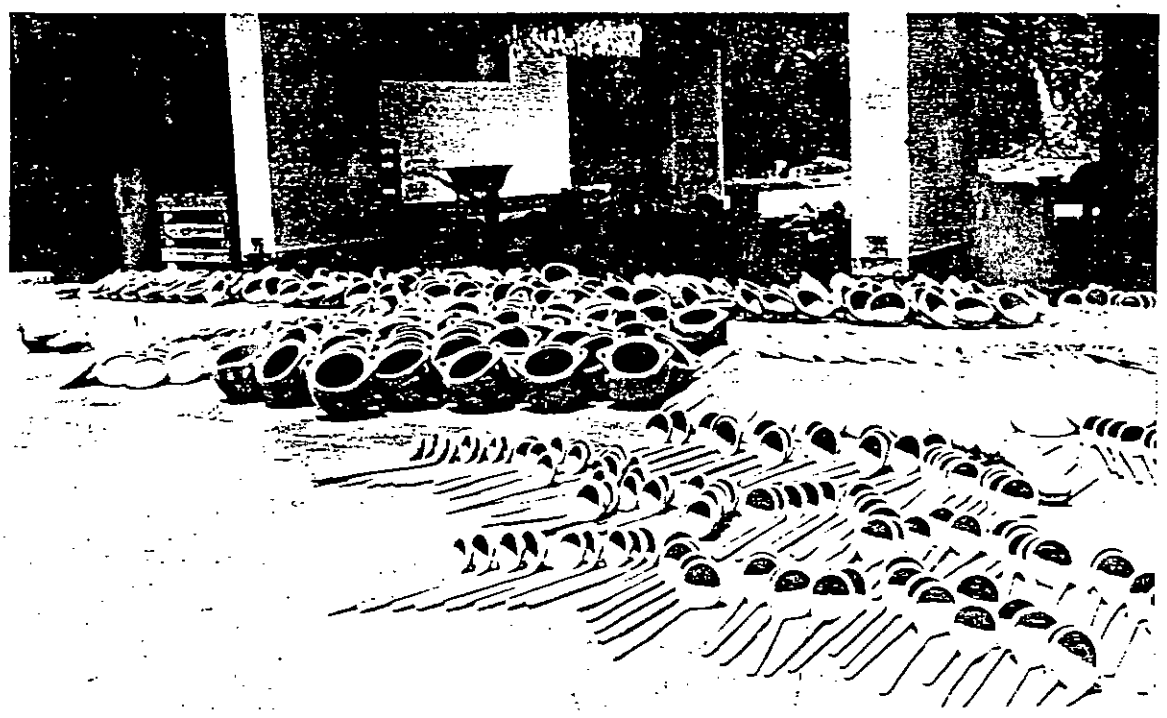


Figura 1.14. Cocción de las piezas. Método actual. Secado de piezas al sol

Figura 1.15. Cocción de las piezas. Método actual. Cargue de producción a las canecas y/o moyas

1.6.1.4 Cargue de canecas y/o moyas al horno

Después de haber limpiado el interior del horno tal como se ve en la figura 1.16, las canecas y moyas son arrastradas hasta el interior del mismo, conformando 3 hileras y 4 pasillos (2 laterales y 2 centrales). Estos pasillos serán utilizados para la ubicación de la leña dentro del horno.

1.6.1.5 Cargue de la leña

La primera carga de leña es ubicada dentro del horno a lo largo de los pasillos, las varas se ubican una sobre otras, buscando dejar espacios para la circulación de aire entre ellas favoreciendo la combustión. Este procedimiento se ilustra en la figura 1.17.

1.6.1.6 Encendido de la leña

Mediante la ayuda de un combustible líquido (tipo gasolina ó kerosene) y ramas secas, se inicia la combustión de la leña. En la figura 1.17 se puede observar el inicio de la combustión de la leña.

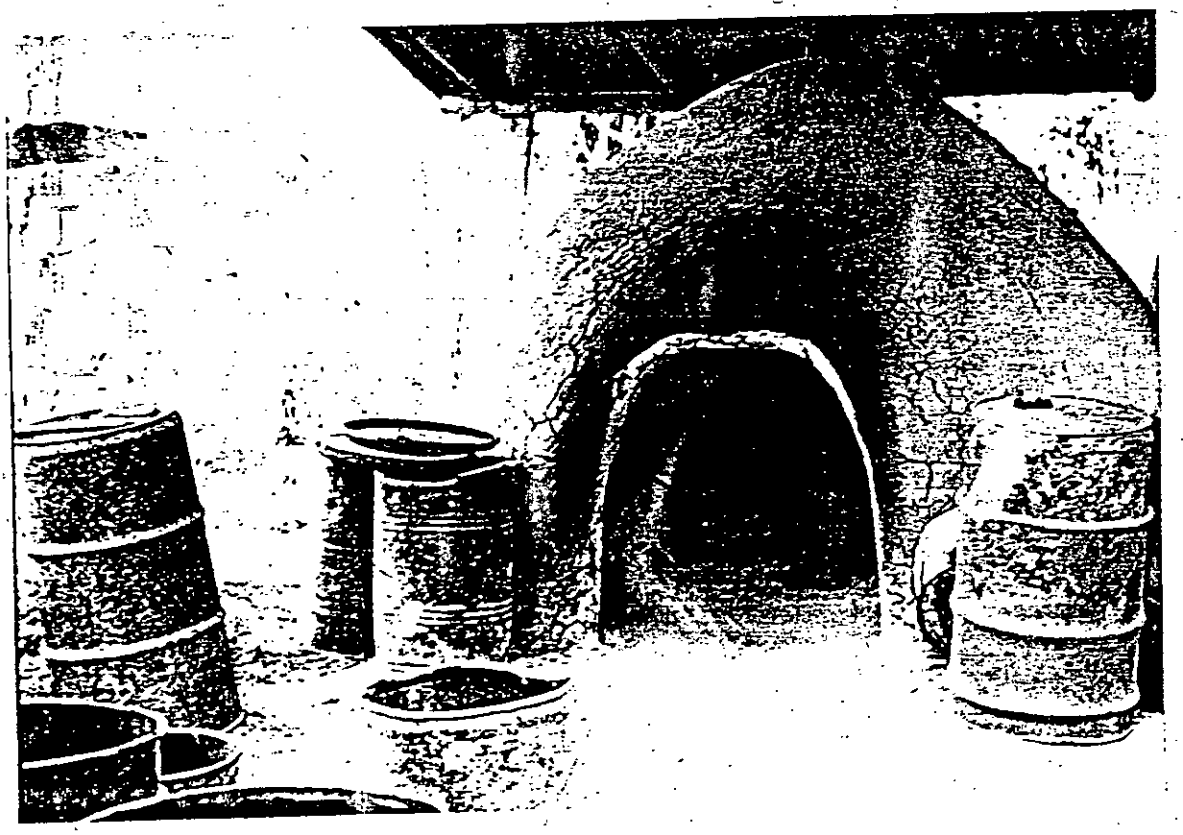


Figura 1.16. Cocción y negreado de las piezas. Método actual. Limpieza al interior del horno.

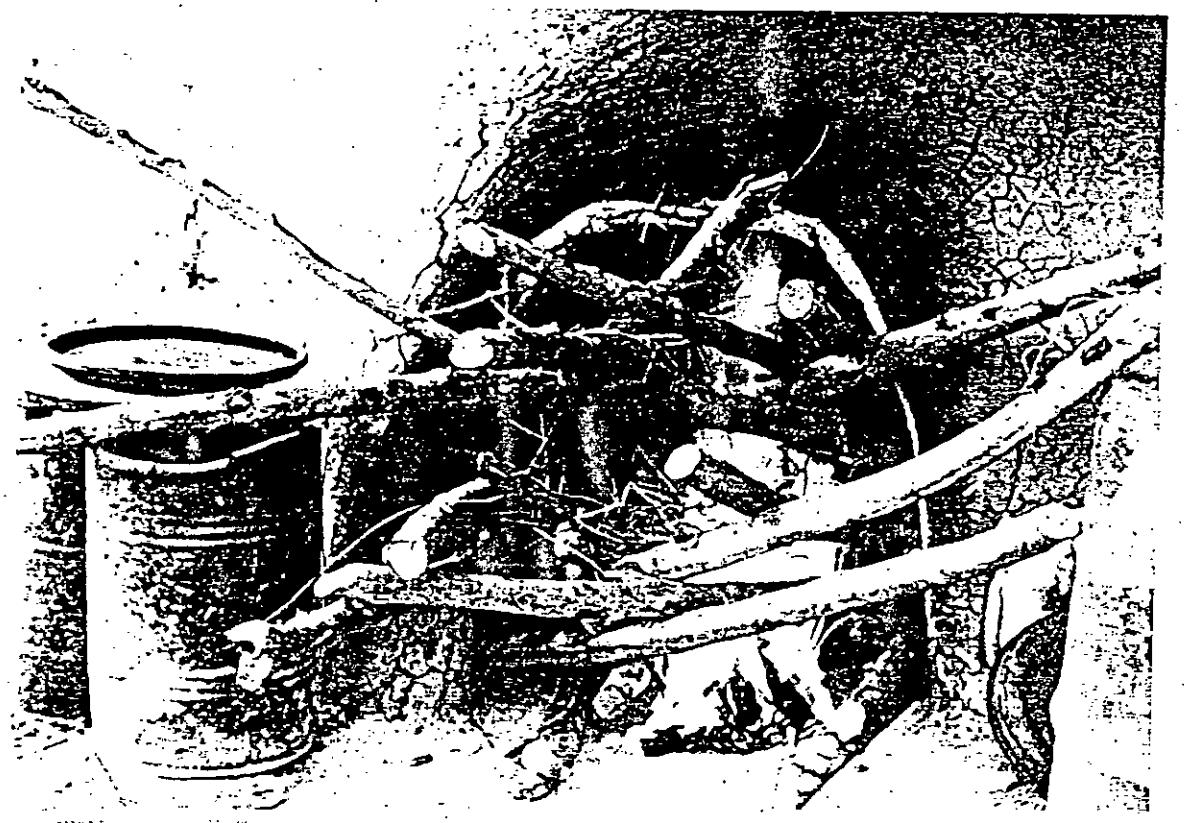


Figura 1.17. Cocción de las piezas. Método actual. Cargue y encendido de la leña.

1.6.1.7 Consumo de la primera carga de leña

Durante la primera parte de la quema tiene lugar el calentamiento del horno, por tanto la mayor parte de energía se utiliza para este fin y no en la cocción de las piezas. Es necesario dejar consumir esta primera carga de leña para continuar cargando el resto de leña; generalmente se consumen 3 cargas durante la quema que tiene una duración aproximada de 3 h. Una vez las moyas y canecas que contienen las piezas están calientes, es cuando empieza la real cocción de las piezas tal como lo muestra la figura 1.18

1.6.1.8 Verificación de la temperatura de cocción de las piezas

El grado de cocción de las piezas es verificado observando las mismas, las cuales toman un color marrón oscuro cuando, según el artesano, están listas para ser retiradas del horno. De acuerdo al criterio del artesano encargado de la cocción, la temperatura que se alcanza está entre 750 y 800 ° C.

Figura 1.18. Cocción de las piezas. Método actual. Etapa real de cocción

1.6.1.9 Retirar canecas y/o moyas del horno

Mediante el uso del gancho largo, las canecas y/o moyas son retiradas del horno para su posterior e inmediato proceso de negreado, ó ser separadas como producción roja que no se va a negrear. Este procedimiento se ilustra en la figura 1.19.

Durante una jornada de cocción generalmente se hacen hasta 3 quemas, la producción para la segunda y tercera quema es cargada tal como se hizo para la primera, pero teniendo la precausión de que el horno ya se encuentra caliente y la nueva carga debe ser realizada con mucho cuidado utilizando para ello la horqueta.

1.6.2 Criterios de calidad. Los criterios de calidad para la cocción no están muy claros porque no existe una forma de verificar la temperatura alcanzada dentro del horno. Sólo se tiene en cuenta el color de las piezas antes de ser retiradas para el posterior negreado, esta forma de control no es muy confiable porque no hay control de temperatura y no es posible asegurar una cocción uniforme en la pieza.

Figura 1.19. Cocción de las piezas. Método actual. Retiro de canecas y/o moyas del horno

1.7 NEGREADO DE LA PRODUCCION.

Esta etapa básicamente consiste en un proceso que desde el punto de vista químico es conocido como reduccion. Se caracteriza por no existir suficiente oxígeno circundante para el proceso de combustión que tiene lugar dentro de las canecas y/o moyas una vez la pieza caliente ha entrado en contacto con el estiércol seco.

Las reacción que tiene lugar en las moyas y/o canecas es una simple combustión; sin embargo para que haya combustión es necesario que existan un combustible y un comburente. El combustible es la materia orgánica que se caracteriza por su alto contenido de carbono, y el comburente es el oxígeno circundante. Para que la combustión sea completa debe existir un exceso de oxígeno , sin embargo bajo atmósfera reductora siempre habrá déficit de éste. En el proceso de negreado de

La Chamba hay un gran exceso de material orgánico y una cantidad mínima de oxígeno; el material orgánica tiende a oxidarse completamente utilizando para ello el oxígeno circundante; pero éste es poco ya que las canecas y/o moyas son tapadas durante el negreado creando una atmósfera con muy poco oxígeno y con exceso de material orgánico, esto es lo que se conoce como atmósfera reductora. De cualquier manera el carbono contenido en la materia orgánica que para el caso es el estiércol, tiende a buscar todo el oxígeno posible para llevar a cabo una combustión completa, pero en vista de que éste es mínimo empieza a tomar el oxígeno que hace parte de los óxidos que forman las arcillas con las cuales se han fabricado las piezas. Los elementos que forman estos óxidos y dependiendo de la temperatura, pasan a su estado metálico (proceso de reducción), y el carbono que no alcanza a oxidarse queda adherido a las piezas y es éste el que le da el color negro a las piezas. En términos prácticos el negreado es una capa de carbón que no fué oxidada por la falta de oxígeno. Los humos observados son productos de combustión principalmente compuestos por CO_2 y CO.

El alcance de esta etapa va des el retiro de las canecas y/o moyas en caliente del horno, entregar producción negreada para su almacenamiento.

1.7.1. Procedimiento. Del diagrama 1.7 que muestra lo que es el proceso de cocción y negreado de las piezas se pueden observar las etapas que hacen parte del proceso de negreado de las piezas.

1.7.1.1 Herramientas

Entre las herramientas utilizadas están: pala para adicionar el estiércol a las piezas, ganchos para remover y sacar las piezas unas vez éstas se encuentran negreadas, tapas para tapar canecas y/o moyas y crear la atmósfera reductora necesaria, guantes para proteger las manos durante la manipulación de las piezas aún calientes.

1.7.1.2 Separar canecas y/o moyas con piezas a negrear

Durante el retiro de las canecas y/o moyas, el artesano separa las canecas con producción a ser negreada y con producción que no será sometida a este proceso y que se comercializará como producción roja.

1.7.1.3 Negreado de las piezas

Inmediatamente se sacan del horno las canecas y/o moyas que contienen la producción a negrear, se les adiciona el estiércol que se irá a comportar como el material orgánico; es muy importante no dejar enfriar las piezas para que el negreado sea de mejor calidad. Debido a que las piezas se encuentran calientes (750 a 800 ° C) el estiercol se quema por efecto de la reacción con oxígeno circundante creando llama tal como se observa en la figura 1.20; en este momento hay un exceso de oxígeno que no es útil para el negreado de las piezas por tanto se hace necesario tapar inmediatamente la caneca para que haya deficiencia de oxígeno, esto hace que la llama se apague creándose una atmósfera reductora dentro de la caneca tal como se observa en la figura 1.21; se permite que ocurra el negreado asegurándose que haya un buen contacto entre las piezas y el estiércol lo que se facilita por la ubicación de las piezas dentro de la caneca y mediante pequeñas sacudidas; esto evitará la presencia de parches rojos (puntos donde la reducción ó negreado no ha sido correcta)

Figura 1.20. Negreado de las piezas. Método actual. Llama inmediata a la adición del estiercol en la caneca.

Figura 1.21. Negreado de las piezas. Método actual. Proceso de negreado por deficiencia de oxigeno

1.7.1.4 Repaso

Después de la primera negreada se destapan las canecas y/o moyas y se adiciona más estiércol, se tapan nuevamente. Esto es lo que el artesano llama "repaso" de las piezas. Se permite que actúe la segunda carga de estiércol. Este procedimiento se ilustra en la figura 1.22

1.7.1.5 Descargue de las piezas

Una vez ha terminado el proceso de negreado, las piezas son descargadas en caliente, permitiendo que se enfrien. Una piezas terminadas y listas para ser empacadas puede verse en la figura 1.23

1.7.1.6 Empaque y almacenamiento de las piezas

Una vez las piezas están frías, son recogidas, empacadas y almacenadas para su posterior comercialización. Este procedimiento se observa en la figura 1.24.

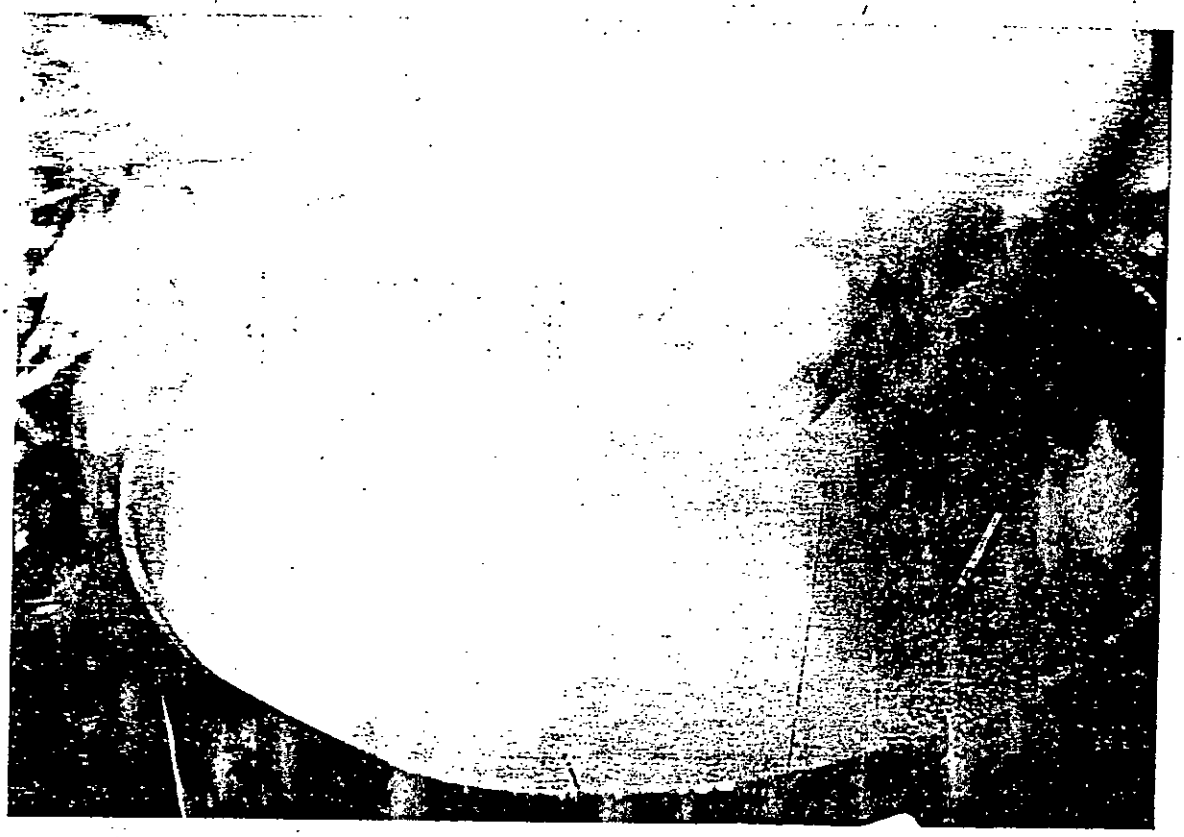


Figura 1.22. Negreado de las piezas. Método actual. Nueva adición de estiércol para asegurar un mejor negreado (repaso)

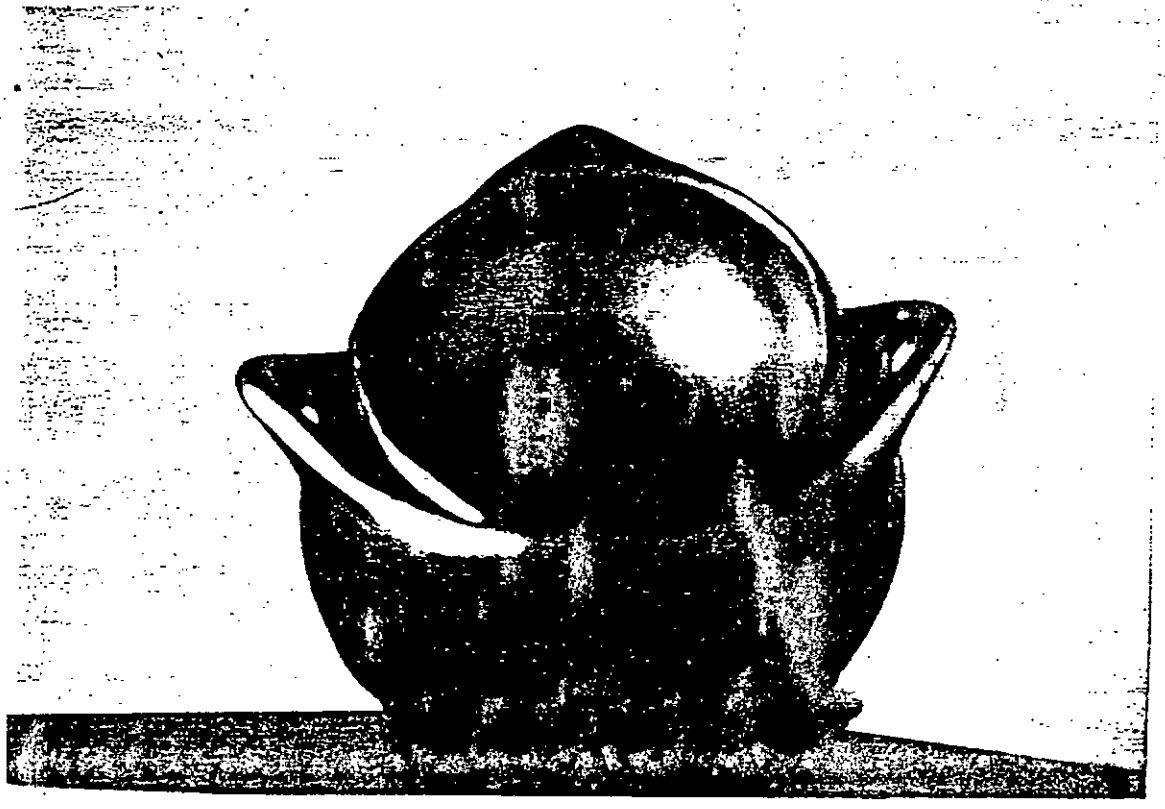


Figura 1.23. Negreado de las piezas. Método actual. Piezas listas para empaque y almacenamiento

Figura 1.24. Empaque y almacenamiento de las piezas. Piezas listas para su comercialización.

1.7.2 Criterios de calidad. Después de la cocción y el negreado, las piezas deben cumplir ciertas características que darán una idea del grado de vitrificación y de la calidad de negreado de las piezas. Las piezas deben presentar resistencia al rayado, lo que permite conocer, de manera cualitativa, el grado de vitrificación.En caso de que las piezas se dejen rayar, es un indicativo del bajo nivel de vitrificación, siendo necesario una nueva quema para estas piezas.

En lo referente al negreado, la producción no debe presentar manchas rojas, que son indicativo de un mal negreado; de ser así, es necesario volver a quemar y negrear. Además la producción no deberá presentar ningún tipo de grietas

En términos generales, la manera de calificar la producción después de la cocción y el negreado es totalmente cualitativa; no hay como medir cuantitativamente las características de la producción para tener una mejor idea de cuando ésta debe ser aceptada ó rechazada.

2. MEJORAS PROPUESTAS

Con base en lo visto a lo largo de todo el proceso de producción se plantearon algunas mejoras principalmente de tipo tecnológico; sin embargo al final del capítulo se mencionan otras mejoras que deben complementar las primeras para cumplir con las necesidades de los clientes tanto internos como externos.

2.1 EXTRACCION DE MATERIAS PRIMAS

2.1.1 Arcilla lisa. Es importante que la explotación se haga de una manera ordenada mediante cortes previamente establecidos buscando que la capacidad de producción del área sea mucho más eficiente, en este punto sería importante la colaboración del estudiante Ricardo Lozada quien podría sugerir algún plan de explotación para la mina.

Es aconsejable verificar que el sistema de recuperación ecológica esté cumpliendo su objetivo, que según los artesanos es el de adecuar nuevamente la arcilla para una nueva explotación al cabo de aproximadamente 2 años. Es posible que el proceso que tiene lugar durante los 2 años de recuperación de terreno es un intercambio de iones solubles entre el suelo arcilloso y las raices de las plantaciones de arroz, intercambio éste que tiene lugar en la interfase capa vegetal/suelo arcilloso, lógicamente este tipo de intercambio es el que de una u otra manera debe estar afectando el grado de plasticidad de la nueva arcilla. En términos concretos lo que se busca es tener una mejor claridad de lo que pudiera estar sucediendo durante los 2 años de recuperación del terreno para su posterior explotación. El estudio geológico a realizar deberá explicar este hecho.

En generai la explotación se hace sin ningún tipo de caracterización del material, no hay conocimiento de la reservas existentes. Este hecho nos lleva a la necesidad de conocer un poco mejor el material desde el punto de vista cerámico; es necesario la caracterización mineralógica, química y física del material así como un estudio del comportamiento térmico del mismo. Se podría pensar en conocer propiedades tales como contenido de sales solubles, índice de azul de metileno (nos daría idea del grado de plasticidad del material), área superficial específica (nos daría idea del grado de finura del material) y distribución de tamaño de partículas (como su nombre lo indica nos da idea de la distribución del material en cuanto al tamaño de las partículas).

El hecho de conocer mejor el material nos permitirá predecir su comportamiento hacia el interior de los procesos productivos, evitando así muchos problemas de calidad que se podrían dar por causa de las materias primas. Una de la variables críticas de cualquier proceso cerámico, artesanal o industrial, es la materia prima; y que de su explotación, manejo y beneficio irá a depender en gran parte la calidad del producto terminado. Igualmente un conocimiento del material permite la búsqueda de materiales alternativos que irían a reemplazar el material actual en caso de que por cualesquiera razón éste llégase a faltar; por esta razón en particular se hace necesario hacer un estimativo de las reservas existentes, éste debe ser hecho por personal capacitado para ello; concretamente el estudiante Ricardo Lozada podría colaborar en este punto.

Es importante la capacitación de personas en el oficio de explotar arcillas utilizando métodos estandarizados; éstas se dedicarían exclusivamente a este oficio tratando de entregar un material lo menos variable posible. En la medida que hayan personas mejor capacitadas en el proceso de explotación, vamos a estar en capacidad de eliminar o por lo menos de disminuir la ingerencia de una de las principales variables que se dan a nivel de cualquier proceso productivo, como es la variable de mano de obra. La idea es que estas personas estén conscientes de la necesidad del cliente interno que en este caso sería el artesano que se encuentra en el taller esperando por un material que cumpla todas las especificaciones para el proceso de fabricación de las piezas.

Será necesario una relación muy estrecha entre las personas que explotan los materiales y los artesanos de los talleres, ya que de ésta debe salir una serie de especificaciones que deben cumplir los materiales al salir de la mina; es como una especie de trato que ambas partes deben cumplir. Este punto en particular va definir los alcances de cada uno de los procesos dentro de la producción.

Finalmente se deben caracterizar mejor las materias primas utilizadas en la vereda de Chipuelo, es necesario visitar la mina y hacer un estudio de caracterización (mineralogía, química física, comportamiento al tratamiento térmico, física de partículas, etc.) por lo que se pudo observar este material parece ser más fino y plástico que el que se utiliza en La Chamba; esto no quiere decir que un material es mejor ó peor que el otro. Se podría evaluar la posibilidad de utilizar la materia prima de Chipuelo para la fabricación de ciertas referencias ya que este material podría estar en un momento dado "subutilizado" usándose sólo en la fabricación de cazuelas para empaque, cuando se podría pensar en la fabricación de referencias con mayor valor agregado ya que la característica del material parece que asi lo permite.

Es sumamente importante comentar respecto a la capacitación y estandarización de los procesos, siendo este un aspecto del que adolecen todos los procesos que tiene lugar en La Chamba; en cada uno ellos será común denominador la necesidad de estandarizar los procedimientos haciendo un trabajo de interiorización con los mismos artesanos. En este punto es necesario ir con mucho cuidado para que el artesano los acepte como una manera de hacer las cosas bien que redunda en su beneficio y no como algo impuesto, además es para tener en cuenta que los procedimientos estándares deben ser dinámicos y por tanto están propensos a ser mejorados día a día. Sería muy importante trabajar con las personas jóvenes utilizando para ello la misma capacitación que se entrega en el colegio técnico de La Chamba.

2.1.2 Arcilla arenosa. En primer lugar se debería establecer un programa de explotación de la mina en donde se incluya la recuperación ecológica de la misma, es importante que haya una especie de retribución hacia el terreno a

cambio de la explotación que se hace de este material. Para este aspecto en particular, es válido aprovechar las actividades del grupo geológico – minero organizado en La Chamba bajo el liderazgo de señor Ramón Ortega.

Otro aspecto que se debe tener en cuenta es el de la caracterización de la mina bajo los mismos parámetros utilizados en la mina de arcilla lisa y básicamente por las mismas razones. Al igual que en la mina de arcilla lisa, aquí es válido la estimación de las reservas.

En la explotación de este material se insiste nuevamente, como se hizo en la explotación de la arcilla lisa, en la estandarización de los procedimientos de trabajo que permitan la disminución de la variabilidad del material.

Algo que sería importante, es la posibilidad de hacer ensayos con otro tipo de arenas de grano grueso que en un momento dado podrían reemplazar la arcilla arenosa actual; es claro la necesidad de tener otro tipo de material que ya se encuentre más beneficiado. Sin embargo es para tener en cuenta que la arcilla arenosa actual, como su nombre lo indica, es un material que está compuesto por arcillas de grano grueso y arenas que hacen de este material muy particular para el proceso cerámico que tiene lugar en La Chamba, en otras palabras es como tener 2 materiales en 1. Además es importante aclarar que el nuevo material debería cumplir con las funciones que actualmente cumple la arcilla arenosa, como son las de permitir una resistencia mecánica en verde, un secado uniforme y controlado de la pieza antes del proceso de cocción y tal vez la más importante que es la de conferir a la pieza una porosidad tal que permita la resistencia al choque térmico cuando la pieza es sacada del horno para ser sometida al proceso de negreado. De cualquier manera es importante buscar materiales alternativos que en un momento dado pudieran reemplazar los actuales, pero siempre buscando mejoramientos en los procesos de producción.

2.1.3 Arcilla roja. En general se puede decir que la explotación se hace de una manera muy rudimentaria y artesanal, usando herramientas que no permiten una mejor escogencia del material y una buena capacidad de explotación. Además el sitio de explotación se escoge más por tradición que como resultado de algún

tipo de estudio del material que permita saber si es éste el más adecuado para el proceso en cuestión.

Como primera medida se podría pensar en ampliar el frente de explotación de manera que exista la posibilidad de que hayan varias personas explotando de una manera simultánea. Igualmente se hace necesario hacer una explotación tipo "tajada" o perpendicular al piso. Actualmente existe un hueco que además de ser incómodo, está propenso al derrumbe en cualquier momento con el consiguiente riesgo para la persona que está explotando.

La explotación se hace de una manera aleatorea, sólo se cambia el frente de explotación cuando por efecto del invierno hay derrumbes que tapan los huecos de extracción del material. Se podría intentar explotar sitios con más fácil acceso y a los cuales se les haya hecho un estudio de caracterización.

Es importante caracterizar el material desde varios puntos de vista: químico, mineralógico, distribución de tamaño de partículas, area superficial específica, contenido de sales solubles y respuesta al tratamiento térmico. Esto permitiría conocer más el material y evaluar otro tipos de beneficios que se puedan efectuar de manera que éste salga más asegurado desde la misma mina.

Es importante aclarar que la caracterización del material se podría efectuar en diversas etapas, las cuales serían establecidas por la misma exigencia del proceso productivo y de la calidad requerida en el producto terminado. Este tipo de caracterización nos va a permitir explicar el comportamiento del material en el proceso productivo, y muchos de los eventuales defectos de calidad que pudiera tener el producto terminado. Teniendo en cuenta que una de las principales variables que gobierna un proceso cerámico es la materia prima misma , su caracterización nos permitirá conocer posibles causas de los defectos y por tanto estaremos más seguros de los pasos que hay que dar par eliminar definitivamente un problema de calidad.

Se observó que el terreno presenta muchos puntos de donde se podría extraer la arcilla roja, sería aconsejable que se tomaran muestras de estos sitios para verificar si se trata del mismo material que se usa en el proceso, de ser así se

podrían tener más frentes de explotación y por tanto una mayor disponibilidad del material.

En lo posible se debe tratar que la explotación se lleve a cabo por un sólo grupo de personas a las cuales se les daría capacitación en cuanto a la explotación de las materias primas, esto permite una mejor estandarización de los procedimientos de explotación. Seguramente se tendría una materia prima menos variable en cuanto a su comportamiento, ya que la explotación la harían pocas personas y por tanto la variable relacionada con la mano de obra tendría menos efecto.

Es importante caracterizar y hacer algunas pruebas con el material beige que acompaña a la arcilla roja, no se debe descartar el uso de este material para la fabricación de otro tipo de producto que vendría a enriquecer la oferta del proceso de La Chamba.

Se hace necesario conocer datos en cuanto a demanda de materias primas por parte del proceso, esto iría a permitir una explotación más programada de acuerdo a las necesidades de los talleres existentes en La Chamba.

2.2BENEFICIO DE MATERIAS PRIMAS

2.2.1 Arcilla lisa – Vía seca. Es necesario buscar el aseguramiento en el proceso de beneficio de la arcilla lisa en lo que tiene que ver con la variable de tamaño de grano del material, es importante buscar un procedimiento que permita una mayor liberación de la mano de obra en el proceso, además de obtener una buena molienda del material. Con base en lo anterior se sugieren 2 propuestas que deberán ser evaluadas

2.2.1.1 Propuesta A

En el diagrama 2.1 se plantea un flujograma que pretende ilustrar lo que serían los pasos de la extracción y beneficio de la arcilla fina si se implementara la propuesta A.

La propuesta básicamente consiste en alimentar un molino chileno con material ya seco procedente del secadero o del patio de secado. Al molino se le adaptaría

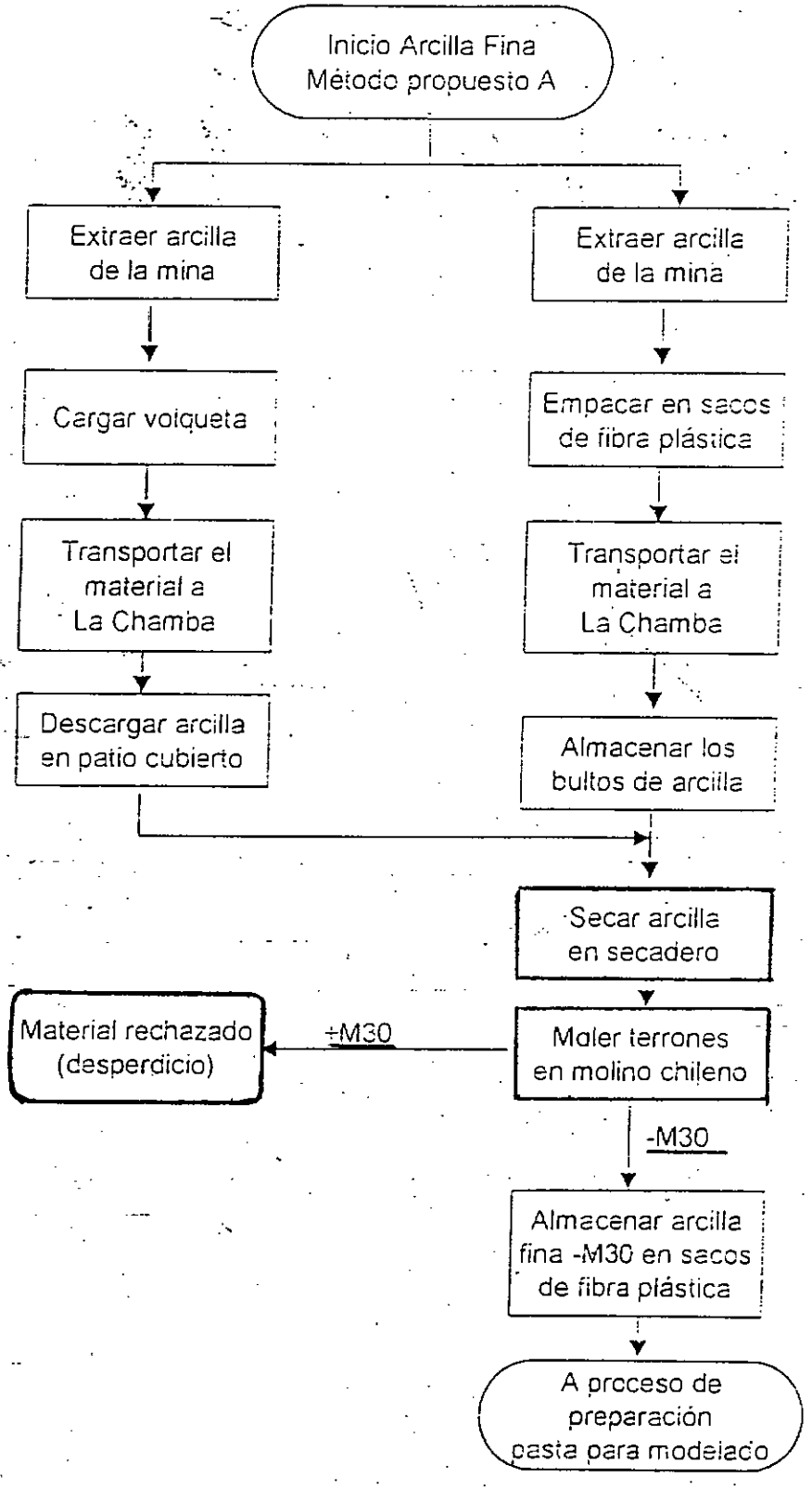


Diagrama 2.1. Extracción y beneficio de arcilla lisa. Propuesta "A"

inicialmente una malla ASTM # 30 la cual sería evaluada. Se busca garantizar de esta manera un menor tamaño de partícula, obteniendo una mejor plasticidad de la arcilla fina; a menor tamaño de grano del material se iría a obtener un mejor acabado en la obra, ya que la superficie no presentaría partículas grandes de arcilla. Además el molino chileno a usar sería el que se encuentra en el centro artesanal y que es propiedad de Artesanías de Colombia. Esta propuesta le daría un uso más eficiente a este molino.

El hecho de obtener una arcilla más fina va a incrementar el grado de reactividad del material durante el proceso de cocción, ayudando de esta manera, a que la obra quede mejor cocida. La disminución del tamaño de grano de la arcilla lisa empezaría a compensar en alguna medida la baja vitrificación de las piezas debido a las circunstancias de cocción actuales.

Es claro que el proceso establece un límite técnico – cerámico para la diminución del tamaño de grano, ya que de tener una arcilla demasiado fina podríamos tener problemas con la consistencia de las piezas durante la etapa de modelado y/o moldeo, pues las piezas no soportarían su propio peso y por tanto presentarían deformación, además se afectaría el secado de las mismas haciéndo más demorado y con mayor posibilidad que la pieza presente grietas por contracción. Por tanto antes de decidir el número de malla que se debe implementar al molino, es aconsejable hacer una serie de ensayos que permitan establecer el efecto que iría tener el hecho de disminuir el tamaño de partícula en la arcilla lisa.

2.2.1.2 Propuesta B

En el diagrama 2.2 se plantea un flujograma que pretende ilustrar lo que serían los pasos si se implementara la propuesta B. Esta propuesta depende en gran medida de los resultadodos obtenidos con la implementación de la propuesta A; ya que si los rechazos de material obtenidos con la implementación de esta propuesta superan el 10%, se haría necesario una operación adicional de molienda mediante un molino de bolas. La propuesta B sería la propuesta A con la operación adicional de molienda mediante el molino de bolas. El molino que se utilizaría es el que se encuentra en la vereda de Chipuelo y que actualmente no está prestando ningún servicio.

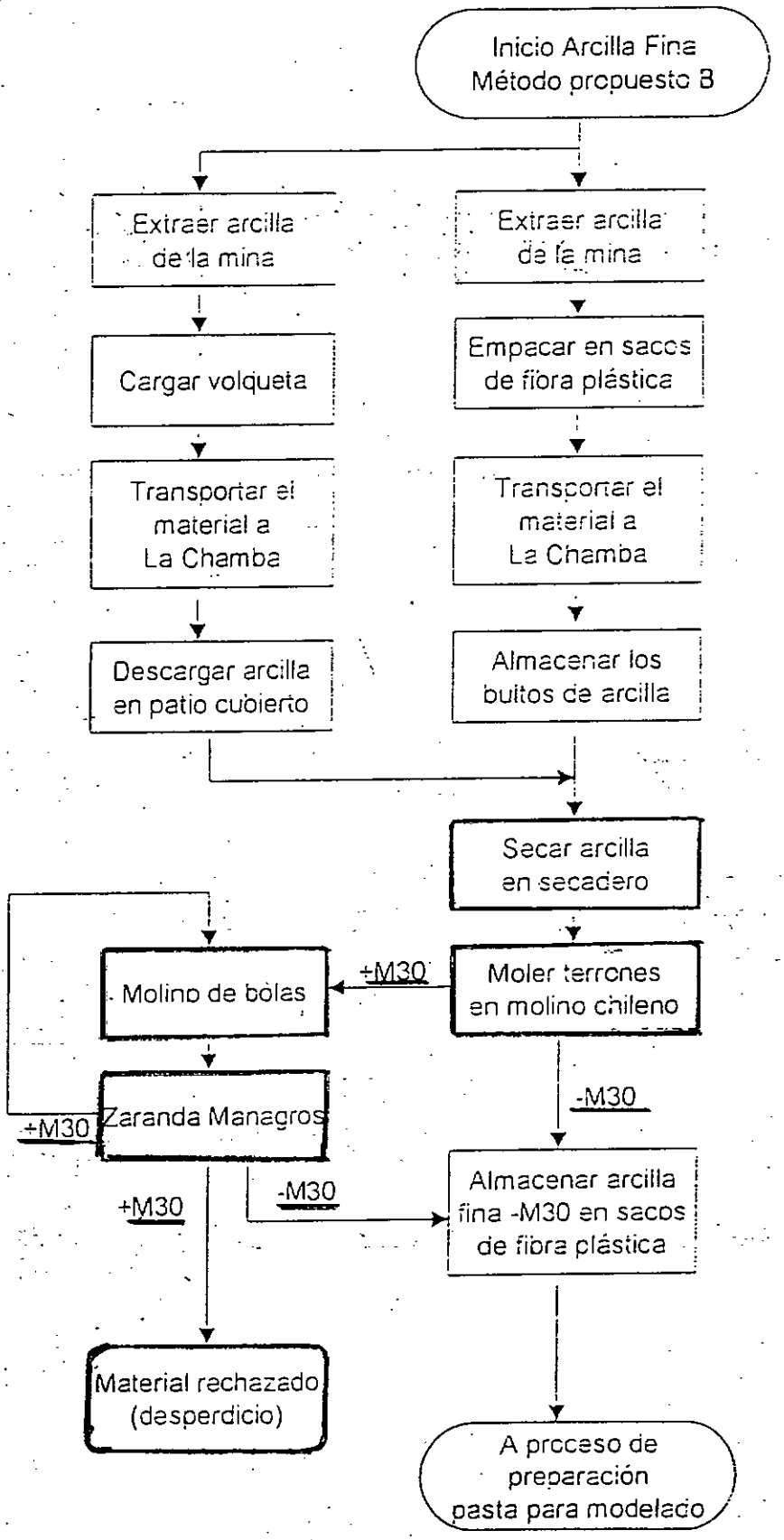


Diagrama 2.2. Extracción y beneficio de la arcilla lisa. Propuesta "B"

Después de la molienda mediante el molino de bolas se ubicaría una zaranda adecuada con malla ASTM # 30 (inicialmente) para clasificar el material producto, el material rechazo sería devuelto al molino para continuar la molienda hasta que se obtuviese el material con el tamaño de grano adecuado. Lo que se busca es disminuir el porcentaje de rechazo del material.

En esta propuesta igualmente caben las consideraciones que se hicieron en la propuesta A, en lo que respecta al tamaño de grano.

2.2.2 Arcilla lisa – Vía húmeda. El diagrama 2.3 ilustra lo que sería una propuesta que llamaremos C, como una alternativa de beneficio para la arcilla lisa manejando todo el proceso por vía húmeda, de manera que se eliminaría todo el beneficio por vía seca. La propuesta consistiría en llevar a cabo una dispersión de la arcilla en agua mediante una agitación mecánica, con la adición de algunos defloculantes del tipo silicato de sodio y/o carbonato de sodio. Después de la dispersión vendría un tamiz "tortuga" adecuado con malla ASTM # 30, cuyo objeto sería el de retirar todo el material contaminante que pudiera traer la arcilla, es decir este tamiz haría las veces del colador plástico que se usa actualmente.

Esta propuesta tiene las ventajas de posibilitar una mejor homogeneidad de la arcilla fina antes de entrar al proceso de preparación de pasta, la adición de los defloculantes como el carbonato de sodio, además de cumplir su función de disminuir la viscosidad de la mezcla arcilla – agua facilitando su tamizado, van a conferirle al material una plasticidad adicional, aspecto éste que es de suma importancia en cualquier proceso cerámico; además un control en el tiempo de dispersión aseguraría más el tamaño de grano del material. Finalmente no debemos desconocer que el hecho de eliminar todo el proceso por vía seca propendería por un ambiente de trabajo más limpio ya que se disminuiría la contaminación.

En esta propuesta se deberán hacer algunas consideraciones tales como el tiempo de dispersión del material, dado que éste iría a ser una variable crítica que afectaría el tamaño de grano del material beneficiado.

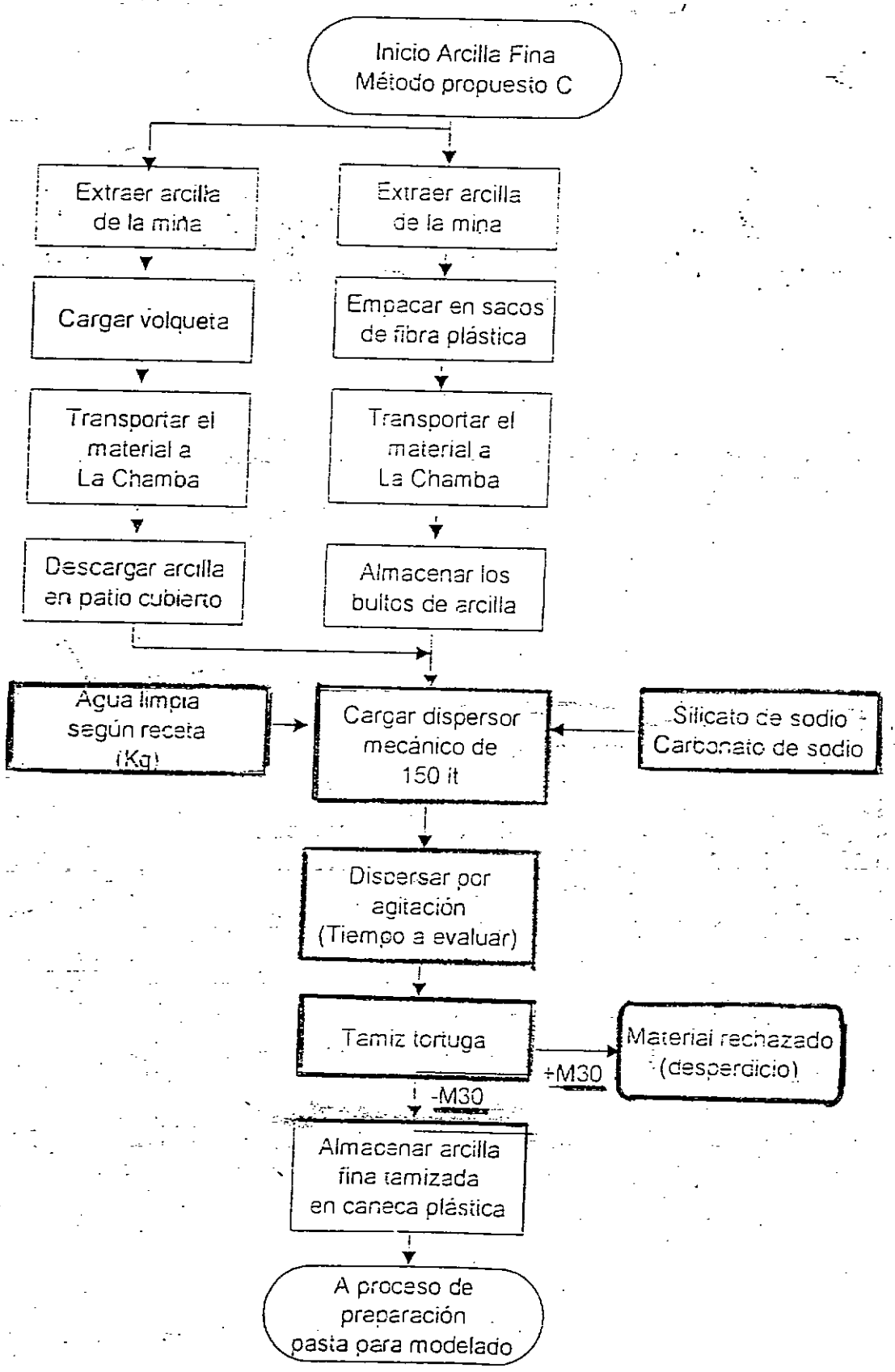


Diagrama 2.3. Extracción y beneficio de la arcilla lisa. Propuesta "C"

Un tiempo de dispersión muy largo produciría un material demasiado fino que iría a afectar la consistencia en crudo de las piezas.

Es importante considerar que cualquiera que sea el mejoramiento implementado, se hace necesario establecer procedimientos estandarizados para el beneficio de este material. De nada serviría un mejoramiento a nivel tecnológico si las personas no son capacitadas buscando que hayan los procedimientos estándares de operación.

2.2.3 Arcilla arenosa. Se busca el aseguramiento en el proceso de beneficio de la arcilla arenosa en lo que tiene que ver con la variable de tamaño de partícula del material, es importante buscar un procedimiento que permita una mayor liberación de la mano de obra en el proceso, además de obtener una buena molienda del material. Con base en lo anterior se sugieren 2 propuestas que deberán ser evaluadas antes de ser implementadas.

2.2.3.1 Propuesta A

En el diagrama 2.4 se plantea un flujograma que pretende ilustrar lo que serían los pasos de la extracción y beneficio de la arcilla arenosa, si se implementara la propuesta A.

La propuesta básicamente consiste en alimentar un molino chileno con material ya seco procedente del secadero o del patio de secado. Al molino se le adaptaría inicialmente una malla ASTM # 30 la cual sería evaluada. Se busca garantizar de esta manera un menor tamaño de partícula de la arcilla arenosa; a menor tamaño de grano del material se iría a obtener un mejor acabado en la obra, ya que la superficie no presentaría partículas grandes de arcilla. Además el molino chileno a usar, sería el que se encuentra en el centro artesanal y que es propiedad de Artesanías de Colombia y que se usaría igualmente para el beneficio de la arcilla lisa. Esta propuesta le daría un uso más eficiente a este molino.

El hecho de obtener una arcilla arenosa de menor tamaño va a incrementar el grado de reactividad del material durante el proceso de cocción, ayudando de esta manera, a que la obra quede mejor cocida; dado las circunstancias actuales bajo las cuales tiene lugar la cocción de la obra.

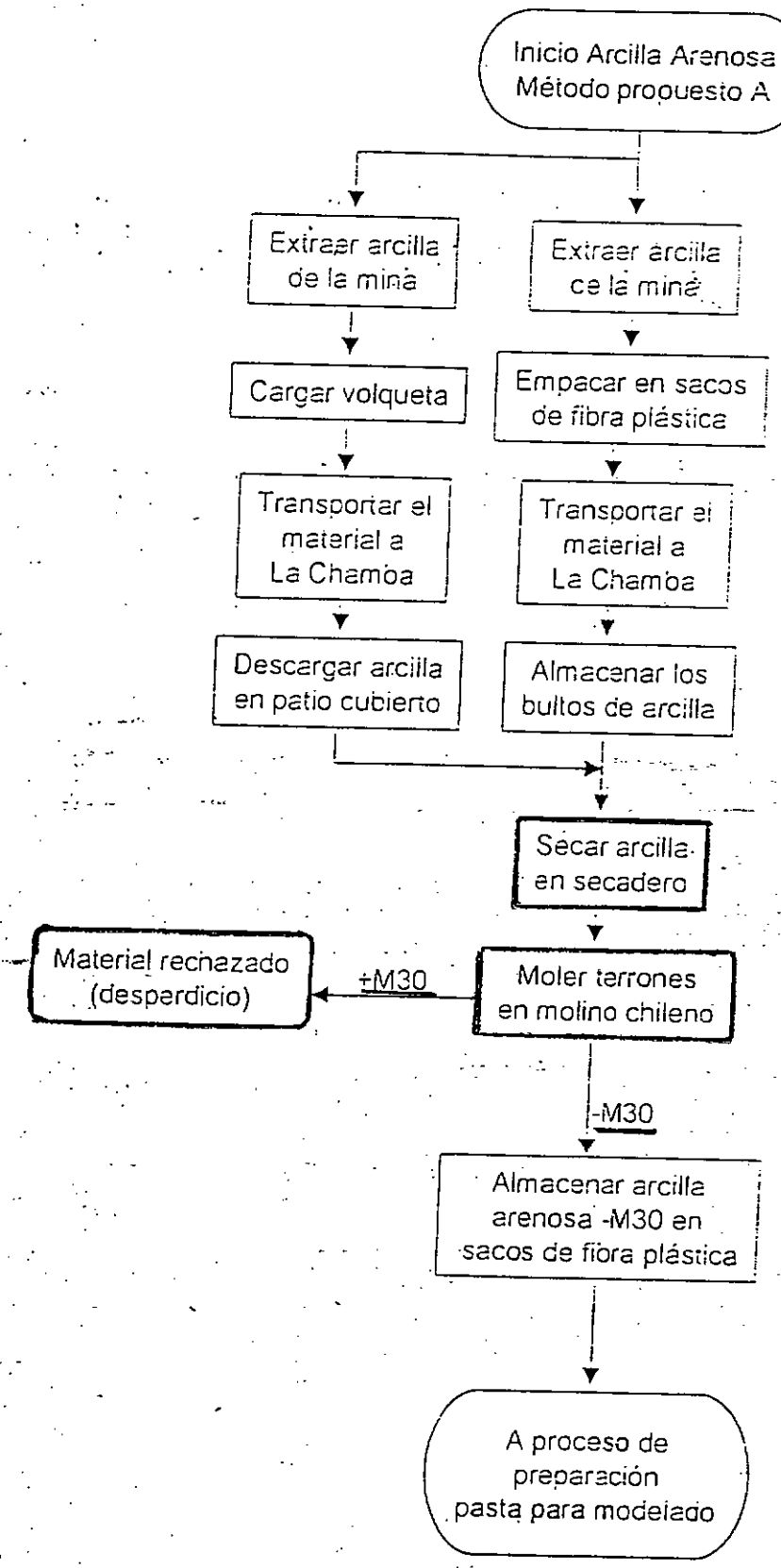


Diagrama 2.4. Extracción y beneficio de la arcilla arenosa. Propuesta "A"

Se deben hacer algunas consideraciones del orden técnico – cerámico para la diminución del tamaño de grano, ya que de tener un tamaño de grano muy pequeño en la arcilla arenosa podríamos tener problemas con la consistencia de las piezas en "verde", en otras palabras las piezas serían muy débiles antes de la cocción lo que dificultaría su manipulación durante los procesos de pulida y terminado, además de que el secado de las piezas antes de la cocción se iría a dificultar un poco más. Por tanto antes de decidir el número de malla que se debe implementar al molino, es aconsejable hacer una serie de ensayos que permitan establecer el efecto que tendría el hecho de disminuir el tamaño de grano en la arcilla arenosa.

2.2.3.2 Propuesta B

En el diagrama 2.5 se plantea un flujograma que pretende ilustrar lo que serían los pasos de la extracción y beneficio de la arcilla fina, si se implementara la propuesta B.

La propuesta B depende en gran medida de los resultadodos obtenidos con la implementación de la propuesta A; ya que si los rechazos del material obtenidos con la implementación de esta propuesta superan el 10%, se haría necesario una operación adicional de molienda mediante un molino de bolas. La propuesta B sería la propuesta A con la operación adicional de molienda mediante el molino de bolas. El molino que se utilizaría es el que se encuentra en la vereda de Chipuelo y que actualmente no está prestando ningún servicio. Después de la molienda mediante el molino de bolas, se ubicaría una zaranda adecuada con malla ASTM # 30 (inicialmente) para clasificar el material producto; el material rechazo sería devuelto al molino para continuar la molienda hasta que se obtuviese el material con el tamaño de grano adecuado. Lo que se busca es disminuir el porcentaje de rechazo del material.

En esta propuesta igualmente caben las consideraciones que se hicieron en la propuesta A, en lo que respecta al tamaño de grano.

2.2.4 Arcilla roja. El diagrama 2.6 plantea un flujograma que ilustra lo que sería la extracción y beneficio de la arcilla roja con la mejora propuesta.

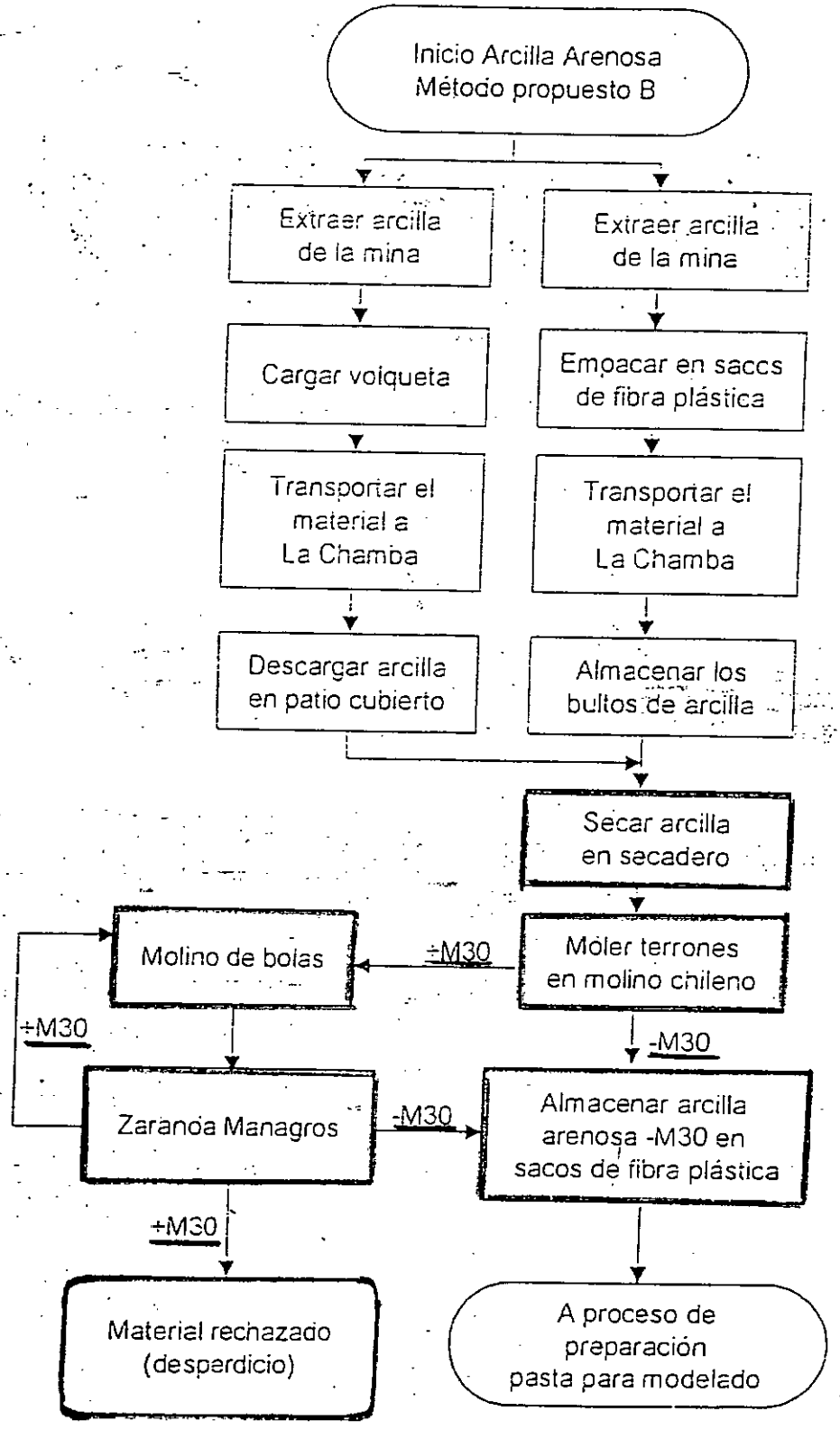


Diagrama 2.5. Extracción y beneficio de la arcilla arenosa. Propuesta "B"

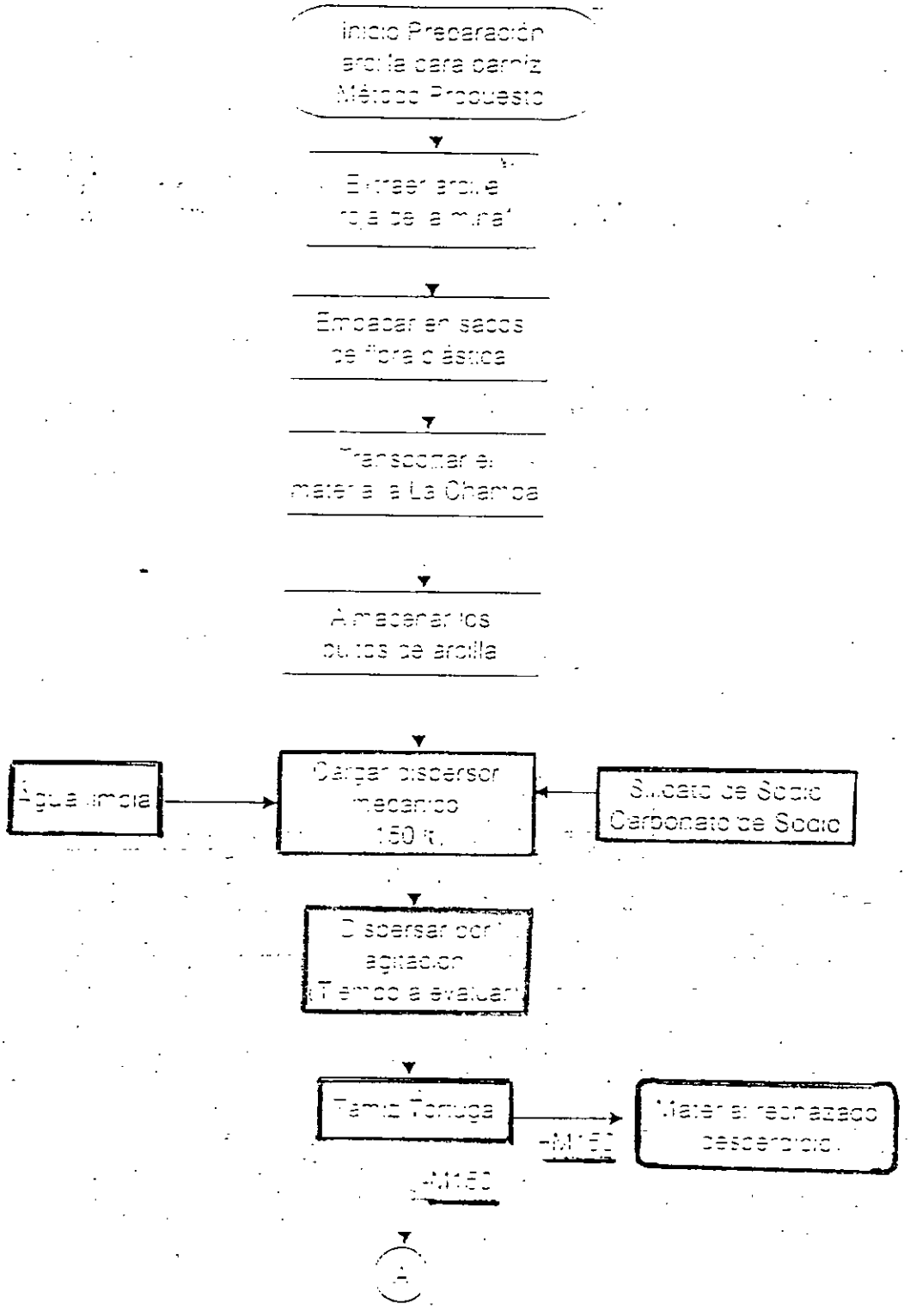
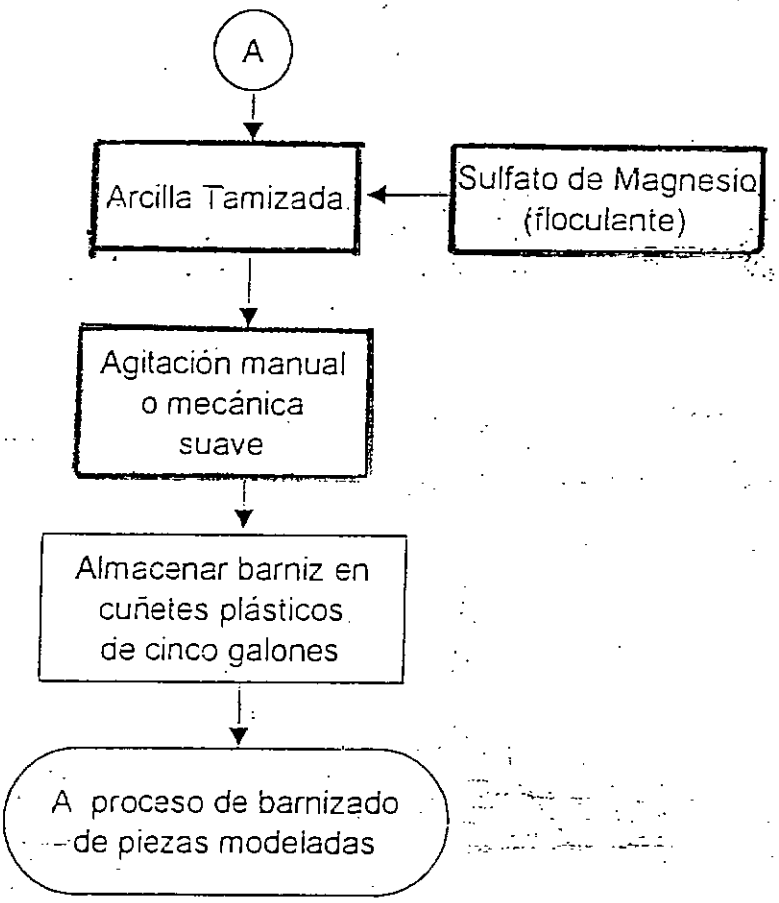


Diagrama 2.6. Extracción y beneficio de la arcilla roja. Método propuesto


A
Arcilla Tamizada
Sulfato de Magnesio (floculante)
Agitación manual o mecánica suave
Almacenar barniz en cuñetes plásticos de cinco galones
A proceso de barnizado de piezas modeladas

La mejora consiste en dispersar la arcilla mediante el uso de un agitador mecánico. Esta mejora podría ser complementada con la adición de un defloculante como silicato de sodio ó carbonato de sodio para permitir una buena dispersión del material buscando una mejor plasticidad y un mejor tamizado. El tiempo de dispersión va a ser una variable crítica que influirá en el tamaño de partícula que se obtenga al final del proceso, por tanto será necesario evaluar este aspecto para conocer el tiempo adecuado de dispersión.

Después de la dispersión del material, éste es sometido a un proceso de tamizado a través de un tamiz vibratorio tipo "tortuga" adecuado con malla ASTM # 150 para obtener un barniz más fino que el que se obtiene con el proceso actual, mejorando de esta manera su grado de cubrimiento sobre la pieza, el brillo de la piezas después del proceso de pulida y brillado y el grado de reactividad del material durante la cocción.

Después del tamizado la arcilla debe ser floculada para obtener el grado pastoso del barniz actual, esta floculación podría ser llevada a cabo mediante la adición del sulfato de magnesio.

En este proceso, como en todos, será importante la implementación de los procedimientos estándares de operación.

2.3 PREPARACION DE PASTA PARA FABRICAR PIEZAS

Inicialmente se sugiere la implementación de un sistema que permita el pesaje de las materias primas a utilizar, esto ayudaría a un mejor control de la calidad de la pasta a utilizar y la composición de cada una de las piezas iría a tener menos variación en cuanto a la cantidad que de cada material va en la pasta.

2.3.1 Propuesta A. En el diagrama 2.7 se puede observar la mejora propuesta para el proceso de elaboración de la pasta. Se pretende pesar por separado las arcillas arenosa y lisa secas asi como la cantidad de agua a utilizar de acuerdo a una receta que busca la humedad ideal de la pasta para la fabricación de las piezas.

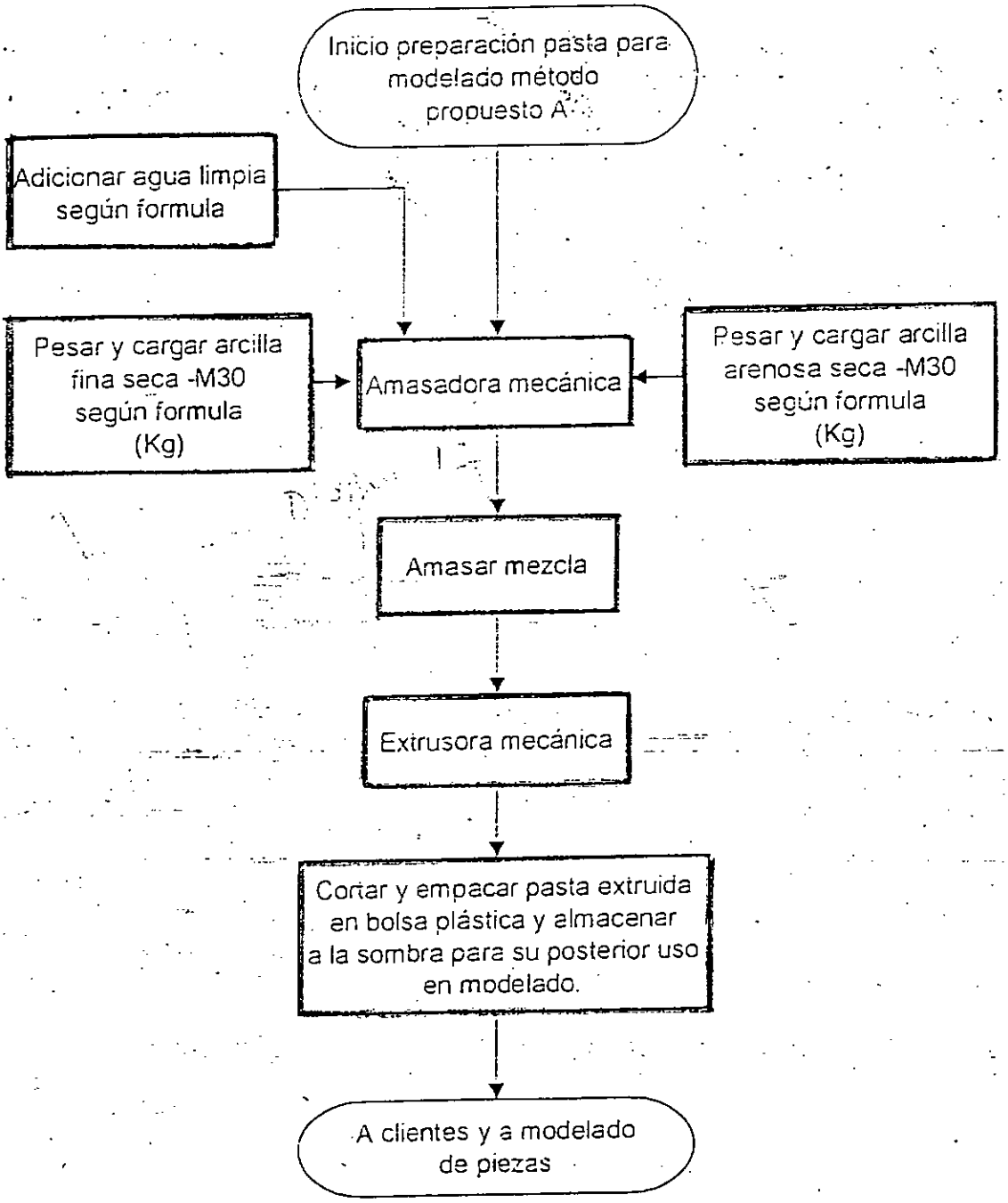


Diagrama 2.7. Preparación pasta para modelado. Propuesta "A"

Todas la materias primas y el agua pesadas irían a una amasadora mecánica en donde tendría lugar la mezcla.

El amasado mecánico iría a permitir una mejor homogenización, además que se disminuiría el esfuerzo físico que actualmente se debe hacer para el amasado.

Durante el amasado mecánico seguramente se van a generar burbujas de aire que quedan atrapadas dentro de la pasta. Este aire dentro de la pasta iría a traer problemas de estallado durante la cocción de las piezas; por lo que se hace necesario la implementación de un proceso de extrusión para eliminarlo

Una vez extruída, la pasta sería cortada y empacada en bolsas plásticas, almacenada en un sitio seco y a la sombra, estando lista para ser utilizada en la fabricación de las piezas.

2.3.2 Propuesta B. En el diagrama 2.8 se puede observar la mejora propuesta para el proceso de elaboración de la pasta. Esta es similar a la propuesta A, la diferencia radica en el uso de la arcilla lisa que en este caso sería cargada a la amasadora en forma de suspensión acuosa, la cual deberá tener una densidad determinada para poder obtener la humedad final requerida en la pasta. El agua utilizada en esta operación sería sólo como un ajuste fino para obtener la consistencia de la pasta.

El hecho de cargar la arcilla lisa en suspensión permite que éste material en particular sea más plástico que la misma arcilla lisa seca, ya que el proceso de dispersión previo ha ayudado a generar una mejor plasticidad.

Es claro que cualesquiera sea la propuesta a utilizar, se hace necesario como en todos los procesos anteriores, la implementación de procedimientos estándares de operación; esto debe ayudar a disminuir la variabilidad de la pasta preparada.

2.4 FABRICACION Y PULIDA DE PIEZAS

En el diagrama 2.9 se muestran las mejoras propuestas para el proceso relacionado con la fabricación, pulida y bamizado de la cazuela ó de una referencia parecida.

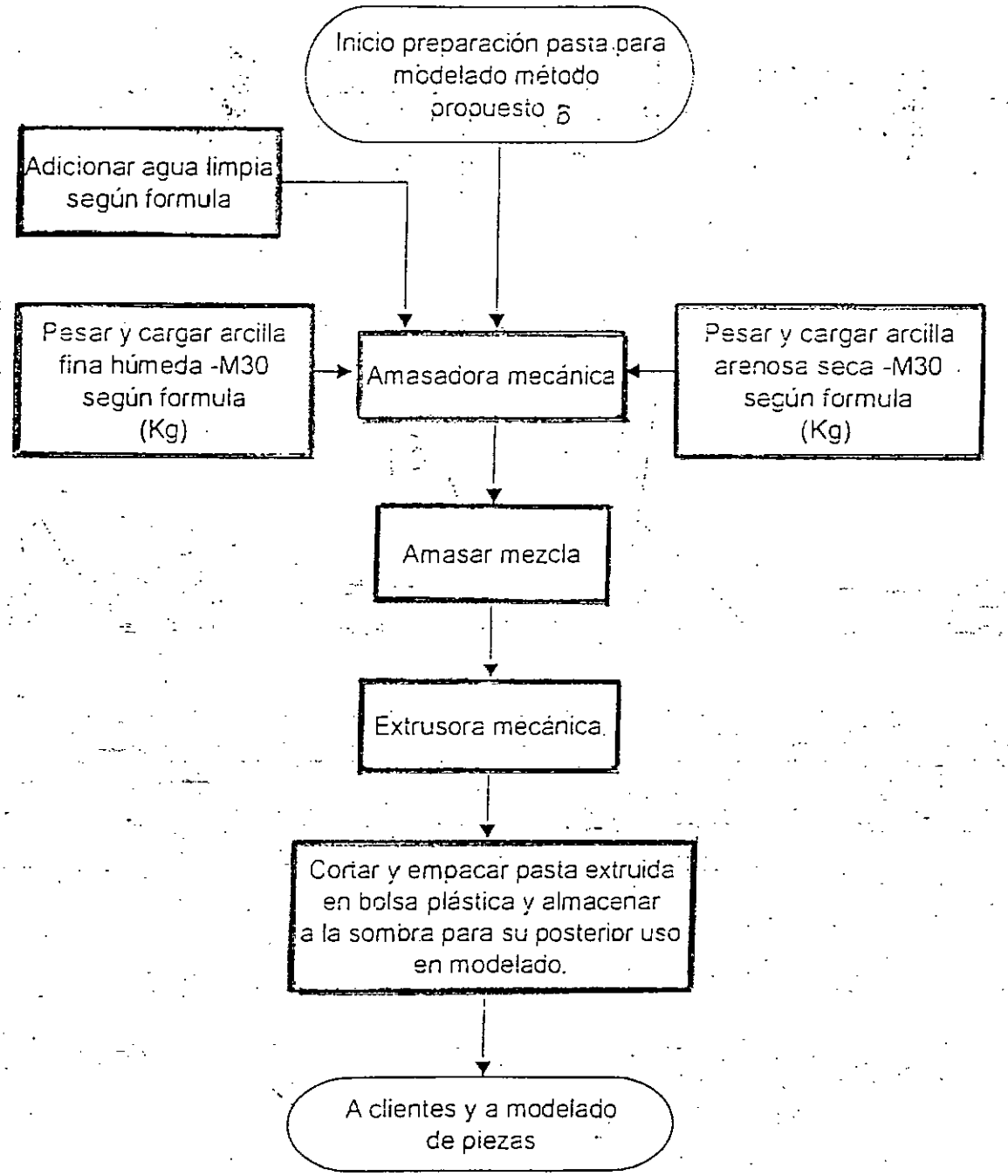


Diagrama 2.8. Preparación pasta para modelado. Propuesta "B"

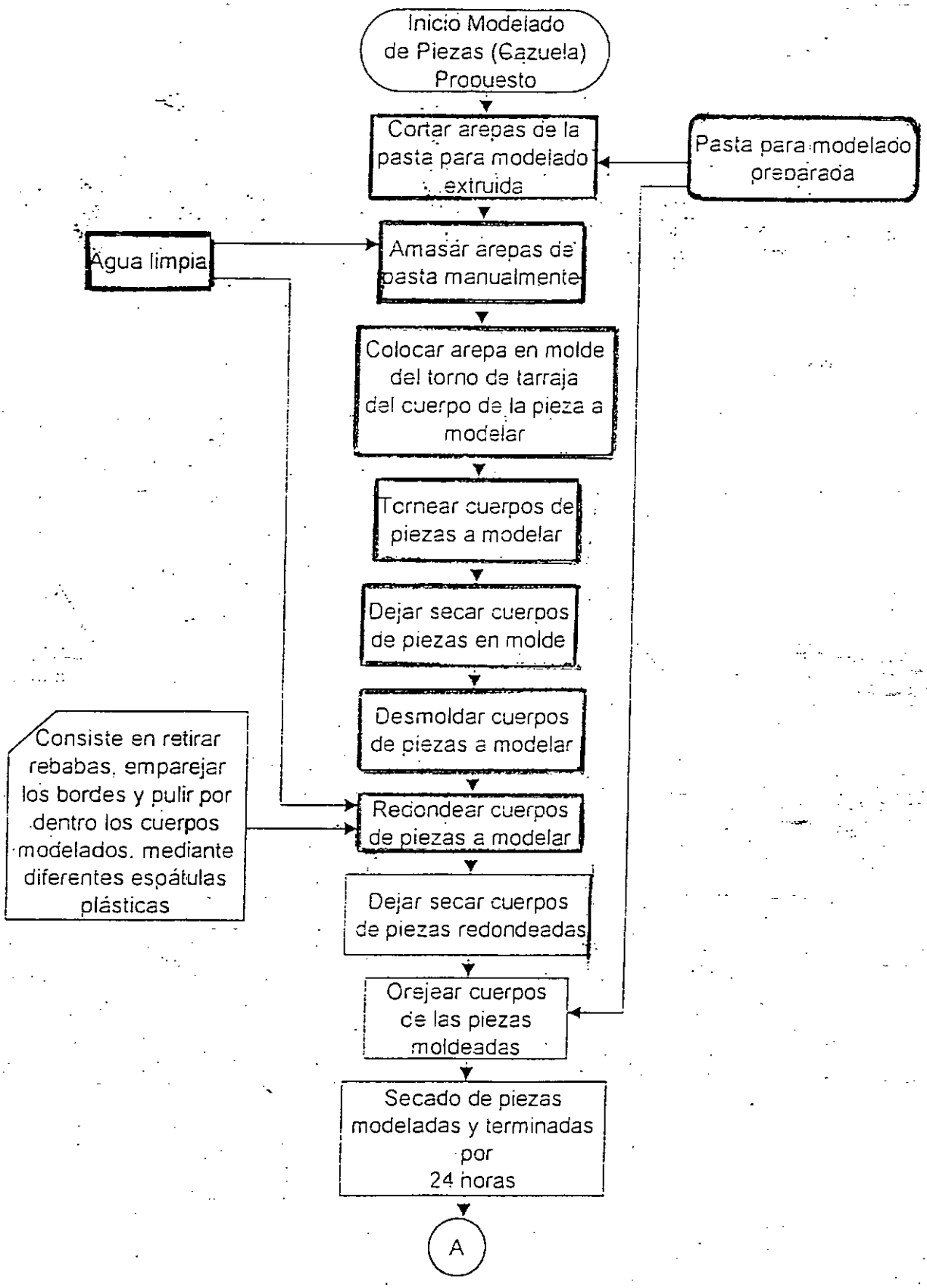
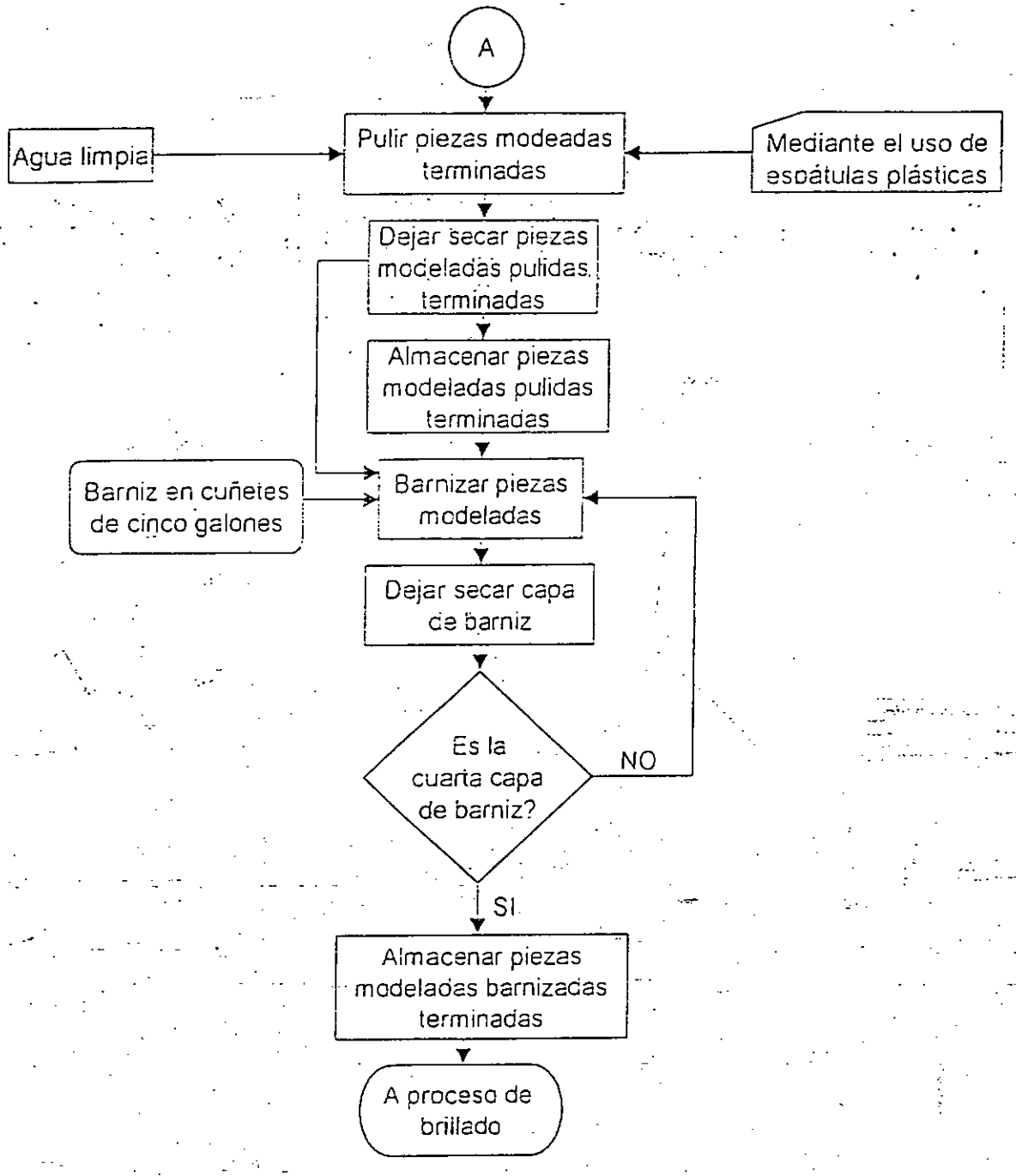


Diagrama 2.9. Modelado y barnizado de las piezas. Método propuesto


A
Agua limpia
Pulir piezas modeadas terminadas
Mediante el uso de espátulas plásticas
Dejar secar piezas modeladas pulidas terminadas
Almacenar piezas modeladas pulidas terminadas
Barniz en cuñetes de cinco galones
Barnizar piezas modeladas
Dejar secar capa de barniz
Es la cuarta capa de barniz?
NO
SI
Almacenar piezas modeladas barnizadas terminadas
A proceso de brillado

Inicialmente se propone la sustitución del modelado manual de los cuerpos por un método que utiliza el torno de tarraja utilizando los respectivos moldes de yeso. Como referencia piloto para la implementación de esta técnica se propone la cazuela en vista de su alto volumen de producción y relativa simplicidad en su forma. Dependiendo de los resultados obtenidos se podría utilizar esta misma técnica para otras referencias que lo permitiesen. Es claro que la posible implementación del torno de tarraja, implica la capacitación de los artesanos y posiblemente un ajuste a las condiciones de la pasta haciéndola apta para esta nueva técnica de fabricación.

En este punto vale la pena aprovechar la gente joven que se encuentra un poco más abierta al uso de nuevas tecnologías; sin querer decir que los artesanos antiguos ó de mayor edad deban ser excluídos.

Se espera incrementar la producción de cazuelas en aproximadamente un 35 a 40% con respecto a la técnica tradicional, sin embargo estos resultados irán a depender de la habilidad del tornero asi como de la cantidad de moldes de yeso disponibles para ubicar la pieza durante el secado. Con esta nueva técnica se estará en capacidad de estandarizar los pesos y espesores de las piezas.

Otra alternativa que debe ser evaluada para determinar su viabilidad, es el uso de la técnica de vaciado para aquellas referencias que no puedan ser fabricadas por la técnica del torno de tarraja. El vaciado igualmente permite asegurar el espesor, tamaño y peso de las piezas; para ello se hace necesario el adecuar la pasta actual, convirtiéndola en "barbotina"; se deben elaborar algunos moldes de yeso de una o dos referencias y empezar a hacer los ensayos. Para ello se podría contar con la ayuda de los estudiantes del colegio técnico de La Chamba.

Un punto importante, independiente de la técnica utilizada en la fabricacción de las piezas, es la necesidad de estandarización en los métodos de trabajo utilizados; si es necesario deben existir métodos de trabajo para cada referencia. Se aconseja que éstos sean revisados periódicamente por parte de los artesanos involucrados en el proceso; este tipo de estandarización ayudará en la búsqueda de la certificación "hecho a mano" entregada por el ICONTEC.

Finalmente se debe continuar con la mejora de los sitios de trabajo, con la adquisición de las mesas, banquetas y tornetas; además se podría empezar a utilizar tablas de madera (material aglomerado) para el transporte y manipulación de las piezas durante las etapas de modelado. Las dimensiones sugeridas para estas tablas son de aprox. 70 cm de largo por 40 cm de ancho con un espesor de 0.7 a 1 cm. Una mejora adicional en este aspecto podría ser que las tablas presentaran perforaciones de aproximadamente 1cm de diámetro para un adecuado flujo de aire que iría a mejorar el secado de las piezas. En esta misma dirección se debe concretar la idea del diseñador Alejandro Rincón respecto a la cámara de secado para las piezas utilizando la energía solar.

2.5 BARNIZADO Y BRILLADO DE LAS PIEZAS

Dado el caracter netamente manual de los procesos de barnizado y brillado, y lo particular de éstos comparado con lo que se observa en otro tipo de cerámica artesanal y asi como la geometría de las piezas, inicialmente se hace un poco difícil visualizar las mejoras que podrían ser utilizadas para hacer de este proceso algo más tecnificado. Además en otros procesos cerámicos artesanales, en donde está presente este procedimiento, éste se llevaa a cabo con otro tipo de herramientas como esponjillas, pero sigue siendo manual y sin obtenerse la calidad de brillo obtenido en La Chamba.

Lo anterior no significa que el procedimiento actual no se pueda mejorar aún más; porque es factible perfeccionar el brillo. Para ello se sugiere indagar un poco más sobre el procedimiento utilizado por la Familia Sandoval, cuya calidad en el brillo de las piezas era muy superior al brillo promedio visto en el resto de producción de La Chamba.

Además se debe empezar a crear procedimientos estandarizados para el brillado de las piezas, si es necesario se deben montar talleres de brillado para las personas involucradas en este proceso. Es necesario enfatizar el hecho de que es el brillo el primer criterio de calidad tenido en cuenta por el cliente para la adquisición del producto de La Chamba, por tanto es muy importante mejorarlo

aunque sea con las técnicas actuales. En este orden de ideas, vale la pena comenzar a evaluar lo antes posible la herramienta de resina endurecida diseñada por Alejandro Rincón que entraría a reemplazar la piedra de pulir actual. Esta evaluación en particular debería incluir grado de resistencia de la resina bajo el poder abrasivo de la pasta cerámica, así como el factor ergonómico.

Finalmente se hace necesario empezar a indagar dentro del mercado una posible herramienta que entrara a reemplazar las herramientas de brillado actual, y que hicieran de este proceso algo más eficiente.

Otra posibilidad de mejora sería ensayar el mismo barniz pero con un tamaño de partícula mucho más fino incluso del que se propone en la mejora para el tamizado, en otras palabras se podrían programar algunos ensayos para obtener el mismo barniz tal como se obtiene la tierra sigilata superrefinada. Como se sabe este material así obtenido y al ser aplicado a las piezas va a entregar un mejor brillo después del brillado Vale la pena aclarar que esta mejora es necesario evaluarla para ver si es posible su implementación en el proceso de La Chamba.

2.6 COCCION Y NEGREADO DE LA PRODUCCION

Teniendo en cuenta que los procesos de cocción y negreado están muy relacionados entre sí, las mejoras implementadas en el proceso de cocción irán a servir para un mejor negreado de las piezas.

Las mejoras propuestas para la cocción podrían ser llevadas a cabo en 2 etapas, teniendo en cuenta los objetivos buscados en cada una de ellas.

2.6.1 Primera etapa. Esta primera etapa de mejoramiento estaría relacionada con algunos cambios propuestos tratando de mantener en lo posible la estructura del horno actual. Es evidente que bajo las circunstancias actuales de cocción no existe una eficiencia térmica debido a las pérdidas de calor que tienen lugar en el horno actual. El hecho de que el horno no disponga de una puerta hace que todo la energía calorífica se pierda a través de ésta; como segundo punto, no es posible obtener una buena combustión utilizando como combustible la leña que,

además de no ser limpio e ir contra todo concepto ecológico, no tiene la suficiente capacidad calorífica para hacer la cocción de las piezas. Tampoco existe una manera de controlar la temperatura dentro del horno por lo que no es posible asegurar el grado de cocción de las piezas.

El uso de canecas metálicas para cargar la producción, no es lo más adecuado desde el punto de vista de la efeciciencia térmica, dado la facilidad con la que este tipo de canecas se pueden calentar ó enfriar. El uso de las moyas, siendo más eficiente desde el punto de vista térmico, posee el grave incoveniente de su relativa fragilidad a los golpes.

2.6.1.1 Reconversión del horno de leña a horno de gas

Mediante el uso de quemadores a gas que estarían ubicados en la parte inferior del horno, estos quemadores podrían ser removibles; la implementación del gas iría a permitir una mejor cocción de las piezas dado la mayor potencia calorífica que éste tiene comparada con la leña, además se lograría un mejor control del proceso y una mejor distribución del calor hacia el interior del horno. Finalmente el uso de gas sería una tecnología más limpia y ecológica que el uso de la leña.

2.6.1.2 Construcción puerta para el horno

Esto permitiría que la energía calorífica se utilice en la cocción de las piezas. De todas maneras irían a existir pérdidas de calor a través de las paredes del horno, pero no tantas como las existentes actualmente.

2.6.1.3 Implementación compuertas para aire primario y secundario

Esta entradas vendrían a reemplazar el aire que actualmente entra por el hueco donde debería existir la puerta. Este tipo de mejora debe permitir un mejor control de la combustión.

2.6.1.4 Implementación de chimenea tipo damper

Esto permitiría el control del tiraje del horno controlando el aire primario y por tanto se tendría mejor control sobre la combustión.

2.6.1.5 Implementación control de temperatura de cocción

Para el control y verificación de la temperatura de quema se hace necesario el uso de termopares y conos pirométricos. Esto sería de gran ayuda para tener una medida más exacta de la temperatura alcanzada dentro del hono.

2.6.1.6 Mejoramiento eficiencia térmica de canecas y moyas

Se podría evaluar la posibilidad de darle a las canecas un recubrimiento de material refractario que las haga más eficientes desde el punto de vista de transferencia de calor; con esto se busca que la cocción sea más homogénea para todas las piezas. Respecto a las moyas, se hace necesario evaluar el uso de una pasta que permita fabricar moyas con una mayor resistencia mecánica que la que presentan las actuales moyas, pero que mantenga ó mejore la eficiencia térmica de las moyas actuales.

2.6.1.7 Mejoramiento seguridad industrial del proceso de cocción

Finalmente algo que debe ser llevado a cabo a la menor brevedad, es lo relacionado con los elementos de seguridad industrial. Se observó que no hay ningún tipo de protección contra el calor y el humo generado en los procesos de cocción y negreado.

Independiente de la tecnología de cocción utilizada, es imperativo que el artesano encargado de la cocción utilice elementos que le permitan una mínima protección durante el proceso de cocción y negreado. Se sugiere que la persona encargada use guantes de asbesto, peto de cuero y botas con puntera reforzada en acero.

2.6.2 Segunda etapa. Puede suceder que a pesar las mejoras implementadas durante la primera etapa, éstas no sean suficientes para mejorar la calidad de la cocciónn y negreado de la producción; debido entre otras causas a que el horno actual no es el más adecuado para llevar a cabo las mejoras propuestas anteriormente; ó que a largo plazo se quiera mejorar aún más el proceso; en este orden de ideas se haría necesario implementar mejoras más de fondo. Esta etapa incluiría un cambio total en la forma de llevar a cabo la cocción y negreado de la producción.

2.6.2.1 Construcción de un nuevo horno en ladrillo refractario

La construcción de un nuevo horno en ladrillo refractario implica cambiar totalmente la tecnología de cocción actual, este nuevo material iría a permitir que el horno soporte los choques térmicos a los que sería expuesto durante los procesos de cocción y negreado de las piezas. Con este tipo de ladrillo se logra

una mayor eficiencia térmica en la cocción, lo que iría a permitir llegar a temperaturas de cocción más altas, haciendo que el posterior negreado sea de mejor calidad.

2.6.2.2 Mejoramiento cargue y descargue del horno.

Para el cargue y descargue del horno durante la cocción, se propone una vagoneta – puerta fabricada en material refractario. Esto iría a disminuir el esfuerzo físico que conlleva el cargue y descargue de la producción, además que la misma vagoneta, dado su diseño, iría a servir como puerta del horno.

2.6.2.3 Implementación de quemadores a gas removibles

Bajo el mismo concepto con el que serían utilizados en la primera etapa, se sugiere el uso de quemadore (servirían los de la primera etapa).

2.6.2.4 Diseño de entradas para el aire primario y secundario, que permitan un mejor control de la cocción.

2.6.2.5 Diseño de chimenea tipo damper para control de tiraje.

2.6.2.6 Implementación de control de temperatura

Se sugiere eel control de la cocción mediante termopares y/o conos pirométricos, éstos últimos serían chequeados mediante mirillas dispuestas en sitio claves de la pared del horno.

3. EXTRACCION DE MATERIAS PRIMAS

Este capítulo trata de adentrar un poco en lo que es el primer eslabón del proceso productivo que tiene lugar en La Chamba, como es el referente a la explotación de las materias primas; tocando algunos aspectos tales como la influencia que tiene las caracterización de las mismas en su comportamiento al interior de los procesos productivos, igualmente se ilustrará acerca los cálculos hechos para la obtención de las reservas en las minas de arcilla lisa y arenosa respectivamente, finalmente se dan pautas más concretas relacionadas a la explotación controlada y sostenible de dichas minas.

Vale la pena aclarar que los resultados expuestos en este capítulo están basados en los estudios geológicos y de caracterización que de la materias primas de La Chamba realizó el geólogo Sergio Lozada quien nos acompañó durante el desarrollo de este trabajo.

3.1 CARACTERIZACION DE LAS MATERIAS PRIMAS UTILIZADAS

Los datos de caracterización corresponden a muestras de arcilla lisa, arcilla arenosa y arcilla roja (utlizada para la fabricación del barniz) tomadas por Lozada[6] en desarrollo de su trabajo, serán éstos los que sirvan de base para los respectivos análisis del comportamiento de los materiales en el proceso productivo.

Los análisis fueron llevados a cabo en Ingeominas durante el mes de diciembre del 2001 y están registrados en el anexo C, para una mayor comprensión y para efecto del análisis necesario dichos resultados fueron organizados y registrados en las tablas presentadas a continuación.

3.1.1 Análisis químico. En la tabla 3.1 se registra lo que son los análisis químicos de los materiales utilizados en La Chamba. Algunos de estos parámetros están relacionados con el comportamiento que de estos materiales se debería esperarar en el proceso cerámico.

Tabla 3.1. Análisis químico de las arcillas utilizadas en La Chamba

MATERIAL	pH	% C. O	B. T.	COMPLEJO DE CAMBIO					
				C. I. C	Ca	Mg	K	Na	% S. B.
Arcilla lisa	6.5	0.27	16.6	17.7	10.4	5.7	0.35	0.26	93.9
Arcilla arenosa	6.3	0.32	11.7	11.6	7.7	3.6	0.17	0.27	Sat
Arcilla roja	4.3	0.09	4.9	13.9	2.3	1.8	0.38	0.46	35.2

meq Calcio/100g * 200 = ppm. meq Magnesio/100g * 120 = ppm.
meq Potasio/100g * 391 = ppm. meq Sodio/100g * 230 = ppm.
Sat = Saturado; B.T. = Bases Totales; S.B.% = Porcentaje Saturación de Bases.
MÉTODOS: Carbón orgánico (C.O.): Walkley-Black; Capacidad de intercambio catiónico (CIC) y bases intercambiables (calcio, magnesio, potasio y sodio): acetato de amonio normal y neutro.

3.1.1.1 Capacidad de intercambio iónico

Tal vez es esta la característica más importante que tienen las arcillas, ya que de ésta se derivan una serie de propiedades para tener en cuenta en los procesos de cerámica sin importar el tipo de tecnología.

Los minerales arcillosos tienen la capacidad de adsorber sobre sus superficies varios tipos de iones los cuales pueden ser intercambiables por otros iones cuanto se les trata con soluciones acuosas. Por esta razón los suelos son tan importantes en el transporte de los nutrientes a las plantas. Además esta propiedad hace que las arcillas tengan ciertos comportamientos en los sistemas arcilla – agua, los cuales son de suma importancia en el proceso cerámico[14].

La capacidad de intercambio iónico en las arcillas puede ser catiónica (C. I. C.) ó aniónica (C. I. A.), dependiendo de la causa para este intercambio iónico. Generalmente este fenómeno en las arcilla se debe a sustituciones de iones con carga positiva alta tales como aluminio (Al^{+3}) y/o sílice (Si^{+4}) por iones con carga positiva más baja como: magnesio (Mg^{+2}), potasio (K^{+}), sodio (Na^{+}), calcio (Ca^{+2}) etc. , estas sustituciones se suceden dentro de las estructuras cristalinas de las arcillas dando lugar a un déficit de cargas positivas respecto a las negativas

dentro de la estructura; es decir la partícula de arcilla quedará cargada negativamente, para compensar este exceso de carga negativa la partícula de arcilla atraen iones con carga positiva que se encuentran en el medio con el cual la partícula de arcilla interactúa. Dichas iones con carga positiva son los llamados cationes, entre los cuales podemos mencionar el Na^{+1}, Ca^{+2}, Mg^{+2}, Al^{+3}, etc. Pero la fuerza con las que se unen dichos cationes a la superfcicie de la partícula de arcilla es muy débil, esto hace que dichos cationes se puedan intercambiar con otros cationes existentes en el medio, y dependiendo de las cantidad de cationes que se puedan intercambiar es de donde surge el concepto de la capacidad de intercambio catiónico (C. I. C.).[3]

La otra causa para que exista el intercambio iónico en las arcillas, es el rompimiento de los anlaces hacia los extremos de las partícula de arcilla, pero en este caso el intercambio iónico puede ser catiónico y/o aniónico (C. I. A.), este último no es muy común en las arcillas.

El hecho de adicionar silicato de sodio y/o carbonato de sodio en los procesos de dispersión de las arcillas implica que por alguna razón técnicamente válida estamos cambiando el tipo de iones intercambiables entre la partícula de arcilla y el medio circundante[3]. Por ejemplo cuando hay exceso de plasticidad en una arcilla es porque existen iones cuyo nivel de hidratación es muy alto lo cual unido a la distancia relativamente grande entre las diferente estructuras de algunas arcillas del tipo montmorillonita ó vermiculita, hacen que éstas tenga una gran capacidad para absorber el agua dando lugar al lo que se conoce como "hinchamiento". En este punto entra a jugar un papel muy importante la estructura misma del agua.

A la luz de los conceptos anteriores, se podría explicar algunos de los comportamientos que poseen los materiales de la chamba. La tabla 3.1 muestra una cantidad alta para los cationes intercambiables de Ca^{+2} y Mg^{+2}, la razón para ello es que estos cationes en particular poseen una alta energía de enlace con la estructura de arcilla, este factor junto con al alto grado de hidratación que éstos presentan, dan lugar a la plasticidad característica de la arcilla lisa y la arcilla arenosa. Una de las explicaciones para que la arcilla lisa sean más plástica que la

arenosa, es precisamente el poseer un contenido más alto de estos iones intercambiables. Este hecho nos lleva a sugerir que, en caso de ser necesario, se debe manejar la plasticidad excesiva que presenta la arcilla lisa; sobre todo en un posible proceso de dispersión ó durante el desarrollo de una pasta para la técnica de vaciado; pasta en la cual se involucraría esta arcilla en particular.

El bajo contenido de los iones Na^{+1}, K^{+1}, se explica a la luz de sus débiles energías de enlace con la estructura de arcilla; además de lo anterior estos iones por su tamaño presentan bajo nivel de hidratación lo que disminuye la plasticidad del sistema arcilla – agua. El hecho de que tanto la arcilla arenosa como la lisa presenten bajos niveles de esto iones intercambiables, hace que su plasticidad sea alta como efectivamente se ve en la práctica.

Respecto a la arcilla roja, ésta presenta una alta viscosidad cuando es dispersada en agua; esto puede estar indicando que posee un alto contenido de cationes polivalentes como Ca^{+2}, Mg^{+2} y/o Al^{+3}; los contenidos de los 2 primeros son bajos con respecto a los contenidos de estos mismos iones en las arcilla arenosa y lisa, por tanto no es posible explicar la alta viscosidad según el contenido de éstos; sin embargo el contenido de Al^{+3} si podría explicar el comportamiento de este material. Desafortunadamente no hay dato para el Al^{+3} intercambiable, pero cabría la hipótesis de que el bajo ph que presenta esta material, tal como se observa en la tabla 3.1, podría obedecer a la liberación de Al^{+3}, hecho éste que si explicaría la alta viscosidad que se ve en este material. Dicho comportamiento podría ser perjudicial para el proceso cerámico llevado a cabo en La Chamba, y sabiendo que el problema podría ser debido a la presencia de Al^{+3} en la suspensión del barniz, se sugiere que se confirme su presencia y se uitilicen aditivos químicos tales comò el silicato de sodio (Na_2SiO_3) para eliminar la acción que éste podría tener sobre la viscosidad del barniz.

Según Grim[3], los minerales arcillosos encontrados en las arcillas presentan una capacidad de intercambio catiónico (C. I. C.) del orden de: caolinita: 3 – 15; esmectita: 80 – 150; illita: 10 – 40; vermiculita: 100 – 150. Estos datos pueden estar indicando que el contenido de los materiales de La Chamba tengan cantidades

moderadas de caolinita y/o illita mezclado con cantidades bajas de vermiculita y/o montmorillonita.

3.1.1.2 Contenido de bases totales, porcentaje de saturación de bases

Estos son parámetros que son consecuencia directa de la C. I. C que presentan las arcillas, y por tanto su efecto en el proceso cerámico es el mismo que tiene ésta última y que fué analizado en el numeral anterior.

Sin embargo hay que hacer una observación respecto al contenido de bases que presenta la arcilla roja, este valor es mucho menor que el presentado por los otros materiales, todo parece indicar que las bases totales en la arcilla roja están determinadas por el Al^{+3} cuyo contenido no fué calculado; lo anterior quiere decir que el contenido de bases totales de la arcilla roja debería ser mayor que el registrado por la tabla 3.1.

3.1.1.3 pH

Este parámetro desempeña un papel importante en el comportamiento de las arcillas, ya que su valor influye en el tipo de carga, positiva ó negativa, en los extremos de la partícula de arcilla. Lo que a su vez determina el tipo de iones (cationes ó aniones) que serán adsorbidos sobre dichos extremos. Un ph alto implica que los extremos se carguen negativamente es decir que presentarán sitio para tener capacidad de intercambio catiónico (C. I. C.); por el contrario un ph bajo (ph ácido) crea cargas positivas en los mismos extremos presentando sitios para capacidad de intercambio aniónico (C. I. A.).[7]

Se sabe que los iones adsorbidos sobre la superficie y los extremos de la partícula de arcilla, influyen altamente en la viscosidad de las suspensiones de arcilla – agua; variable ésta que es de suma importancia en los procesos cerámicos (artesanales y/o industriales).

Las soluciones de ph alto tienden a dispersar los sistemas arcilla – agua lo cual está relacionado con la disociación de los iones hidrógeno (H^+). Cuando el ph aumenta hace que la partícula de arcilla aumente su carga negativa, ya que ésta se presenta no sólo sobre la superficie sino hacia los extremos, haciendo que las partículas se repelan mutuamente porque todas están cargadas negativamente obteniéndose, de esta manera, una suspensión estable. Cuando el ph es bajo, los

extremos de la partícula de arcilla adquieren una carga positiva mientras que la superficie mantiene su carga negativa; lo anterior significa que las partículas se atraerán las unas a las otras mediante contactos extremo – superficie entre éstas, dando a lugar al fenómeno llamado *floculación* y obteniéndose una dispersión inestable que se caracteriza por una alta viscosidad.

Respecto a la arcilla roja, su solución presenta un ph ácido (ph<7.0), entonces se espera que la los extremos de las partículas de esta arcilla presente sitios para un intercambio aniónico (no muy común en las arcillas), esto influirá en la viscosidad que presente una suspensión de dicho material.

Lo anterior explica el comportamiento que presenta la suspensión de dicha arcilla para la fabricación del barniz, en ésta se observa una alta viscosidad a pesar de poseer cerca del 52% de agua. Todo debido al bajo valor que presenta el ph, el cual crea cargas positivas en los extremos de las partículas de esta arcilla que se atraen con las cargas negativas presentes en la superficie, obteniéndose una suspensión de alta viscosidad (inestable); esto sugiere que es necesario tener mucho cuidado con la dispersión de esta arcilla en particular cuando se utilice un agitador.

Adicionalmente los suelos arcillosos con ph ácido como el presentado por la arcilla roja, son atacados por los ácido en los extremos de las partículas liberando iones Al^{+3} los que debido a su alto nivel de hidratación crean un alto valor de viscosidad en el sistema tal como se ve en las dispersiones de este material.

Al observar el ph de las soluciones de arcilla lisa y arenosa, éstos presentan valores cercanos al punto neutro, haciendo que los extremos de las partículas de estas arcillas adquieran carga negativa; lo que hace que éstas se repelan con las cargas negativas presentes en la superficie dando lugar a sistemas estables en los cuales la viscosidad es más controlable mediante el uso de aditivos químicos.

3.1.1.4 Materia orgánica

El contenido de materia orgánica en las arcillas está relacionado con la formación de las mismas y su efecto en los procesos cerámicos tiene mucho que ver con la cocción de las piezas. La materia orgánica está determinada por el contenido de carbono el cual generalemente no hace parte de la microestructura de las piezas

cerámicas ya que es eliminado durante la primera fase del proceso de cocción (250° C - 600° C) cuando se trabaja en atmósfera oxidante. Algunas veces el carbono hace parte del material cerámico cuando por alguna razón técnica ó estética se hace la cocción bajo atmósfera reductora.

La materia orgánica llega a ser perjudicial cuando se elaboran artículos esmaltados; en el caso de La Chamba no existe ese problema porque la principal característica de este producto es el negreado, el cual se obtiene mediante un proceso de reducción deliberado en donde el contenido de materia orgánica debe ser el mayor posible.

El contenido de materia orgánica en las arcillas de La Chamba es muy bajo, está materia orgánica es eliminada durante el proceso de cocción. En el proceso llevado a cabo en La Chamba, la materia orgánica no debería tener ningún efecto negativo, al contrario si los materiales tuviesen un contenido de materia orgánica mayor sería mucho mejor para el proceso de negreado.

3.1.2 Contenido de óxidos En la tabla 3.2 se registra el contenido de óxidos de las arcillas utilizadas en La Chamba. La importancia de los óxidos radica en que éstos determinan las características del producto final, ya que son los óxidos los que determinan el tipo de cocción necesaria para obtener un producto con buena calidad.

En el caso concreto de los materiales de La Chamba se puede decir en cuanto al contenido de óxidos, deben presentar un comportamiento poco fundente debido a bajo nivel de óxidos alcalinos como lo son el Na_2O y el K_2O en comparación con el contenido de otros óxidos tales como el SiO_2 y el Al_2O_3 los cuales son determinantes en el grado de vitrificación y refractariedad de un material cerámico.

Sin embargo de acuerdo al contenido de Al_2O_3 en las arcillas de La Chamba, no podemos concluir que se trate de materiales refractarios. Un material se puede considerar con propiedades refractarias cuando su contenido de Al_2O_3 es mayor al 25%. El bajo contenido de este óxido se podría compensar con un tamaño de

partícula más fino lo que aumenta el grado de reactividad del material durante el proceso de cocción.

Con respecto al contenido de SiO_2 se podría concluir que la arcilla lisa y la arcilla arenosa están por debajo del nivel promedio del valor que presenta este óxido en particular en otras arcillas de Colombia; este bajo nivel de SiO_2 puede ser compensado con un tamaño de partícula más fino aumentando el grado de reactividad del material. En la arcilla roja el valor de SiO_2 indica que se trataría de un material cuya estructura cristalina es más estable que la presentada por las arcillas arenosa y lisa respectivamente.

El bajo contenido de Al_2O_3 indica que se trata de materiales en donde el aluminio (Al) presente en la estructura cristalina octaédrica ha sido reemplazado por elementos como el hierro (Fe), calcio (Ca), etc. disminuyendo de esta manera el grado de refractariedad que debería tener una arcilla con mejor cristalinidad.

El bajo contenido de SiO_2 presentado en las arcillas lisa y arenosa estaría indicando un reemplazo de la sílice (Si) presente en la estructura tetraédrica por elementos como el aluminio (Al), el hierro (Fe), calcio (Ca), etc. disminuyendo de esta manera el poder de vitrificación que debería tener un material con alto contenido de SiO_2.

En la arcilla roja, aunque también debe existir reemplazo de la sílice de la estructura tetraédrica, ésta tiene lugar en menor cuantía como lo indica el hecho de un mayor contenido de SiO_2 en este material con respecto al contenido registrado en las arcilla lisa y arenosa, trayendo como consecuencia un material mucho más estable pues posee un mejor índice de cristalinidad que debe presuponer que se trata de un material con una estructura arcillosa del tipo 1:1 que lo hace más resistente al calor.

Tabla 3.2. Análisis de óxidos de las arcilla utilizadas en La Chamba

MATERIAL	OXIDOS						
	$\%SiO_2$	%CaO	$\%Fe_2O_3$	$\%Al_2O_3$	%MgO	$\%Na_2O$	$\%K_2O$
Arcilla lisa	56.2	2.8	5.3	20.2	1.8	2.3	1.0
Arcilla arenosa	59.3	3.2	4.3	18.7	1.5	2.8	1.0
Arcilla roja	69.4	0.2	5.4	14.4	0.6	0.1	0.9

3.1.3 Comportamiento térmico La tabla 3.3 registra el comportamiento térmico de los materiales utilizados en La Chamba, los valores de registrados para cada una de las variables coinciden con lo esperado de acuerdo a las características de cada una de las arcillas.

Tabla 3.3. Comportamiento térmico de la arcillas utilizadas en La Chamba

VARIABLE	MATERIAL		
	A. lisa	A. arenosa	A. roja
% Humedad – 105 °C	2.4	2.0	1.9
Pérdidas por calcinación – (105 °C – 1000°C)	6.2	5.3	5.3
% Agua de moldeo	33	24.4	34.4
% Contracción (20 °C - 105 °C)	9.6	7.1	8.8
% Contracción (105 °C - 1000 °C)	10.7	7.6	9.2
Color de quema	Amarillo rojizo	Amarillo rojizo	Rojizo

El bajo contenido de humedad para los tres materiales indica que se puede tratar de arcillas cuya estructura no permite mucha agua, en otras palabras posiblemente se trate de arcillas poco expansivas. Posiblemente se trata de arcillas con estructura tipo 1:1 (caolinita) mezclada con cantidades moderadas de arcillas de estructura 2:1 tipo illita y pequeñas trazas de montmorillonita.

Las pérdidas por calcinación están entre el rango promedio presentado por la mayoría de las arcillas existentes para el trabajo cerámico, este tipo de pérdidas están determinadas por la eliminación, durante el proceso de cocción, del agua de plasticidad, el agua químicamente adherida a la estructura cristalina de la arcilla, y la materia orgánica presente.

El agua de moldeo tiene que ver con el agua adicionada al material durante el proceso con el objeto de darle la propiedad plástica. La cantidad de agua absorbida poe cada material dependerá principalmente del tipo de estructura que posea la arcilla. Se observa que la arcilla lisa es la que soporta mayor cantidad de agua de moldeo, precisamente por la configuración de su estructura que posiblemente se trata de estructuras tipo 2:1 con alguna capacidad de expansión.

La arcilla arenosa no posee mucha agua de moldeo debido a que contiene partículas de arena las cuaesl son material no plástico que dada su estructura no retiene agua y por tanto no presenta ningún tipo de plasticidad, además que el tamaño de grano de dicho material debe ser mayor que el de la arcilla lisa.

El agua de moldeo de la arcilla roja es muy comparable al de la arcilla lisa, dado que dicho material posee una estructura plástica posiblemente por su tamaño de grano y por su misma estructura.

La contracción en crudo (20 °C - 105 °C) para la arcilla lisa es mayor dada la característica plástica que presenta el material; teniendo en cuenta que se trata de un material con una estructura 2:1, es muy probable que su capacidad de "hinchamiento" cuando entra en contacto con el agua sea alta debido a la distancia existente entre las láminas de arcilla y al alto nivel de hidratación que deben poseer los cationes intercambiables. El hecho de que esta arcilla presente una alta afinidad por el agua implica que existe una alta plasticidad por parte de este material, pero también que presente una alta contracción en crudo tal como lo muestra la tabla 3.3. Dicha contracción no es buena para el proceso cerámico porque se ha comprobado que trae problemas de rajas durante el secado de la producción; por ello se hace necesario combinar la arcilla lisa con un material que tenga una contracción menor.

La arcilla arenosa a pesar de su estructura arcillosa y la plasticidad mostrada, posee una contracción en crudo menor que la presentada por la arcilla lisa; debido a que dicho material posee una fracción arenosa de mayor tamaño de grano y de naturaleza no plástica que hace disminuir la contracción del material. Esta propiedad hace del material algo ideal para ser combinado con la arcilla lisa y producir una pasta con menos contracción en crudo.

La arcilla roja posee una contracción menor que la arcilla lisa, básicamente por la estructura 1:1 que la hace tener menos afinidad por el agua; comparándola con la arcilla arenosa, la arcilla roja posee una mayor contracción a pesar de su estructura 1:1, porque la fracción arcillosa es mayor en ésta que en la arcilla arenosa. La contracción presentada por la arcilla roja no debería acarrear ningún problema en el proceso de La Chamba, ya que ésta es utilizada como barniz; otra

cosa sería si se fuera a utilizar como parte integral de la pasta con la que se producen las piezas.

Respecto a la contracción total (105 °C - 1000 °C) de los materiales, esta variable está muy relacionada con la estructura misma del material tal como sucede con la contracción en crudo. Además es necesario considerar el tamaño de grano del material; ya que a menor tamaño de grano hay mayor reactividad durante la cocción y por tanto el material tiende a contraer más. Este comportamiento se puede observar en la tabla 3.3.

La contracción total se hace importante en el proceso de La Chamba y en cualesquier otro proceso cerámico cuando se hace necesario diseñar los moldes para controlar el tamaño de las piezas, los moldes deben tener dimensiones mayores a las que realmente presentan las piezas que llegan al cliente final. La diferencia entre la dimensión del molde y la de la piezas al final del proceso, lo debe dar la contracción total que presenta la pasta.

Los colores de quema presentados por los materiales de La Chamba, podrían estar determinados por el contenidos de óxido de hierro hidratado. El color para el caso de los materiales de La Chamba no es critico debido a que el producto no es esmaltado.

3.1.4 Granulometría de los materiales. La tabla 3.4 muestra el análisis granulométrico de Las arcillas de La Chamba. En cerámica una de las variables que determinan en gran porcentaje el comportamiento de las materias primas es el relacionado con el tamaño de las partículas que entran en el proceso, pues dicho parámetro puede influir en el grado de contracción del material durante el secado asi como el grado dè sinterización durante la cocción.

Tabla 3.4. Granulometría de las arcillas en La Chamba

TIPO DE FRACCION	MATERIAL		
	Arcilla lisa	Arcilla arenosa	Arcilla roja
% Arena	28	54	8
% Limo	26	20	40
% Arcilla	46	26	52

De los 3 materiales la arcilla lisa es la que presenta la mayor fracción de arcilla, este es otro factor que explica el comportamiento plástico del material y el alto nivel de contracción.

En el diseño de una pasta para cerámica es importante la distribución de tamaño de partícula de los materiales involucrados en la pasta; ésta no puede estar conformada sólo por material fino como tampoco puede estar conformada sólo por material grueso, es necesario que exista un balance de ambos materiales para darle a la pasta el comportamiento requerido según la técnica a utilizar. Se sabe que el material fino tipo arcilla le confiere plasticidad y contracción a la pasta pero hace que el secado sea muy lento, el material grueso tipo arena hace que la pasta contraiga menos, da resistencia en crudo y ayuda a controlar el secado de la pasta haciendo que éste sea algo más rápido pero sin mucha contracción. Lo anterior explica el porque de la importancia de ambos materiales en una pasta cerámica

La arcilla arenosa posee una mayor fracción de arena lo que explica su baja contracción, y su menor plasticidad; esta característica hace que el material sea apropiado cuando se quiere controlar el nivel de contracción durante el secado de la pasta cerámica, además que aporta resistencia en verde a las piezas.

En la arcilla arenosa se debe hacer la consideración que según Lozada[6] es una fracción de este el material mayor a 0.5 mm la fuente del defecto "oropel", es dicha fracción donde se presentan las partículas identificadas como biotitas vermiculitizadas y causantes de dicho defecto. Lo anterior lleva a la necesidad de hacer un beneficio adicional a este material antes de formar parte de la pasta; se sugiere una mejor molienda y un mejor tamizado del material.

Respecto a la arcilla roja, es la que posee la mayor fracción arcillosa; lo que sumado a las caraterísticas estructurales presentadas por este material explica su comportamiento en el proceso cerámico de La Chamba. Dado que este material no hace parte integral de la pasta, su comportamiento individual no afectaría el comportamiento de la misma; sin embargo cobra importancia en la fabricación del barniz ya que siendo este un material más fino ayuda a tener un mayor poder de

cubrimiento en la superficie de la pieza, además de incrementar la calidad de brillo en la textura final de las piezas.

3.1.5 Análisis mineralógico de la fracción arenosa y arcillosa. El análisis mineralógico de las arcilla de La Chamba se llevó a cabo teniendo en cuenta las fracciones arenosa y arcillosa de los respectivos materiales. Las tablas 3.5 y 3.6 muestran lo que es el análisis mineralógico de la fracción arenosa y arcillosa.

Tabla 3.5. Análisis mineralógico de la fracción arena de los materiales utilizados en La Chamba

% CONTENIDO MINERALES			
TIPO - MINERAL	MATERIAL		
	Arcilla lisa	Arcilla arenosa	Arcilla roja
Cuarzo	25	27	67
Plagioclasas	19	23	3
Mica Biotita	12	16	2
Fragmentos líticos	14	11	15
Hornblenda	14	8	tr
Feldespato potásico	3	4	
Vidrio volcánico	6	3	
Mica Muscovita	2	3	tr
Oxidos	2	4	12
Magnetita	tr	1	tr
Piroxenos	tr		
Circón	tr		tr
Fitolitos de opalo	tr		tr
Zoisita	tr		

El cuarzo es una forma cristalina de la sílice presente en los tres materiales, este mineral nos da el indicio del grado de cristalinidad que pudiera tener el material; de acuerdo a este concepto se podría decir que la arcilla roja presenta un mayor nivel de cristalinidad que los otros dos materiales. Este hecho está de acuerdo

con la estructura 1:1 (tipo caolinita) mostrada por este material, bien es sabido que esta estructura muestra una mejor cristalinidad que la mostrada por las estructuras 2:1 (tipo illita ó montmorillonita).

A la luz del proceso cerámico el cuarzo es un mineral que durante el proceso de cocción sufre una serie de transformaciones que influyen en la calidad del producto final; este mineral tiene la particularidad de cambiar de fase α a fase β y en forma reversible a los 573 °C dando lugar a un aumento de volumen sin ruptura de los enlaces. En ocasiones este aumento de volumen contraresta el efecto producido por la desecación del objeto, aunque es un poco difícil de controlar, pues depende del tamaño de grano y del proceso de homogenización de la pasta.

La presencia de quarzo en los materiales indica que este mineral también se encuentra en la pasta, por tanto es importante que el programa de cocción tenga en cuenta el tiempo de permanencia de las piezas a la temperatura de 573 °C tanto en el calentamiento como en el enfriamiento pues el cambio de fases produce tensiones internas que afectan las características finales de las piezas en lo que tiene que ver con rajados. En el caso particular de las arcilla de La Chamba, éstas presentan un contenido de quarzo relativamente bajo lo que las hace relativamente confiables para este tipo de defectos, pues no hay probabilidad de la presencia de quarzo libre.

El contenido alto de quarzo en la arcilla roja hace que este material pueda dar lugar a mayor quarzo libre, lo que no sería bueno en caso de que este material formara parte integral de la pasta.

El producto de La Chamba, dadas las características del proceso de cocción y negreado, requiere de materiales con bajo contenido de cuarzo para que la dificultad de controlar la etapa de enfriamiento no implique defectos de rajado en el producto.

El feldespato potásico se encuentra presente en bajas cantidades por tanto el nivel de fundencia de los materiales es poco; esto es confirmado por la poca cantidad que presentan los óxidos de carácter fundente como lo son el Na_2O y el K_2O. (Ver tabla 2).

Según Lozada[6] la biotita presente en las arcillas arenosa y lisa está en forma de láminas seudo hexagonales comúnmente vermiculitizadas; siendo crítico en la arcilla arenosa pues es este el mineral que da origen al defecto del "oropel" y el cual fué analizado en el numeral anterior.

Según Lozada[6] el contenido de vidrio volcánico en los materiales, supone que éstos fueron transportados desde las partes altas de la Cordillera Central. Lo anterior indicaría que se trata de materiales arcillosos secundarios y que su bajo nivel de cristalinidad podría estar asociado a un proceso de meteorización sucedido a lo largo de este trayecto.

Tabla 3.6. Análisis mineralógico en la fracción arcilla de los materiales utilizados en La Chamba

ANALISIS CUALITATIVO			
ESTRUCTURA	MATERIAL		
	Arcilla lisa	Arcilla arenosa	Arcilla roja
Caolinita	++	++	++++
Vermiculita	+	++	
Illitas	+	+	tr
Illito-vermiculita	+	++	
Integrados	-	+	
Interestratificados	-	tr	
Plagioclasas	+	+	tr
Feldespato potásico	+	tr	
Cristobalita	+	tr	
Cuarzo	Tr	tr	++

CONVENCIONES:++++ Dominante (>50%), +++ Abundante (30-50%); ++ Común (15-30%), + Presente (5-15%), tr Trazas (<5%).

La tabla 3.6 registra lo que es el análisis mineralógico en la fracción arcillosa de las arcillas utilizadas en La Chamba, son estos los minerales que confieren a estas arcillas propiedades químicas y físicas especiales que las hacen aptas para el trabajo en cerámica y alfarería.

La presencia de caolinita en las arcillas lisa y arenosa supondría una estructura cristalina y estable lo que le conferiría a estos materiales algún grado de refractariedad. A la luz de la plasticidad estos materiales por la presencia de la caolinita (estructura 1:1) no deberían ser plásticos ni poseer afinidad por el agua pues una de las características de este mineral es la distancia pequeña existente entre las unidades estructurales de arcilla en donde las fuerzas que unen dichas unidades son más fuertes por lo que no es posible dar cabida a moléculas de agua e hidraten los cationes intercambiables que pudiesen existir entre dichas unidades. Sin embargo la arcilla lisa presenta buena plasticidad y afinidad hacia el agua de moldeo, hecho que puede ser explicado bajo el concepto del tamaño de grano y los contenidos de illita y vermiculita (estructuras 2:1), pues se trata de una arcilla fina con una área superficial específica alta, y con una estructura caracterizada por una distancia mayor entre las unidades estructurales de arcilla donde las fuerzas que mantiene unidas dichas unidades son más débiles permitiendo de esta manera que las moléculas de agua entren más fácil e hidraten principalmente los iones intercambiables polivalentes; el contenido de illita y vermiculita es lo que explicaría el carácter pegajoso que presenta la arcilla lisa cuando se pone en contacto con el agua. Este es el factor que permite que la pasta se pueda moldear fácilmente sobre los moldes guías sin que las piezas presenten rajas.

En general, los minerales arcillosos que componen las arcillas lisa y arenosa son la caolinita, illita y vermiculitas y son éstas últimas las que determinan el comportamiento de estos materiales. En cantidades bajas se encuentran el cuarzo, feldespatos, cristobalita, interestratificados e integrados, por lo que no se espera tener problemas de rajado fino durante los procesos de cocción.

En cuanto a la arcilla roja, ésta presenta un alto contenido de caolinita; esto sería prueba de la existencia de una estructura con buen índice de cristalinidad y por tanto estable a los procesos de cocción. La estructura 1:1 que presenta este material hace que el material no adsorba mucha agua; por lo que el comportamiento visto en el material, antes que a la estructura, se debe al alto nivel de partículas finas (área superficial específica alta y a la presencia del ión

Al^{+3} como ión intercambiable. Este material, dado su comportamiento, debe ser tratado con mucho cuidado durante el proceso de dispersión, aspecto éste que ya fué analizado previamente.

3.2 PLAN DE EXPLOTACION DE MATERIAS PRIMAS

Los conceptos sobre los cuales se basó el plan de explotación son exactamente los mismos expuestos por Lozada[6]

3.2.1 Característica de las minas[6] Son cuerpos alargados de arcilla sobre arenas y gravas aluviales de composición andesítica y pumítica. Estos cuerpos de arcilla son horizontales y están dispuestos en todo el paraje de La Chamba.

Los depósitos de material arcilloso se explotan en dos lotes. La arcilla lisa se encuentra en un lote de 42.600 m^2 de propiedad de Artesanías de Colombia, en el cual un sector de 9.760 m^2 está destinado para la extracción de arcillas; el espesor promedio del depósito es de 23 cm. La arcilla arenosa se explota parcialmente en un lote con un área aproximada de 48.700 m^2 de propiedad de la comunidad; el espesor promedio del depósito es de 20 cm.

3.2.2 Método actual de explotación. La explotación de arcilla para las actividades alfareras se realiza a cielo abierto en numerosos sitios, dejando tras de sí huecos y zanjas distribuidos en forma anárquica por todo el sector, los cuales no se vuelven a tapar originando zonas pantanosas en épocas de invierno. La profundidad promedio de estos huecos es de 50 cm[6].

El procedimiento llevado a cabo para la explotación de la arcilla lisa en lo que tiene que ver con los ciclos de recuperación de la mina y extracción del material; está basado en la creencia que se tiene en el hecho de utilizar el terreno para la siembra de arroz ayuda a que se mejore la calidad de la arcilla lisa al cabo de por lo menos 2 años que dura la recuperación del terreno sembrándole arroz

Lo anterior está relacionado con una de las principales propiedades que poseen los suelos que contienen arcillas de características expansivas como las que

existen en La Chamba. Estos suelos retienen los nutrientes de las plantas mediante el proceso conocido como intercambio catiónico el cual fué analizado en el numeral referente al análisis químico de las arcillas[5]. Las arcillas contenidas en los suelos exhiben diferentes preferencias por los cationes que entran a reemplazar otros cationes presentes en la superficie de las arcillas. Por tanto es esto lo que puede estar sucediendo durante el tiempo que el terreno está dedicado a la siembra del arroz, al cabo de este tiempo el suelo ha adquirido alguna propiedades arcillosas en virtud de este intercambio catiónico que ha existido entre las raíces de las plantas y el suelo.

De acuerdo a lo expuesto no es posible concluir que la siembra de arroz haga que "nazca" más arcilla, simplemente lo que existe es un intercambio catiónico que cambia las condiciones del suelo haciendo que éste adquiera algunas propiedades de arcilla.

En los últimos años se ha intensificado la presencia del "oropel" en la arcilla, el cual no es más que pequeñas hojuelas de micas (biotitas vermiculitizadas). Si las micas alcanzan un tamaño mayor a 0.5 mm, y no son eliminadas de las arcillas antes de mezclarlas y formar la pasta para el moldeo, éstas pueden presentar problemas en el momento de la cocción de la cerámica, ya que éstas micas tienden a contraerse con el calor y revientan la capa de barniz que recubre las piezas dando origen a dicho defecto[6].

3.2.3 Evaluación de las reservas del material arcilloso[6]. La exactitud del cálculo o valoración de la cantidad del material, depende del grado de desarrollo de las labores de apertura o reconocimiento y del carácter del yacimiento. Cabe distinguir entre reservas probadas, probables y posibles.

3.2.3.1 Reservas probadas.

Los contornos de las reservas se conocen de un modo coherente, o la configuración de las mismas está asegurada por una serie de labores muy juntas.

El cálculo de las reservas probadas no es más que un problema volumétrico. En un yacimiento de forma plana y de potencia variable, se multiplica su superficie por la media aritmética de los espesores.

En la tabla 3.7 se registran los apiques llevados a cabo tanto en la mina de arcilla lisa como en la de arcilla arenosa.

Tabla 3.7. Resultados de las observaciones de los apiques cavados en las minas de arcilla lisa y arcilla arenosa.

APIQUES CAVADOS EN LAS MINAS DE MATERIAL ARCILLOSO			
MINA	PUNTO DE MUESTREO	ESPESOR DE CAPA – (cm)	
		Capa vegetal	Capa arcillosa
LISA	01	34	25
	02	30	20
	03	40	23
	04	19	25
	05	35	25
	06	32	25
	07	26	25
	08	35	26
	09	28	22
	10	22	20
	11	30	21
	12	28	20
ARENOSA	13	20	20
	14	22	20
	15	23	22
	16	26	20
	17	18	20
	18	28	20
	19	28	18
	20	20	23

Fuente: LOZADA, Sergio. Génesis, caracterización mineralógica y evaluación minera de los depósitos de arcilla negra en la vereda artesanal de La Chamba, municipio del Guamo, Tolima. Artesanías de Colombia. 2002.

Se observó que los límites entre horizontes son poco claros y su topografía es ondulada hasta quebrada, llegando a variar el espesor de las capas vegetal y arcillosa hasta en cinco centímetros en un mismo punto de muestreo.

Debido a que el espesor de la capa de arcillas es heterogéneo, ya que sus límites son muy irregulares, no es correcto realizar un cálculo de reservas con base en un mapa de curvas isópacas (espesores iguales) con los datos obtenidos de los apiques excavados, ya que podrían dar una idea equívoca de la geometría del yacimiento. Por esto, para realizar el cálculo del volumen de arcillas se tomó la media aritmética de los datos obtenidos, los resultados están registrados en la tabla 3.8.

Tabla 3.8. Media aritmética de las capas vegetal y arcillosa en las minas de arcilla lisa y arcilla arenosa.

MEDIA ARITMETICA CAPA VEGETAL Y ARCIILLOSA EN LAS MINAS DE MATERIAL ARCILLOSO		
MINA	HORIZONTE	Espesor promedio
LISA	Capa vegetal	30 cm
	Capa de arcilla	23 cm
ARENOSA	Capa vegetal	23 cm
	Capa de arcilla	20 cm

Fuente: LOZADA, Sergio. Génesis, caracterización mineralógica y evaluación minera de los depósitos de arcilla negra en la vereda artesanal de La Chamba, municipio del Guamo, Tolima. Artesanías de Colombia. 2002.

A continuación se hace un cálculo de las reservas probadas de los depósitos de arcilla lisa y arcilla arenosa en la vereda La Chamba. El valor del espesor de la capa arcillosa se ha tomado de las observaciones realizadas en campo y la información suministrada por los artesanos de la región. El valor de superficie de los lotes se obtuvo midiendo la longitud y disposición de los linderos y usando una cuadrícula a escala.

Se aclara que en los dos lotes hay zonas adyacentes a quebradas, vaguadas o zanjas que están cubiertas por bosque de galería, las cuales no son aptas para la explotación de la arcilla. Estas zonas no fueron tenidas en cuenta en el cálculo de las reservas del material arcilloso.

- Arcilla lisa - La arcilla lisa se extrae en una porción del lote de propiedad de Artesanías de Colombia.

Area total del lote	42,600 m^2
Area de las zonas con bosque y/o zona no explotable	9,650 m^2
Area de la zona explotable	9,760 m^2
Area explotable pero actualmente dedicada a cultivos	23,190 m^2
Espesor promedio	0.23 m

Asumiendo que el 50% del área actualmente explotable ya ha sido explotado se tiene que:

Area por explotar de la zona explotable	4,880 m^2
Area por explotar de todo el lote	28,070 m^2
Volumen de arcilla lisa por explotar	6,456 m^3
Densidad de la arcilla lisa recien extraída (terrones)	1.37 g/cm^3
Reservas totales de arcilla lisa	8,884.9 tn

- Arcilla arenosa – Este material se extrae del lote de propiedad de la comunidad artesanal.

Area total del lote	48,700 m^2
Area de las zonas con bosque y/o zona no explotable	4,800 m^2
Area explotable	43,900 m^2
Espesor promedio	0.20 m

Asumiendo que el 35% del lote ya ha sido explotado, se tiene:

Area explotada	15,365 m^2
Area por explotar	28,535 m^2
Volumen de arcilla arenosa por explotar	5,707 m^3.
Densidad de la arcilla lisa recien extraída (terrones)	1.50 g/cm^3
Reservas de barro arenoso en todo el lote	8,560.5 tn

Estas reservas son factibles de ser recuperadas totalmente debido a la disposición geométrica del depósito y a la escasa profundidad en que se encuentra.

La tabla 3.9 registra en forma resumida los datos referentes a las reservas probadas para la arcilla lisa y arenosa.

Tabla 3.9. Reservas probadas de arcilla lisa y arcilla arenosa en La Vereda de La Chamba

LOTES DE ARCILLA LISA Y ARENOSA – DIMENSIONES Y RESERVAS						
Material	Area total m^2	Area Explotable m^2	Espesor de capa m	Volumen material m^3	Densidad material g/ cm^3	Reservas material Tn
A. lisa	42,600	28,070	0.23	6,456	1.37	8,844.9
A. arenosa	48,700	28,535	0.20	5,707	1.50	8,560.5

Fuente: LOZADA, Sergio. Génesis, caracterización mineralógica y evaluación minera de los depósitos de arcilla negra en la vereda artesanal de La Chamba, municipio del Guamo, Tolima. Artesanías de Colombia. 2002.

3.2.3.2 Reservas probables

Según datos entregados por los artesanos, en años anteriores se ha extraído arcilla de otros lugares distintos a las minas actuales; incluso, se ha extraído arcilla "mixta", es decir, su textura permite ser usada directamente para elaborar la pasta de moldeo, sin necesidad de mezclarse con otra arcilla.

En sectores como Tres Esquinas y El Olvido, al norte y al oriente de La Chamba, respectivamente, se encuentra arcilla mixta, así como en predios de Carmen Torrijos; en predios de Beatriz Garcés y cerca a la antigua escuela de cerámica se encuentra arcilla arenosa, mientras que en predios de Mercedes Prada se ha extraído arcilla lisa. En veredas adyacentes a La Chamba como Chipuelo se extrae arcilla mixta en grandes cantidades.

Todas estas manifestaciones presentan las mismas características que en las minas actuales, tales como espesor entre 15-30 cm, bajo la capa vegetal de 20-40 cm, y sobre "peñón" o arenas arcillosas poco consolidadas con cantos de andesitas y/o pumitas.

Debido a las anteriores evidencias, toda la superficie de La Chamba, exceptuando las llanuras aluviales actuales y antiguas del río Magdalena, pueden contener arcilla.

Se han calculado unas reservas probables superiores a 1.5 millones de toneladas métricas en la vereda La Chamba.

3.2.3.3 Reservas posibles (o pronosticadas).

Debido a los datos mencionados anteriormente y al conocimiento de extracción de una arcilla muy plástica (lisa) en la mina La Conejera, vereda El Colegio, municipio de Flandes, con características muy semejantes a las arcillas de La Chamba, se puede inferir que el área de la parte más distal del antiguo abanico aluvial del río Coello, en cercanías al río Magdalena, pero sin incluir los aluviones recientes de éste río, pueden presentar el horizonte arcillosos, ya que tanto el material parental, el clima y el tiempo de evolución son, por no decir que los mismos, bastante similares.

Las reservas posibles son bastante grandes (podrían alcanzar los 30 millones de toneladas), pero están esparcidas en un área también muy grande, lo que no hace viable su explotación masiva.

3.2.4 Vida útil de las minas de arcilla lisa y arcilla arenosa. Para el cálculo de la duración ó vida útil de las minas de arcilla (arenosa y lisa) fueron tenidos en cuenta tres criterios los cuales determinaban el consumo de materias primas por parte del proceso productivo.

Se consideró una situación actual en la cual se toman los consumos internos para 60 talleres de producción de los cuales hay 5 grandes y los otros 55 corresponden a talleres pequeños; este criterio de consumo fué tenido en cuenta por Lozada[6].

Un segundo criterio considera los datos entregados por Ortega[8] a Artesanías de Colombia, teniendo en cuenta la situación actual que corresponde al consumo interno de 5 grandes talleres, con base en los cuales se determinan las necesidades de explotación para cada arcilla.

Finalmente se considera un situación futura en la que, teniendo en cuenta la organización por eslabones de producción, se toma como referencia las necesidades de 1 taller grande en el cual se van a requerir 5 toneladas de pasta húmeda que deberán ser beneficiadas según nuevos criterios tecnológicos plantedos en este proyecto y buscando obtener la mejor calidad; el 60% de la pasta beneficiada será para consumo interno y el restante 40% para ser vendida a otros talleres.

3.2.4.1 Según situación actual real[6]

La duración ó vida útil de las minas depende del ritmo de explotación, que a su vez es determinado por la misma producción requerida en los talleres. Dicha producción fundamentalmente depende de la demanda del producto.

Según Lozada el ritmo de explotación fué determinado con base en la información suministrada por artesanos de La Chamba y que se encuentra registrada en la tabla 3.10.

- Tiempo de duración mina de arcilla lisa – Con base en los datos registrados en la tabla 3.10, se determina lo que sería el tiempo de duración de esta mina con base en la producción de los 60 talleres (5 grandes y 55 pequeños)

Ritmo de explotación de arcilla lisa (tn/año)	546
Ritmo de explotación de arcilla lisa – 10% desperdicio (tn/año)	600.6
Reservas totales del material (tn)	8,844.9
Duración de la mina (años)	14.7

Tabla 3.10. Consumo de materias primas – Según Lozada

PRODUCCION Y CONSUMO MATERIAS PRIMAS			
TALLER TIPO	CANTIDAD	CONSUMO MATERIAS PRIMAS tn húmedas/mes	
		A. arenosa	A. lisa
Grande	5	8.65	6.45
Pequeño	55	51.15	39.05
TOTALES	60	59.8	45.5

Fuente: LOZADA, Sergio. Génesis, caracterización mineralógica y evaluación minera de los depósitos de arcilla negra en la vereda artesanal de La Chamba, municipio del Guamo, Tolima. Artesanías de Colombia. 2002.

Ahora sólo se tendrá en cuenta la producción de los 5 talleres grandes.

Ritmo de explotación de arcilla lisa (tn/año)	77.4
Ritmo de explotación de arcilla lisa – 10% desperdicio (tn/año)	85.1
Reservas totales del material (tn)	8,844.9
Duración de la mina (años)	103.9

- Tiempo de duración mina de arcilla arenosa – Con base en los datos registrados en la tabla 3.10, se determina lo que sería el tiempo de duración de esta mina tomando como base la producción de los 60 talleres (5 grandes y 55 pequeños).

Ritmo de explotación de arcilla arenosa (tn/año)	717.6
Ritmo de explotación de arcilla arenosa – 10% desperdicio (tn/año)	789.4
Reservas totales del material (tn)	8,560.5
Duración de la mina (años)	10.8
Ahora sólo se tendrá en cuenta la producción de los 5 talleres grandes.	
Ritmo de explotación de arcilla arenosa (tn/año)	103.8
Ritmo de explotación de arcilla arenosa – 10% desperdicio (tn/año)	114.2
Reservas totales del material (tn)	8,844.9
Duración de la mina (años)	77.9

En la tabla 3.11 se registran en forma resumida los datos referentes a la duración de las minas de arcilla lisa y arcilla arenosa

Tabla 3.11. Duración reservas de arcilla lisa y arcilla arenosa según Lozada

DURACION RESERVAS – MINAS ARCILLA LISA Y ARENOSA			
RESERVAS TOTALES - tn		A. lisa	8844.9
		A. arenosa	8560.5
RITMO DE EXPLOTACION tn/año	60 talleres	A. lisa	600.6
		A. arenosa	789.4
	5 talleres grandes	A. lisa	85.1
		A. arenosa	114.2
DURACION RESERVAS años	60 talleres	A. lisa	14.7
		A. arenosa	10.8
	5 talleres grandes	A. lisa	103.9
		A. arenosa	77.9

3.2.4.2 Situación actual para 5 grandes talleres[6]

Con base en los datos registrados en la tabla 3.12 se hicieron los cálculos correspondientes a la duración de las minas de arcilla lisa y arcilla arenosa.

Ortega[8] toma como referencia lel número de piezas producidas/mes y el consumo de materias prima/mes que tiene lugar en 5 grandes talleres de La Chamba. Es importante hacer la observación que el consumo de la materia prima es sólo para el consumo interno del taller, no hay ningún tipo de remanente para el beneficio y venta.

- Tiempo de duración mina de arcilla lisa – Con base en los datos registrados en la tabla 3.12, se determina lo que sería el tiempo de duración de esta mina, tomando como base la producción de 5 talleres grandes.

Ritmo de explotación de arcilla lisa (tn/año)	72
Ritmo de explotación de arcilla lisa – 10% desperdicio (tn/año)	79.1
Reservas totales del material (tn)	8,844.9
Duración de la mina (años)	111.8

Tabla 3.12. Producción y consumo de materias primas en 5 grandes talleres de La Chamba

PRODUCCION Y CONSUMO MATERIAS PRIMAS – 5 TALLERES					
TALLER	PROPIETARIO	PRODUCCION Unidades/mes	CONSUMO MATERIAS PRIMAS tn húmedas/mes		
			A. arenosa	A. lisa	A. roja
1	E. Callejas	2439	0.50	0.50	0.07
2	B. García	2900	1.8	1.2	0.08
3	V. Cabezas	1660	3.4	2.1	0.09
4	O. Rodríguez	870	0.9	1.3	0.05
5	M. Cabezas	1068	1.4	0.9	0.05
TOTALES		8937	8.0	6.0	0.34

Fuente: ORTEGA, Ramón. Producción de piezas y consumo de materias primas en 5 grandes talleres artesanales de La Chamba. Santafé de Bogotá.

- Tiempo de duración mina de arcilla arenosa – Con base en los datos registrados en la tabla 3.12, se determina lo que sería el tiempo de duración de las reservas correspondientes a esta mina, tomando como base la necesidad de explotación para la producción actual de lo 5 talleres grandes más representativos de La Chamba.

Ritmo de explotación de arcilla arenosa (tn/año)	96
Ritmo de explotación de arcilla arenosa – 10% desperdicio (tn/año)	105.6
Reservas totales del material (tn)	8,560.5
Duración de la mina (años)	81.1

En la tabla 3.13 se registran de una manera resumida los datos obtenidos para la duración de las minas de arcilla considerando los datos entregados por Ortega[8].

Tabla 3.13. Duración reservas de arcilla según datos de Ortega

DURACION RESERVAS – MINAS ARCILLA LISA Y ARENOSA		
RESERVAS TOTALES - tn	A. lisa	8844.9
	A. arenosa	8560.5
RITMO DE EXPLOTACION – tn/año	A. lisa	79.1
	A. arenosa	105.6
DURACION RESERVAS - años	A. lisa	111.8
	A. arenosa	81.1

3.2.4.3 Situación futura - eslabón de beneficio arcillas y pasta

Como se mencionó antes, ahora se consideran las necesidades de 1 taller grande en el cual se debe beneficiar pasta de la cual el 60% será para consumo interno y el 40% restante para vender a otros talleres.

Según datos de la tabla 3.12 se determinan las necesidades de explotación para 1 taller grande que beneficiará pasta para consumo interno y para vender.

Según tabla 3.12 para el consumo interno de 5 talleres grandes se tiene:

Necesidades arcilla lisa (toneladaa)	6
Necesidades arcilla arenosa (toneladas)	8
Necesidades pasta – consumo interno (toneladas)	14

Con base en datos anteriores el consumo interno de 1 taller grande sería:

Necesidades arcilla lisa (toneladaa)	1.2
Necesidades arcilla arenosa (toneladas)	1.6
Necesidades pasta – consumo interno (toneladas)	2.8
	~ 3
Necesidades pasta – totales (toneladas)	5

Dado el enfoque que se le quiso dar al proceso de fabricación de piezas en La Chamba, como es el de cadenas productivas; se hace necesario empezar a establecer el valor de algunas variables de proceso relacionadas con cada uno de los eslabones de producción. Una de éstas es la que tiene que ver con la humedad que debe contener la pasta, la cual ayudará a determinar de la manera más confiable posible las necesidades de extracción de materias primas

Lo importante es entregar por parte del taller responsable del beneficio de materias primas y fabricación de la pasta, una materia prima que sea apta para la fabricación de las piezas. Como variable inicial se empezó a especificar la relación entre el material seco y el agua adicionada, se tomó como referencia esta variable ya que es la que está más al alcance de artesano, y es ésta la que permite ser medida directamente en el sitio de trabajo. Lo anterior lleva a determinar la relación de sólidos secos/agua de la mezcla que se debe fabricar para obtener una pasta con una humedad tal que permita la fabricación de las piezas por el método actual, todo buscando disminuir la variabilidad de la pasta en cuanto a la humedad implementando un método sencillo que le permita al artesano ejercer un control sobre esta variable en particular.

El trabajo aquí efectuado sirve de base no sólo para determinar las necesidades de extracción y las cantidades de materiales a procesar, cantidades éstas que serán importantes en el dimensionamiento de los equipos para los respectivos procesos.

Para obtener la información necesaria que nos permitiera calcular los datos anteriores hubo necesidad de llevar a cabo la recolección de muestras de cada una de las materias primas en las diferentes etapas del proceso, muestras de pasta ya preparada y lista para la fabricación de las piezas. Posteriormente se determinó del porcentaje de humedad de las muestras recolectadas; la cantidad de pasta que se debe producir para la fabricación de las piezas, para con base en ello calcular el balance de agua uqe establezca la cantidad de material seco y agua que deben ser medidos para la fabricación de la pasta de manera que ésta presente un porcentaje de humedad con poca variación permitiendo estandarizar el proceso de modelado y moldeado de las piezas.

A continuación se hace un listado de las muestras recogidas, en donde se observa el tipo de muestra, número y la etapa del proceso.

Arcilla lisa:	recien extraída de la mina (2 muestras)
	en proceso de secado (3 muestras)
	seca (4 muestras)
	seca molida (pilada) (1 muestra)
	en suspensión (remojo) (4 muestras)
Arcilla arenosa:	recien extraída de la mina (2 muestras)
	en proceso de secado (3 muestras)
	seca (5 muestras)
	seca molida (pilada) (4 muestras)
Arcilla roja	recien extraída de la mina (1 muestra)
	seca (5 muestras)
	lista para aplicar (suspensión) (8 muestras)
Pasta lista para fabricar piezas	Amasada (10 muestras)

Las respectivas humedades de las materias primas en cada una de las etapas del proceso y para la pasta ya preparadacada, son registradas en las tablas 3.14, 3.15, 3.16 y 3.17.

Tabla 3.14. Humedades Arcilla Lisa

PORCENTAJE DE HUMEDAD - ARCILLA LISA										
M	Recien extraída		En Secado		Seca		Seca molida		En suspensión	
	Bs	Bh	Bs	Bh	Bs	Bh	Bs	Bh	Bs	Bh
1	30.2	23.2	12.4	11	9.9	9.0	5.7	5.4	42.1	29.6
2	35.9	26.4	12.1	10.8	11.4	10.2			64.8	39.3
3			11.4	10.2	13.9	12.2			54.6	35.3
4					11.6	10.2			86.3	46.3
Pr	33.0	24.8	11.9	10.7	11.6	10.4	5.7	5.4	62.0	37.7

Tabla 3.15. Humedades Arcilla Arenosa

PORCENTAJE DE HUMEDAD - ARCILLA ARENOSA								
M	Recien extraída		En Secado		Seca		Seca molida	
	Bs	Bh	Bs	Bh	Bs	Bh	Bs	Bh
1	27.9	21.8	13.6	12.0	4.2	4.0	5.5	5.2
2	21.7	17.8	12.1	10.8	6.8	6.4	7.1	6.6
3			11.1	10.0	7.8	7.2	5.0	4.8
4					6.8	6.4	6.4	6.0
5					7.3	6.8		
Pr	24.8	19.8	12.3	10.9	6.6	6.2	6.0	5.7

Tabla 3.16. Humedades Arcilla Roja

PORCENTAJE DE HUMEDAD - ARCILLA ROJA						
M	Recien extraída		Seca		Suspensión (Barniz listo)	
	Bs	Bh	Bs	Bh	Bs	Bh
1	27.9	21.8	5.0	4.8	122.2	55.0
2			8.7	8.0	145.9	59.3
3			1.2	1.2	117.4	54.0
4			7.1	6.6	87.5	46.7
5			9.4	8.6	109.8	52.3
6					127.3	56.0
7					71.4	41.7
8					102.7	50.7
Pr	27.9	21.8	6.3	5.8	110.5	52.0

Para efectos de información los porcentajes de humedad para las materias primas en cada una de las etapas del proceso y pasta ya preparada, fueron calculados según la siguientes fórmulas:

$$\% \text{ H Bh} = \frac{(\text{Peso de material húmedo} - \text{Peso de material seco}) * 100}{\text{Peso de material húmedo}}$$

$$\% \text{ H Bs} = \frac{(\text{Peso de material húmedo} - \text{Peso de material seco}) * 100}{\text{Peso de material seco}}$$

En donde:

% H Bh es porcentaje de humedad en base húmeda

% H Bs es porcentaje de humedad en base seca

Tabla 3.17. Humedades Pasta lista para fabricar piezas

PORCENTAJE DE HUMEDAD PASTA LISTA PARA FABRICAR PIEZAS											
% Humedad	Muestras										Pr
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Bh	25.8	25.8	26.8	24.8	27.9	23.4	22.0	19.6	24.0	22.8	24.3
Bs	34.8	34.8	36.6	33.0	38.5	30.6	28.2	24.4	31.6	29.5	32.2

Una vez se han determinado las humedades de las materias primas, se calcula lo que tiene que ver con las necesidades de materias primas para la fabricación de la pasta.tomando como base de cálculo una capacidad instalada de un taller para la producción de 5 toneladas de pasta húmeda/mes lo que permitiría un consumo de 3 toneladas/mes por parte de dicho taller y un excedente de 2 toneladas húmedas/mes para comercializar, todo según datos calculados con base en la información registrada en la tabla 3.12.

En cuanto al consumo de barniz, se toma como base una necesidad de 100 kilos húmedos/mes cálculo hecho considerando el consumo registrado en la tabla 3.12.

- Necesidad de materias primas en fabricación de pasta – Con base en el diagrama 3.1 que muestra las corrientes de entrada y salida en el proceso de ensamble de pasta, cuantificaremos dichas corrientes con el objeto de conocer la necesidad de explotación para las materias primas.

  Base de cálculo 1 mes de producción

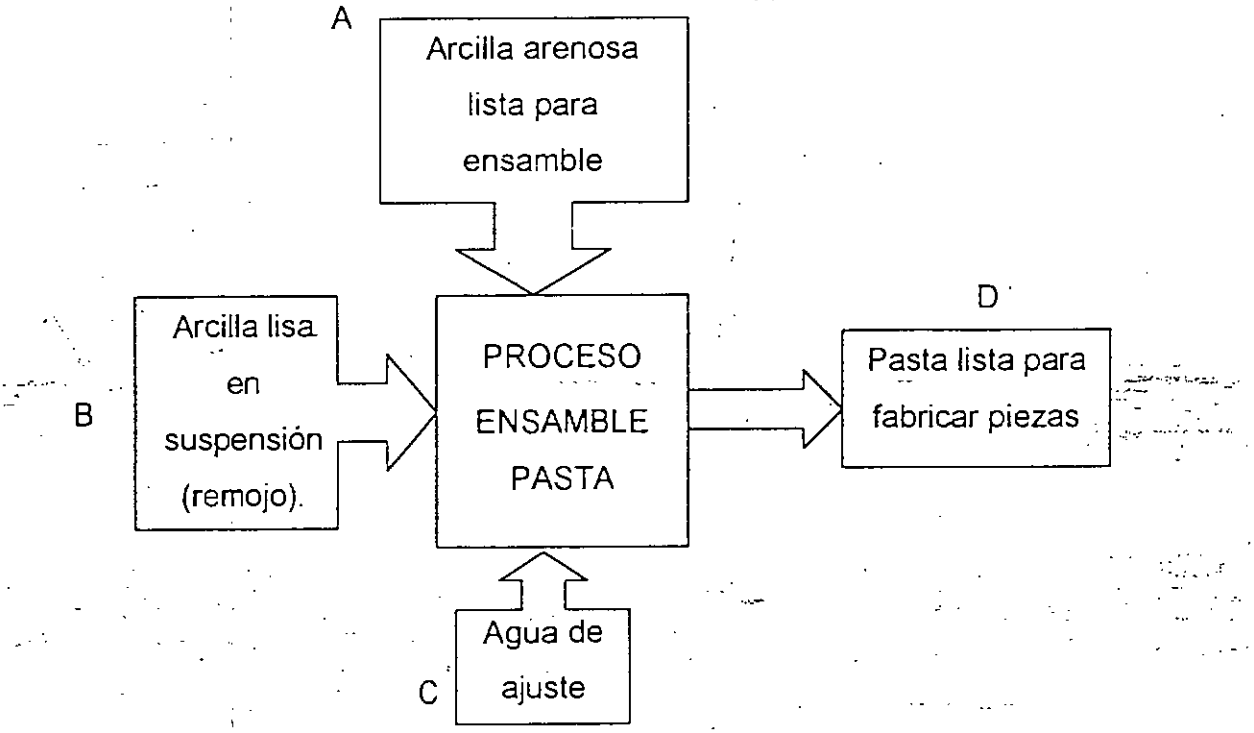
  Número de talleres 1

  - Corriente D

    Pasta a producir 5 toneladas húmedas

% húmedad en la pasta	24.3 % (tabla 3.17)
Agua en la pasta	1.215 toneladas
Material seco en la pasta	3.785 toneladas
Relación arcilla arenosa/arcilla lisa en la pasta seca	1.5[8]
Arcilla lisa seca en la pasta	1.514 toneladas
Arcilla arenosa seca en la pasta	2.271 toneladas

Diagrama 3.1 Corrientes involucradas en el ensamble de pasta



- Corriente A

Material seco (arcilla arenosa molida seca)	2.275 toneladas
% Humedad	5.70 % (Tabla 3.15)
Material húmedo (arcilla arenosa molida húmeda)	2.41 toneladas
Agua en el material	0.139 toneladas

- Corriente B

Material seco (arcilla lisa)	1.52 toneladas
% Humedad de material en suspensión	37.7 % (Tabla 3.14)
Material húmedo (arcilla lisa en suspensión – remojo)	2.44 toneladas
Agua en el material	0.92 toneladas

- Corriente C

Agua de ajuste	Agua (D) - Agua (A) - Agua (B)
	1.215 – 0.138 – 0.92
	0.156 toneladas

- Necesidades de Extracción de Materias Primas para fabricar la pasta - Con base en los datos anteriores podemos establecer las necesidades de material húmedo que debe ser extraído de la respectiva mina. Para ello es necesario tomar en cuenta las humedades del material recien extraído de la mina.

- Arcilla lisa

Base de cálculo	1 mes
Número de talleres	1
Demanda:	1.52 toneladas secas
% Humedad material recien extraído de mina:	24.8 % (Tabla 3.14)
Material húmedo a extraer de la mina:	2.02 toneladas

- Arcilla arenosa

Base de cálculo	1 mes
Número de talleres	1
Demanda:	2.275 toneladas secas
% Humedad material recien extraído de mina:	19.8 % (Tabla 3.15)
Material húmedo a extraer de la mina:	2.84 toneladas

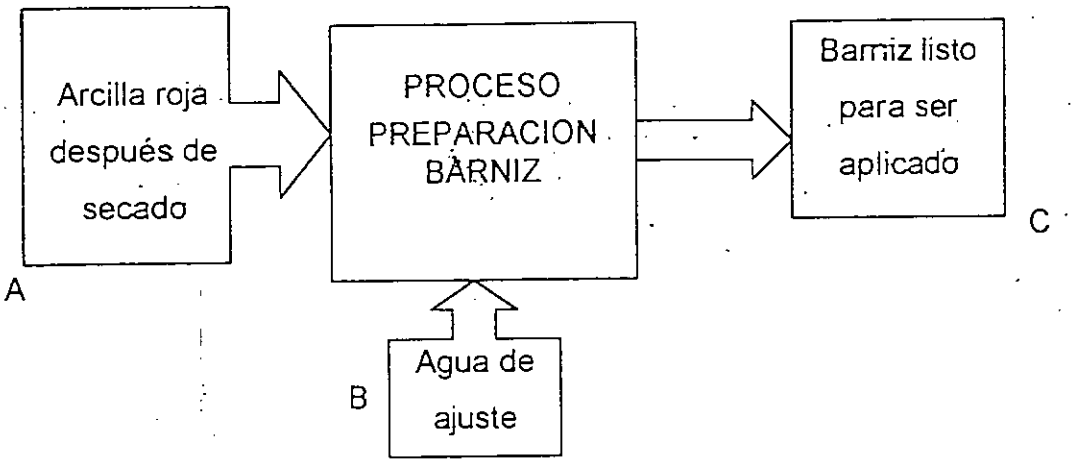
- Necesidades de arcilla roja en la Fabricación del Barniz. Ahora se determina la cantidad de arcilla roja para la fabricación del barniz. (Ver diagrama 3.2)

Base de cálculo 1 mes de producción en 1 taller

- Corriente C

Necesidades de arcilla roja húmeda de mina	0.1 toneladas (Tabla 3.12)
% Humedad de arcilla recien extraída	21.8 % (Tabla 3.16)
Material seco utilizado	0.0782 toneladas
Agua en el material	0.0218 toneladas
% humedad en la suspensión del barniz	52 % (Tabla 3.16)
Cantidad de barniz producido (suspensiön)	0.163 toneladas
Agua en el barniz producido (suspensiön)	0.0846 toneladas

Diagrama 3.2 Corrientes involucradas en la preparación del barniz



- Corriente A

Material seco:	0.0782 toneladas
% Humedad material listo para fabricar barniz	5.8 % (Tabla 3.16)
Material húmedo	0.083 toneladas
Agua en el material	0.00481 toneladas

- Corriente B

Agua de ajuste	Agua (C) - Agua (A)
	0.0846 – 0.00481
	0.0798 toneladas

- Necesidades de extracción de materias primas para la fabricar barníz – Con base en los datos anteriores podemos establecer las necesidades de material húmedo que debe ser extraído de la respectiva mina. Para ello es necesario tomar en cuenta las humedades del material recien extraído de la mina.

  - Arcilla roja

Demanda:	0.1 toneladas (Tabla 3.12)
Material húmedo a extraer de la mina:	0.1 toneladas

En la tabla 3.18 muestra de manera resumida lo que son las necesidades de materias primas para la fabricación de pasta y barniz tomando como base de cálculo 1 mes de producción y 1 taller representativo, en el cual se beneficiará materia prima para el consumo interno y para la venta a los otros talleres que por razones estratégicas sólo se dedican a la fabricación de piezas.

Tabla 3.18 Necesidades de Materias Primas - Fabricación pasta y barniz

NECESIDADES DE MATERIAS PRIMAS – FABRICACION DE PASTA Y BARNIZ			
FABRICACION PASTA	Arcilla arenosa	Necesidad proceso – ton. secas	2.275
		Necesidad extracción – ton. húmedas	2.84
	Arcilla lisa	Necesidad proceso – ton. secas	1.52
		Necesidad extracción – ton. húmedas	2.02
	Agua - toneladas		0.156
FABRICACION BARNIZ	Arcilla roja	Necesidad proceso – ton. secas	0.0782
		Necesidad extracción – ton. húmedas	0.1
	Agua - toneladas		0.0798

- Tiempo de duración mina de arcilla lisa – Con base en los datos registrados en la tabla 3.18, se determina lo que sería el tiempo de duración de esta mina, tomando como base de cálculo 1 mes de producción y 1 taller representativo de La Chamba en el cual se beneficiará materia prima para el consumo interno y para la venta a los otros talleres que por razones estratégicas sólo se dedican a la fabricación de piezas.

Ritmo de explotación de arcilla lisa (tn/año)	24.2
Ritmo de explotación de arcilla lisa – 10% desperdicio (tn/año)	26.7
Reservas totales del material (tn)	8,844.9
Duración de la mina (años)	331.3

- Tiempo de duración mina de arcilla arenosa – Con base en los datos registrados en la tabla 3.18, se determina lo que sería el tiempo de duración de las reservas correspondientes a esta mina, tomando como base de cálculo 1 mes de producción y 1 taller representativo de La Chamba en el cual se beneficiaría materia prima para el consumo interno y para la venta a los otros talleres que por razones estratégicas sólo se dedicarían a la fabricación de piezas.

Ritmo de explotación de arcilla arenosa (tn/año)	34.1
Ritmo de explotación de arcilla arenosa – 10% desperdicio (tn/año)	37.5
Reservas totales del material (tn)	8,560.5
Duración de la mina (años)	228.1

Tabla 3.19. Duración reservas de arcilla lisa y arcilla arenosa considerando Situación futura - eslabón de beneficio arcillas y pasta

DURACION RESERVAS – MINAS ARCILLA LISA Y ARENOSA			
RESERVAS TOTALES - tn		A. lisa	8844.9
		A. arenosa	8560.5
1 Taller grande	Ritmo de explotación - tn/año	A. lisa	26.7
		A. arenosa	37.5
DURACION RESERVAS - años		A. lisa	331.3
		A. arenosa	228.3

Buscando hacer una comparación entre los 3 criterios ya mencionados en lo relacionado con la duración de las reservas mineras, es necesario tomar la misma base de cálculo; pues mientras las dos situaciones actuales (según Lozada[6] y según Ortega[8]) toman como base 60 talleres (entre grandes y pequeños) y 5 talleres (sólo grandes) respectivamente, la situación futura (eslabón de beneficio arcillas y pasta) toma 1 taller grande.

En la tabla 3.20 se registran los datos de la duración de las reservas de arcillas, teniendo en cuenta los tres criterios y tomando la misma base de cálculo para los tres.

Respecto a estos resultados es importante hacer algunas observaciones:

- De la situación real actual según planteamiento de Lozada[6] no se están considerando los 55 talleres pequeños, sólo se considera el consumo de los 5 talleres grandes.
- La diferencia encontrada en la duración de las reservas segú Lozada[6] y Ortega[8] , radica principalmente en la fuente de información que cada uno utilizó para recoger los datos.

- Observando la situación a futura (eslabón productivo para el beneficio arcillas y pasta), ésta presenta un mayor consumo de materias primas comparado con las otras dos situaciones; ésto se debe a que en dicha situación se considera un taller grande procesando una cantidad de pasta que busca suplir las necesidades de consumo interno y venta a otros talleres más pequeños. Mientras que en las otras situciones sólo se está teniendo en cuenta la pasta para consumo interno.
- Se debe evaluar el criterio de sólo tener en cuenta 1 ó 5 talleres grandes para implementar el eslabón productivo de beneficio de materias primas y pasta, pues es importante saber que sucede con los talleres pequeños.

Tabla 3.20. Comparativo entre criterios – Cálculo duración reservas mineras

COMPARATIVO DURACION RESERVAS MINAS DE ARCILLA LISA Y ARENOSA			
RESERVAS TOTALES toneladas	Arcilla lisa	8844.9	
	Arcilla arenosa	8560.5	
RITMO DE EXPLOTACION 1 TALLER GRANDE toneladas/año	Lozada	A. arenosa	22.8
		A. lisa	17
	Ortega	A. arenosa	21.1
		A. lisa	15.8
	Futuro	A. arenosa	37.5
		A. lisa	26.7
DURACION RESERVAS años	Lozada	A. arenosa	375.5
		A. lisa	519.7
	Ortega	A. arenosa	405.7
		A. lisa	559.1
	Futura	A. arenosa	228.3
		A. lisa	331.3

3.2.5 Plan de explotación[6]. Se deberá comenzar a explotar el material desde la zona donde presente mejor calidad y mayor espesor. Es conveniente establecer con tiempo suficiente el lugar al cual se trasladaran las labores mineras una vez

se haya explotado totalmente el material, según las reservas calculadas anteriormente

3.2.5.1 Métodos posibles de explotación

De acuerdo a los antecedentes es necesario implementar un método de explotación más adecuado que el actual, que sea semimecanizado (con uso del bulldozer o pala mecánica) y que conserve orden en los frentes de extracción. El método más adecuado para implementarse es el de transferencia, es decir, luego de efectuar la excavación del primer bloque o hueco inicial, la capa vegetal de los siguientes es vertido en el propio hueco de las fases anteriores

3.2.5.2 Infraestructura minera

Las inversiones necesarias para el método propuesto son mínimas y no requieren infraestructura con respecto a energía o agua; solo se hará necesario el alquiler periódico de maquinaria pesada en fechas que deberán ser previamente establecidas por la Cooperativa y el Comité Educativo Ambiental. Es necesario especificar la(s) vía(s) de acceso de la maquinaria al momento de la extracción, y si es el caso, adecuarlas.

3.2.5.3 Diseño de la geometría de zanjas, frentes de explotación y accesos.

El método de explotación a implementar en la mina de arcilla lisa deberá realizarse por franjas y llevará orden en los frentes de explotación.

El primer sector a explotar debe ser el que abarca las áreas recientemente explotadas. La distribución de los frentes de explotación puede iniciarse sobre el límite occidental del lote, empezando la extracción en el norte y continuándola hacia el sur. Una vez se llegue al límite sur de la zona en explotación, se reinicia el proceso con otra franja al oriente de la anterior, y así sucesivamente.

Para llevar un mejor control en el terreno, las franjas deben tener un ancho establecido, el cual puede ser de 10 metros. Este método propuesto es factible de implementarse en la mina de arcilla arenosa, con la diferencia de que el lote que contiene esta arcilla tiene una forma más irregular, por lo tanto es necesario tener sumo cuidado al realizar las mediciones y demarcaciones de las franjas de explotación.

- Arcilla lisa - Según los datos calculados por Lozada sobre la cantidad de materia prima requerida por los artesanos en un mes los 60 talleres artesanales extraen 50 tn de arcilla lisa. Relacionando esta cifra con la densidad del material y el espesor del depósito, se calcula que el área a explotar para extraer la cantidad de arcilla requerida es de 159.9 m^2.aproximadamente. Por lo tanto, en la primera franja se deberá explotar un bloque de 10 m de ancho por 16 m de largo, el cual deberá alcanzar para un mes de trabajo. Al mes, se vuelve a extraer la arcilla en un segundo bloque con las mismas dimensiones al sur del primer bloque, y así sucesivamente.

  Ahora considerando la situación de un taller grande que fabrica 5 toneladas de pasta húmeda/mes, es necesario extraer 2.2 toneladas húmedas de arcilla lisa al mes. Para cumplir con estas necesidades se debe explotar un área de 7 m^2 aproximadamente, entonces las dimensiones de la franja de explotación sería 2 m de ancho por 3.5 m de largo.
- Arcilla arenosa – Según Lozada los 60 talleres consumirían, incluyendo el 10% de desperdicio, 65.8 tn al mes de este material, por lo que el área a explotar para un mes de trabajo es de 219.3 m^2, es decir, aproximadamente un bloque de 10 metros de ancho por 22 metros de largo.

  Ahora considerando la situación de un taller grande que fabrica 5 toneladas de pasta húmeda/mes, es necesario extraer 3.1 toneladas húmedas de arcilla arenosa al mes. Para extraer esta cantidad de arcilla es necesario explotar un área de 10.3 m^2 aproximadamente, entonces las dimensiones de la franja a explotar deberían se 2 m de ancho por 5 m de largo para cumplir con las necesidades de arcilla arenosa para un mes de producción.

3.2.5.4 Optimización de la explotación

Para lograr un alto nivel de eficiencia en la explotación de arcillas, es necesario que no se permita la extracción de manera desordenada y sin control por parte de la comunidad. Además, el artesano ceramista emplea una parte importante de su tiempo y esfuerzo en la extracción y preparación de las arcillas. El ingenio y la habilidad del artesano son desaprovechados durante la consecución de la materia prima. Por lo tanto, se recomienda que el Comité Educativo Ambiental y la

Cooperativa conformen un grupo de personas para que se dedique a extraer la arcilla en fechas a establecer.

La extracción debe ser mensual (sin embargo, este período dependerá de la disponibilidad de la maquinaria), llevando un control para cada bloque explotado donde se registren los siguientes datos: fecha de explotación, área y ubicación del bloque, volumen y/o peso del material extraído, costo de la extracción (alquiler del bulldozer o la pala mecánica, jornales de obreros, etc.) y observaciones, tales como consistencia del material, porcentaje aproximado de oropel, y las que se consideren pertinentes. Este registro será realizado por un supervisor encargado adscrito al Comité Educativo Ambiental.

Se debe evitar llevar a cabo la extracción de la arcilla en días lluviosos, ya que se podría afectar la consistencia del material y su óptima selección. La lluvia también puede perjudicar el rendimiento de la maquinaria e incomodar a los trabajadores.

Al considerar el consumo de 1 taller grande, las franjas de explotación son pequeñas por lo que se debe evaluar que tan vaible es el uso de maquinaria, posiblemente estas franjas, por su tama`no, puedan sser explotadas manualmente.

3.2.5.5 Operación Minera

- Preparaciones - Antes de extraer el material arcilloso se debe retirar la capa vegetal, la cual tiene un espesor promedio de 30 cm en la mina de barro liso. Para ello es necesario utilizar un bulldozer o una pala mecánica, que empuje esta capa y la apile en el extremo sur de la zona en explotación, donde se conservará para el posterior relleno del bloque explotado. La otra posibilidad es que la capa vegetal se disponga en el bloque explotado en la fase anterior.
- Arranque - La arcilla se arrancará manualmente, con ayuda de picas, barretones y palas, ya que debido al espesor irregular del horizonte arcilloso y a su composición algo heterogénea requiere selección para su extracción. Se tendrá especial cuidado en no mezclar la arcilla con las arenas subyacentes o "peñón", pues la adición de este material podría modificar sustancialmente las propiedades físico-químicas de la arcilla.

- Carga y transporte - Al momento de la extracción del material, los obreros encargados depositarán la arcilla en una volqueta. Una vez cargada completamente, se transportará la arcilla a un punto de almacenamiento a definir, el cual estará adyacente al lugar de beneficio y preparación de arcillas. El alquiler de la volqueta es recomendable debido a su gran capacidad de carga y maniobrabilidad al momento de descargar el material, pero en su defecto, se podrá utilizar una buena camioneta de platón grande. Se harán los viajes que sean necesarios desde la mina al punto de almacenamiento.
- Servicios para la mina - Una vez explotado un bloque, se restaura mediante relleno (con el bulldozer o la pala mecánica) con la capa vegetal acumulada en la parte sur de la zona en explotación. Estos bloques rellenados pueden ararse y destinarse para cultivos.

3.2.6 Beneficio de Arcillas. El punto de almacenamiento deberá estar cubierto para proteger la arcilla de la contaminación y la lluvia. Se delimitarán dos espacios separados el uno del otro donde se depositarán las arcillas lisa y arenosa. Una vez sea extraída toda la arcilla de un tipo, por ejemplo, la arcill lisa, se hará una trituración inicial y se mezclará para homogeneizar el material. Luego se utilizará una zaranda para retirar raíces, guijarros y otros elementos indeseables. Posteriormente se pasa al secado de la arcilla, el cual será bajo techo por medio de tejas de plástico que permitan el paso de la luz y el calor del sol.

Luego se pasa al proceso de molido de la arcilla, según métodos establecidos por los ingenieros. Para eliminar la mica (oropel) se debe moler la arcilla y retirar las partículas con un tamaño entre 2 mm y 0.5 mm por medio de mallas, ya que las micas que se encuentran en estos tamaños son las que pueden llegar a afectar las piezas en el proceso de cocción. Sin embargo, otro método que podría funcionar para retirar este mineral es el de flotación.

Estos métodos deben ser evaluados a la luz de varios parámetros tales como tamaño de grano; entonces se hace necesario plantear una serie de ensayos que permitan establecer los mejores procedimientos de beneficio de materias primas en las minas.

3.2.7 Estudio económico

3.2.7.1 Precio de venta del material.

Una vez se definan los procesos específicos para el beneficio y preparación de arcillas y se llegue a un material con la calidad esperada, se deberá calcular un valor agregado con el cual se distribuirá la arcilla a los artesanos.

El cálculo de este valor deberá tener en cuenta los costos de operación, tales como alquiler de maquinaria, combustible, energía eléctrica, agua, sueldos de obreros, etc., y la cantidad de arcilla entregada a cada artesano.

3.2.7.2 Estudios de Viabilidad

El método de explotación propuesto deberá ser puesto a prueba y evaluado en los aspectos técnicos, económicos, e inclusive, sociales. Los costos que intervienen en el estudio de viabilidad son de dos tipos: costos de capital y costos de operación. Existen métodos que permiten estimar uno u otro o los dos. Los costos que se utilizarán en la etapa preliminar de la explotación del yacimiento son solo aproximados. Para ello se pueden tomar de proyectos similares o calcularse con aproximación suficiente por metodologías de estimación como las relaciones de costos, con los cuales a partir de uno o varios costos parciales bien conocidos, se puede calcular el costo total. Actualmente es posible determinar los costos con suficiente precisión, tan solo se debe tener la precaución de que su nivel de detalle sea comparable al de la información que la respalda.

En caso de que no sea viable el alquiler del bulldozer o de una pala mecánica, se deberá trabajar manualmente el proceso de preparación del terreno para la extracción de la arcilla. Los inconvenientes del trabajo manual son principalmente un mayor tiempo dedicado a las labores y la necesidad de contratar un mayor número de obreros.

3.2.8 Plan de Cierre. Una vez se haya explotado toda el área de la zonaactualmente explotable en el lote de la mina de barro liso, se procederá a delimitar un nuevo sector del lote para continuar la explotación con el mismo método propuesto. La zona explotada, entonces, podrá arrendarse para cultivos

de arroz. Se tendrá cuidado de no bloquear la(s) vía(s) de acceso a la futura zona de explotación, ya que por ella(s) deberá circular la maquinaria pesada.

3.2.9 Plan de manejo ambiental. El deber de manejar adecuadamente los recursos naturales renovables y la integridad y disfrute del ambiente, es compatible y concurrente con la necesidad de fomentar y desarrollar racionalmente el aprovechamiento de los recursos mineros como componentes básicos de la economía nacional y el bienestar social.

3.2.9.1 Evaluación de Impactos

La evaluación es un proceso directamente encaminado a comparar los resultados producidos en distintos lugares, o en distintos momentos. La identificación de los impactos busca los enlaces-clave entre el proyecto minero y el medio ambiente.

Inicialmente se identifican los principales problemas; se recomienda una consulta a la entidad ambiental y también la participación de la comunidad, a fin de evitar que ciertos problemas sean "olvidados". También es necesario evaluar impactos en el plano social, para no perjudicar el bienestar de la comunidad directamente relacionado a la disponibilidad del recurso.

El impacto más severo en el proceso de minería actual afecta el suelo y consiste en la ocupación del suelo fértil por la creación de huecos y zanjas y la acumulación de residuos alrededor de éstos; también el relleno con aguas lluvias de estos huecos puede convertirse en peligro para el ganado, e incluso para las personas.

Como se mencionó en el Plan de Explotación propuesto, se pretende retirar y acopiar la capa vegetal de las zonas ocupadas por la explotación, y una vez extraído el material arcilloso, se procede a rellenar los huecos dejados con la capa vegetal. La recuperación de los terrenos cuando es posible aplicar este método resulta sencilla, pues el remodelado se traduce en una simple nivelación de los materiales superficiales, extendiendo la capa vegetal que se retira de los bloques que se preparan para su explotación. Posteriormente se recupera el terreno al permitir la utilización productiva y ecológica por medio de cultivos.

Impactos sobre el agua superficial se pueden originar al derivarse de las operaciones mineras partículas sólidas que generan turbiedad en las aguas superficiales y en aquellas que fluyen por canales y acequias. Las acciones correctoras a realizar son la no-explotación de la mina en días lluviosos, cargar el material sobre el vehículo de transporte lejos del canal de irrigación adyacente a las minas y evitar la caída del material durante el cargue y transporte del mismo.

Se genera impacto sobre la morfología y el paisaje al perturbar el carácter global del paisaje, con los huecos dejados después de la explotación. Para corregir este problema, se debe reducir en lo posible el tamaño de las excavaciones y remodelar el terreno alterado utilizando los productos de las excavaciones para rellenar estos lugares.

Se debe: plantar árboles y arbustos que actúen como pantallas visuales; proteger la vegetación existente, cuidando de que no se corten raíces de árboles grandes y fertilizando; hacer revegetación general con las especies autóctonas de la zona y/o cultivos adecuados para la adaptación de la zona afectada por la explotación del paisaje circundante.

Un tipo de contaminación podría ser el ruido generado por la maquinaria pesada, en el caso que ésta se utilice, para lo cual la medida a seguir es disminuir al menor tiempo posible el trabajo de esta maquinaria.

Otras medidas preventivas para ser implementadas pueden ser:

- Aprovechamiento integral de las materias primas.
- Mejora de las vías ya existentes.
- Disposición de letreros en los lotes indicando la ubicación de los mismos, y si es el caso, la existencia de peligro.

3.2.10 Aspectos Sociales y Económicos. La Cooperativa de Artesanos de La Chamba deberá favorecer la comercialización organizada de los productos elaborados por ella; permitir a sus asociados trabajar en forma solidaria y participativa y desarrollar sus aptitudes administrativas, promoviendo la búsqueda de soluciones a los problemas colectivos. Tendrá como objetivo principal el participar en convenios y proyectos de fomento y promoción de la investigación y

su aplicación, la transferencia de tecnología, la comercialización, el desarrollo de valor agregado, la creación y manejo de fondos rotatorios.

El Comité Educativo Ambiental deberá realizar un programa que permita lograr lo siguiente:

- Hacer que los artesanos tomen conciencia sobre la sostenibilidad del recurso mineral y sobre el medio ambiente.
- Alentar a los artesanos a seguir el método de explotación propuesto.
- Capacitar a los artesanos para asumir responsabilidades que exija el plan de explotación.
- Otorgar reconocimiento a los artesanos por sus esfuerzos para el éxito del plan de explotación.

Todos los datos reunidos deben ser examinados regularmente por el comité para hacer recomendaciones e implementar cambios. Se debe recopilar periódicamente información de realimentación proveniente de todo la comunidad, incluyendo éxitos y fracasos del plan; esta información debe ser entregada a la Cooperativa.

Es importante que si cambian los procedimientos de la minería, deben programarse sesiones de capacitación para mantener actualizados a los artesanos. Las directivas de la Cooperativa de Artesanos y el Comité Educativo Ambiental deben mantener a los artesanos continuamente informados sobre los beneficios del plan de explotación y beneficio de arcillas, y alentarlos a presentar ideas sobre el mismo.

4 BENEFICIO DE MATERIAS PRIMAS – PREPARACION PASTA

Para establecer el tipo de mejoras tecnológicas a implantar en los eslabones productivos de beneficio de materias primas y preparación de la pasta, se analizan los 2 eslabones como un conjunto de operaciones unitarias donde se involucran todos los materiales incluídos en el proceso productivo de La Chamba (arcilla lisa, arcilla arenosa, arcill roja y agua).

4.1 SELECCION Y DIMENSIONAMIENTO DE EQUIPOS

El diagrama 4.1 muestra todas operaciones unitarias involucradas en los procesos de beneficio de materias primas y preparación de la pasta; los procesos allí mostrados incluyen flujos de entrada y salida de materiales (agua, arcilla arenosa y arcilla lisa), y es el cálculo de éstos el que determina la selección y dimensionamiento de los equipos a utilizar. El diagrama 4.2 muestra la operación unitaria involucrada con el beneficio de la arcilla roja para la fabricación del barniz que será aplicado a las piezas.

4.1.1 Identificación de flujos y operaciones unitarias. Buscando que la selección y dimensionamiento de los equipos sea lo más confiable posible, es importante determinar los flujos asi como las operaciones unitarias involucradas en los procesos.a los cuales se les plantea la mejora tecnológica.

Igualmente es importante dar una breve descripción de los flujos correspondientes a las diferentes operaciones, de manera que exista una mejor comprensión de los cálculos necesarios para la selección y dimensionamiento de equipos.

4.1.1.1 Molienda y cribado de arcilla arenosa.

- Flujo A - Corresponde a la arcilla arenosa que entra al proceso de molienda, pero que ha sido traída de la mina y se ha sometido a un secado en el taller. Las condiciones de humedad del material en esta etapa están registradas en la tabla 3.15.
- Flujo B – Corresponde a la arcilla arenosa molida cuyo tamaño de grano cumple con los requerimientos del proceso y entonces es enviada a la operación de amasado de la pasta utilizada para la fabricación de las piezas. La condición de humedad del material en esta etapa del proceso está registrada en la tabla 3.15.

4.1.1.2 Dispersión y tamizado de arcilla lisa

- Flujo C – Corresponde a la arcilla lisa recienextraída de la mina ó que ha sido sometida a secado en el taller y que irá a la operación de dispersión mecánica para obtener la mezcla de arcilla lisa –agua. La condición de humedad de la arcilla lisa que entra a esta operación se encuentra registrada en la tabla 3.14.
- Flujo D – Corresponde al agua adicionada y necesaria en la dispersión de la arcilla lisa para que ésta cumpla con la condición de humedad antes de ir a la operación de amasado de la pasta.
- Flujo E - Corresponde a la arcilla lisa dispersa y tamizada y con una condición de humedad tal que permite ser usada en la posterior operación de amasado de la pasta que será utilizada en la fabricación de las piezas. Las condiciónde humedad de la arcilla lisa en esta etapa del proceso se encuentra registrada en la tabla 3.14.

4.1.1.3 Amasado de pasta

- Flujo F - Corresponde a la cantidad de agua necesaria en el amasado de la pasta, para que la pasta salga con la humedad requerida y lista para la fabricación
- Flujo G - Corresponde a la cantidad de pasta ya amasada que cumple con las condición de humedad requerida para la fabricación de las piezas, pero la cual debe sufrir una operación previa de extruído con el fín de extraer el aire

atrapado en su interior. La condición de humedad de la pasta en esta etapa del proceso está registrada en la tabla 3.17.

4.1.1.4 Extrusión de la pasta

- Flujo H - Corresponde a la cantidad de pasta que cumple con todas las condiciones para la fabricación de las piezas y que será comercializada con otros talleres. La condición de humedad de la pasta en esta etapa del proceso está registrada en la tabla 3.17.
- Flujo I - Corresponde a la cantidad de pasta que cumple con todas las condiciones para la fabricación de las piezas y que será utilizada en el consumo interno del taller. La condición de humedad de la pasta en esta etapa del proceso está registrada en la tabla 3.17.

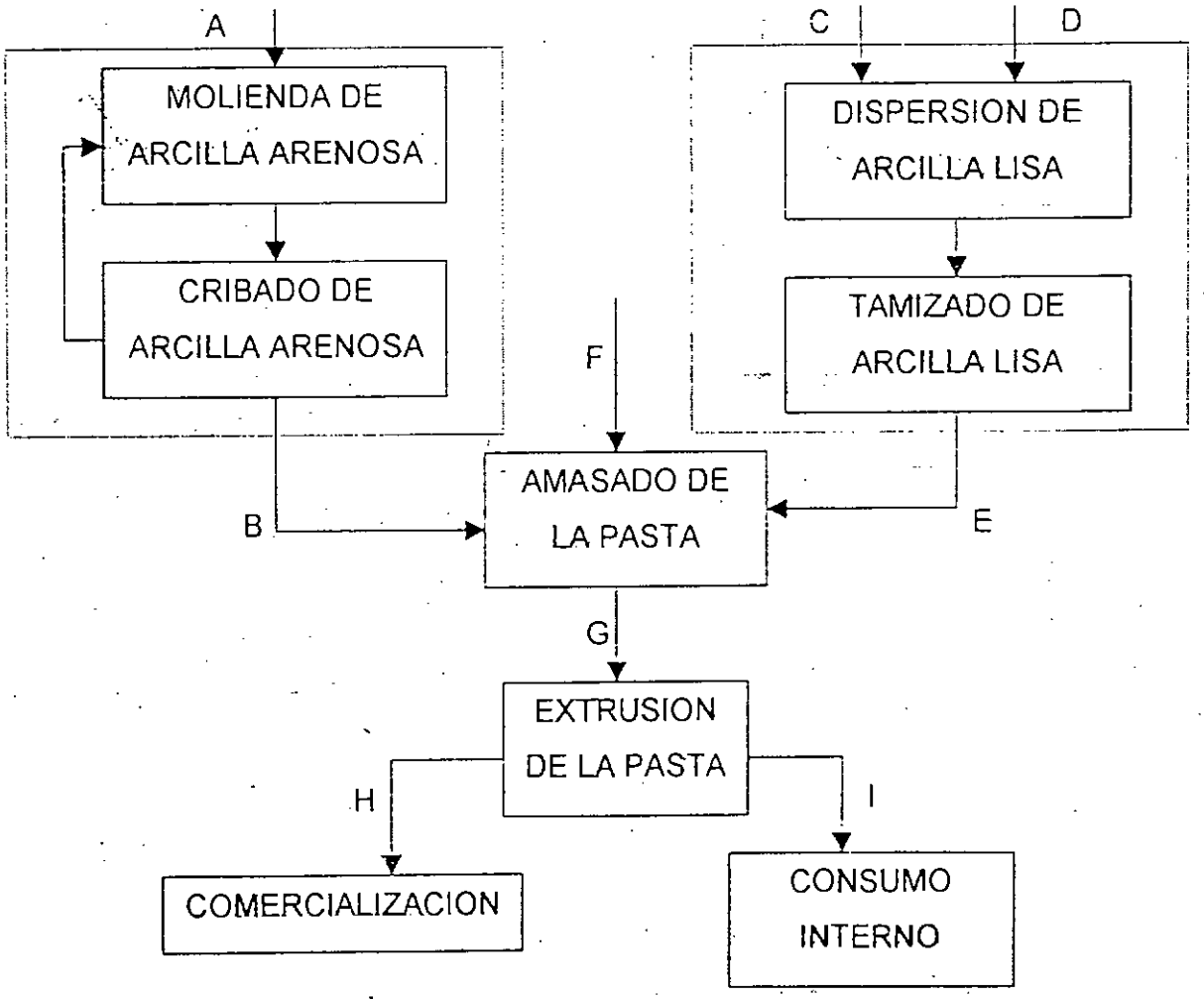


Diagrama 4.1. Balance de materiales. Beneficio de arcilla lisa y arenosa – Fabricación pasta

4.1.1.5 Dispersión de arcilla roja y tamizado de barniz

Esta operación independiente de las anteriores, involucra lo que tiene que ver con la dispersión que se le da a la arcilla roja hasta la obtención del barniz ya listo para ser aplicado a las piezas. (Ver diagrama 4.2)

- Flujo J - Corresponde a la arcilla roja en bruto (tal como sale de la mina) y que ha sido sometida a un secado en el taller. La condición de humedad de este material se encuentra registrada en la tabla 3.16.
- Flujo K - Corresponde a la cantidad de agua necesaria para la dispersión de la arcilla roja, de tal manera que se pueda obtener un barniz con las condiciones requeridas.
- Flujo L - Corresponde al barniz completamente listo para ser aplicado a las piezas. Es esta etapa del proceso el barniz ha sido tamizado y posee la condición de humedad que se registra en la tabla 3.16.

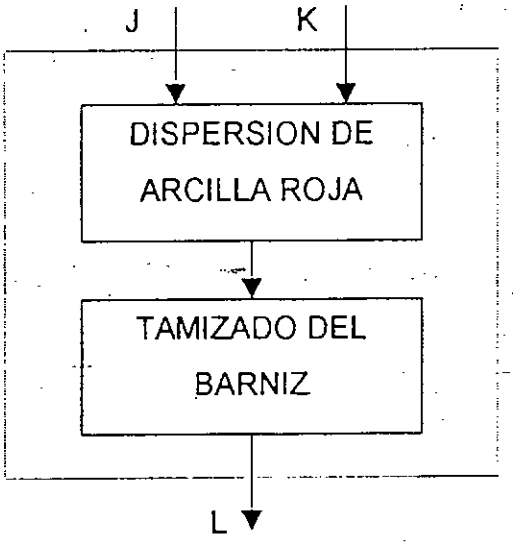


Diagrama 4.2. Balance de materiales. Dispersión arcilla roja – Fabricación de barniz.

4.1.2 Cuantificación de flujo de materiales. Una vez se han identificado todo los flujos involucrados en los procesos, se procede a cuantificarlos; serán las cantidades aquí obtenidas base para la selección y el dimensionamiento de los equipos requeridos en cada una de las operaciones.

De manera análoga a como se hizo para la cuantificación de las reservas de las minas, en este punto se deben hacer algunas consideraciones que serán tenidas en cuenta para determinar las bases de cálculo usadas para otros cálculos

Número de talleres	1
Tiempo de producción	1 mes (26 días)
Tiempo para fabricar piezas	3 semanas
Tiempo para beneficiar materias primas y fabricar pasta	1 semana
Cantidad de pasta a producir	5 toneladas húmedas
Humedad de la pasta	24.3 % (Tabla 3.17)
Cantidad de pasta seca a producir	3.785 toneladas
Pasta para consumo interno	3 toneladas
Pasta para comercializar	2 toneladas
Relación arcilla arenosa seca/arcilla lisa seca en la pasta	1.5[8]
Consumo de arcilla roja recien extraída de mina para barniz	0.1 tonelada[8]

Los flujos son cuantificados empezando por los últimos de acuerdo al orden del proceso.

4.1.2.1 Molienda y tamizado de arcilla arenosa

- Flujo A

% humedad de la arcilla arenosa en bruto que será molida	6.16 % (Tabla 3.15)
Arcilla arenosa seca necesaria	2.27 toneladas
Arcilla arenosa en bruto y húmedo que será molido	2.42 toneladas
Humedad del material	0.15 toneladas

- Flujo B

Arcilla arenosa seca molida	2.27 toneladas
Humedad del material molido que va al amasado	5.65 % (Tabla 3.15)
Material húmedo que va al amasado	2.41 toneladas
Humedad del material al amasado	0.14 toneladas

4.1.2.2 Dispersión y tamizado de la arcilla lisa

- Flujo C

Humedad arcilla lisa recien extraída	24. 8 % (Tabla 3.14)
Arcilla lisa seca necesaria para la pasta	1.514 toneladas

Arcilla lisa húmeda cargada al dispersor	2.013 toneladas
Humedad que acompaña al material	0.499 toneladas
♦ Flujo E	
% humedad de arcilla lisa dispersa y tamizada	37.7 %
Arcilla lisa seca en dispersión tamizada	1.514 toneladas
Suspensión de arcilla lisa	2.43 toneladas
Humedad en la suspensión de arcilla lisa	0.916 toneladas
♦ Flujo D	
Agua de ajuste necesaria para la dispersión de arcilla lisa	0.417 toneladas

4.1.2.3 Amasado de la pasta

♦ Flujo G	
% humedad de la pasta después de amasada	24.3% (Tabla 3.17)
Material seco en la pasta amasada	3.785 toneladas
Pasta húmeda amasada	5 toneladas
Arcilla arenosa seca en la pasta amasada	2.271 toneladas
Arcilla lisa seca en la pasta amasada	1.514 toneladas
Humedad en la pasta amasada	1.215 toneladas
♦ Flujo F	
Arcilla arenosa seca y molida	2.271 toneladas
Humedad acompañando la arcilla arenosa molida	0.14 toneladas
Arcilla lisa seca en dispersión tamizada	1.514 toneladas
Humedad en la dispersión de arcilla lisa tamizada	0.916 toneladas
Humedad de ajuste para el amasado de la pasta	0.159 toneladas

4.1.2.4 Extrusión de la pasta

♦ Flujo H	
Pasta húmeda para comercializar	2 toneladas
% humedad de la pasta	24.3 % (Tabla 3.17)
Pasta seca para comercializar	1.514 toneladas
Arcilla arenosa seca	0.9084 toneladas
Arcilla lisa seca	0.6056 toneladas
	0.486 toneladas

- Flujo I

Pasta húmeda para consumo interno	3 toneladas
% humedad de la pasta	24.3 % (Tabla 3.17)
Pasta seca para consumo interno	2.271 toneladas
Arcilla arenosa seca	1.363 toneladas
Arcilla lisa seca	0.9084 toneladas
Humedad	0.729 toneladas

4.1.2.5 Dispersión de arcilla roja y tamizado del barniz

- Flujo J

% humedad de arcilla roja recien extraída	21.8 % (Tabla 3.16)
% humedad de arcilla roja a dispersión	5.84 % (Tabla 3.16)
Consumo de arcilla roja recien extraída para fabricar barniz	0.1 toneladas[8]
Arcilla roja seca utilizada para fabricar barniz	0.0782 toneladas
Arcilla roja húmeda entrando a dispersión	0.083 toneladas
Humedad de la arcilla entrando a dispersión	0.0049 toneladas

- Flujo L

% humedad del barniz listo para ser aplicado a piezas	52 % (Tabla 3.16)
Arcilla roja seca en la suspensión de barniz	0.0782 toneladas
Suspensión de barniz obtenida	0.163 toneladas
Humedad en la suspensión de barniz	0.0847 toneladas

- Flujo K

Agua necesaria para ajuste del barniz	0.0798 toneladas

4.1.3 Selección y dimensionamiento de equipos. En la selección y dimensionamiento de los equipos se hicieron algunas consideraciones generales. La concepción de negocio considerada como un taller que produce cerámica negreada como su principal producto, pero que debe autoabastecerse de materias primas beneficiadas en forma técnica, y a la vez disponer de excedentes para la comercialización; es muy diferente del negocio que sólo se dedica a beneficiar materias primas para la venta.

La concepción de negocio aquí planteada y sobre la cual se va a trabajar, requiere materias primas beneficiadas de una manera técnica y rápida. No es práctico continuar beneficiando pequeñas cantidades de materia prima diariamente usando mejoras técnicas planteadas; por tanto es importante utilizar de la manera más eficiente los equipos implementados.

4.1.3.1 Proceso de molienda

- Selección del equipo – Una de las variables a considerar para el dimensionamiento de un molino es la molibilidad, dicha variable establece la cantidad de producto bajo especificaciones y en una unidad de tiempo dada entregada por un molino en particular. Por ejemplo 4 toneladas/hora a través de una malla ASTM 150 (-M150). Esta variable establece el tamaño del equipo necesario para un proceso en particular.

  Entre los factores más importantes que determinan la molibilidad, están la dureza del material, la elasticidad, la resistencia y la divisibilidad, siendo el más importante de todos la dureza del material.

  La arcilla arenosa de La Chamba corresponde a un material de dureza intermedia según la escala de Moh. Con la dureza del material a moler se selecciona el material usado para construir el molino, de manera que el desgaste por abrasión se encuentre entre los límites de diseño. (Especificación entregada por el fabricante del equipo).

  Considerando el proceso de La Chamba, el molino más conveniente es uno de martillos. Este tipo de molinos es utilizado para pulverizar y desintegrar el material funcionando a alta velocidad. Poseen un eje rotor que puede ser vertical u horizontal, pero predominan los diseños con rotor horizontal. El eje sostiene los martillos propiamente dichos, y funciona dentro de una carcaza revestida con placas ó con revestimiento para molienda.

  En un molino de martillos la finura del material molido, se controlar variando la velocidad del rotor, la velocidad de alimentación ó la abertura entre los martillos y la placa de molienda. Igualmente es posible variar la finura cambiando la cantidad y tipo de martillos asi como el tamaño de las aberturas de descarga del material molido.

La molienda en el molino de martillos es el resultado de impactos y fricciones entre grumos ó partículas del material que se muele contra la carcaza del molino y los elementos moledores (martillos).

El proceso de molienda planteado para La Chamba, corresponde a una molienda en circuito continuo abierto (el material entra al molino en bruto y sale molido sin ningún tipo de interrupción con destino a la zaranda ó criba); por tanto no hay recirculación automática del material molido.

- Dimensionamiento del molino de martillos - En la tabla 4.1 se registra en forma resumida el valor de cada uno de los flujos involucrados en los procesos de beneficio de materias primas. Con base en estos valores serán seleccionados y dimensionados los equipos necesarios para el proceso de La Chamba. Una vez los equipos han sido seleccionados y dimensionados se hace necesario la evaluación de los mismos en el proceso con el fín de hacer los ajustes correspondientes.

El material necesario para la pasta que será consumida en 1 semana debe ser molido en 1 sólo día, de acuerdo a esta consideración se determina la capacidad del molino.

Arcill arenosa seca que se debe moler/mes	2.271 toneladas (Tabla 4.1)
% humedad del material que se muele	6.16 % (Tabla 3.15)
Material húmedo a moler	2.42 toneladas (2,420 kilos)
Material húmedo a moler/semana	605 kilos
Capacidad del molino requerido	75.6 ~ 80 kilos/hora

El molino de martillos debe poseer una molibilidad de 80 kilos/hora a través de una tamiz ASTM 30 (-M30) trabajando con un material de dureza intermedia según la escala Moh.

4.1.3.2 Cribado en seco (Tamizado)

- Selección del equipo - El cribado es la separación de una mezcla de diversos tamaños de partícula, en dos ó más fracciones por medio de una supersficie fltrante que actúa como mecanismo de aceptación y rechazo, de manera tal que las porciones tamizadas tiene un tamaño de grano más uniforme que la mezcla original.

El tamiz puede ser construído con alambres tejidos, sedas ó telas de plástico, placas perforadas, rejillas de barras, etc.

Las máquinas cribadoras se pueden dividir en 5 clases principales: rejas, cribas giratorias, cribas agitadas, tamices vibratorios y tamices oscilantes.

De este abanico de posibilidades, el equipo seleccionado para el proceso de La Chamba es un tamiz vibratorio que posee una gran capacidad y una eficiencia elevada. La capacidad, sobre todo en las mallas finas, es mayor que la lograda con cualquiera de las otras cribas.

La criba seleccionada es un tamiz con vibración mecánica producida mediante un motor eléctrico acoplado a un eje acoplado al cuerpo de la criba, el cual posee un volante desequilibrado en cada extremo (pesas giratorias desequilibradas). Las contrapesas pueden ser desplazadas con relación al eje, permitiendo el ajuste en la amplitud de la vibració

Tabla 4.1. Balance de materiales proceso de beneficio de materias primas y fabricación de pasta y barniz

BALANCE DE MATERIALES PROCESO BENEFICIO DE MATERIAS PRIMAS FABRICACION PASTA Y BARNIZ					
OPERACION UNITARIA Y/O ACTIVIDAD		PROCESAMIENTO DE MATERIAL			
		Material seco (toneladas)	Contenido de agua (toneladas)	Agua de ajuste (toneladas)	Total material (toneladas)
Molienda y cribado de A. arenosa		2.271	0.149	0	2.42
Dispersión y tamizado de A. lisa		1.514	0.499	0.417	2.43
Amasado de la pasta		3.785	1.065	0.15	5
Extrusión de pasta		3.785	1.215	0	5
Uso - Pasta	Consumo interno	2.271	0.729	0	3
	Comercialización	1.514	0.486	0	2
Dispersión y tamizado de A. roja		0.0782	0.00485	0.0799	0.1629
Barniz fabricado		0.0782	0.0847	0	0.1629

- Dimensionamiento del tamiz – Considerando que el tamiz vibratorio trabaja en conjunción con el molino de martillos (los dos equipos forman una cadena continua de producción), la capacidad del tamizado debe ser de 80 kilos/hora. De acuerdo a lo anterior la criba seleccionada es un tamiz con vibración mecánica y una capacidad de 80 kilos/hora a través de una malla ASTM 30 (-M30).

  La criba debe permitir la variación del ángulo ó pendiente del tamiz asi como variar la frecuencia y amplitud de la vibración para ajustar las necesidades del proceso (optimización del tamizado).

4.1.3.3 Proceso de dispersión

- Selección del equipo – Son infinitas las aplicaciones de procesamiento qu e tienen lugar en tanques agitados, mediante hélices giratorias, como loes suspender ó dispersar partículas de un sólido en un líquido, buscando uniformidad y disminución en el tamaño de grano.

  Las hélices ó impulsores se pueden dividir en 2 categorías principales: de flujo axial y de flujo radial, dependiendo del ángulo que forman las aspas con el plano de rotación de la hélice.

  - Hélices de flujo axial, todas aquellas que tienen un ángulo de menos de 90° con el plano de rotación. Presentan 2 niveles de rotación, 1150 ó 1750 rpm con transmisión directa y 350 ó 420 rpm con engranajes.
  - Hélices de flujo radial, que poseen aspas paralelas al eje impulsor (90° con el plano de rotación). Su velocidad suele estar entre 50 y 1150 rpm, no obstante esta velocidad puede variar según el diseño del aspa.

  El dispersor seleccionado para La Chamba, es un híbrido entre la hélice radial y la axial, pues debe manejar la velocidad de una hélice axial (1150 ó 1750 rpm) utilizando una hélice radial. Se busca desaglomerar por cizallamiento y golpe de las partículas de arcilla introducidas al tanque agitado.

- Dimensionamiento del dispersor – Con base en los datos que se tienen para la arcilla lisa y registrados en la tabla 4.1, se determina la dimensión del predispersor. La arcilla lisa requerida para la pasta que se consume en una semana debe ser predispersada en 1 semana.

Arcilla lisa seca que se debe dispersar/mes	1.514 toneladas (Tabla 4.1)
% humedad suspensión de arcilla lisa	37.7 % (Tabla 3.14)
Material a dispersar	2.43 toneladas (2,430 kilos)
Material dispersar/semana	607.5 kilos
Batches de suspensión a fabricar/semana	3
Cantidad de kilos por batche	202.5 kilos (~205 kilos)

De acuerdo a estos datos se tiene:

diámetro de la hélice del agitador	17 cm
número de alabes de la hélice	3
longitud del eje soporte de la hélice	85 cm
velocidad de rotación del motor	1150 rpm
potencia del motor	2 hp
volumen del tanque de dispersión	250 litros
volumen de los tanques de almacenamiento	250 litros
cantidad de tanques de almacenamiento	2

Los tanques de dispersión y almacenamiento deben ser de material plástico para evitar contaminación del material, además deben poseer su respectiva tapa.

Es importante aclarar que con este mismo equipo se dispersa la arcilla roja para la fabricación del barniz. La necesidad de este material será de 163 kilos de barniz/mes, es decir se fabricará 1 batche 163 kilos (Ver tabla4.1) con un porcentaje de humedad de 52 %.(Ver tabla 3.16).

4.1.3.4 Tamizado en húmedo

- Selección del equipo – El material dispersado continúa con un tamizado según se especificó en los diagramas de flujo del capítulo 2. Se requiere de un tamiz con vibración mecánica como el descrito anteriormente, pero diseñado para trabajar con material en suspensión (alto contenido de agua). El tamiz debe permitir el cambio de malla de una manera sencilla, con el fin de llevar a cabo operaciones de tamizado en diferentes condiciones del proceso utilizando el mismo equipo. (En principio 2 mallas, ASTM 30 y ASTM 150 para la arcilla lisa y roja respectivamente).

- Dimensionamiento del tamiz – Para la arcilla lisa se debe tamizar 1 batche cada 15 minutos, lo que equivale a 205 kilos/15 minutos ó 800 kilos/hora. Entonces el tamiz vibratorio debe poseer una capacidad de tamizado de aproximadamente 800 kilos/hora pata un material cuyo porcentaje de humedad es del 37.7 % a través de una malla ASTM 30 (-M30).

  Los 165 kilos de barniz (% humedad – 52 %) deben ser tamizados con el mismo equipo, pero a través de una malla ASTM 150 (-M150), con esta malla el tiempo de tamizado no debe ser superior a 30 minutos.

  Es importante considerar las especificaciones de las mallas, para saber si son éstas los requerimientos técnicos del proceso. Para ello se hace necesario llevar a cabo las evaluaciones de las cuales se habla en el capítulo 2.

4.1.3.5 Proceso de amasado

- Selección del equipo – El amasado es el resultado de una combinación de movimientos en toda la masa, del tipo de extensión, doblado, embarrado y recombinación conforme se impulsa y retira el materia contra las aspas y las paredes laterales de la amasadora.

  El equipo requerido para el proceso de La Chamba, se ajusta a la descripción de la máquina que universalmente se utiliza para el mezclado y amasado, la cual consiste en dos aspas que giran en dirección contraria, contenidas en un recipiente dentro del cual se confina el material que se sufrirá el proceso de amasado.

  Las amasadoras pueden ser de aspas verticales u horizontales, siendo las más difundidas las de aspas horizontales. Para el caso de La Chamba, cualquier configuración de aspas es buena, considerando que las especificaciones del fabricante cumplan con los requisitos de capacidad requeridos por el proceso.

- Dimensionamiento de la amasadora – Con base en los datos de la tabla 4.1 que registra el balance de materiales y considerando que la amasadora puede convertirse, en un futuro, en un cuello de botella para una eventual ampliación del taller, es importante que ésta posea una gran capacidad de amasado.

Pasta para amasar/mes	5 toneladas
% humedad de la pasta	24.3 %
Tamaño de 1 batche de pasta	100 kilos
Necesidad de amasado/semana	5,000 kilos
Capacidad de la amasadora	104 kilos/hora
Capacidad amasadora tipo	100 kilos/h
Pasta real amasada/semana	4,800 kilos
Pasta real amasada/mes	19,200 kilos

De acuerdo a los datos la posibilidad de amasado sería de 19,200 kilos/mes, capacidad ésta más que suficiente tanto para las condiciones actuales como para las condiciones futuras en caso de querer un incremento de la producción.

4.1.3.6 Proceso de extrusión

- Selección del equipo – La extrusora tiene como objetivo retirar de la pasta amasada, todo el aire que pudo haber quedado atrapado durante el proceso. La extrusión cuenta con la virtud adicional de ser un proceso, utilizado algunas veces, para amasado; por tanto es complemento de este último proceso.

  En esencia, se logra un movimiento "de circulación", al trabajar en contra de una presión de descarga, de modo que hay un flujo a presión que se opone al flujo de arrastre hacia adelante del gusano. El rotor lleva aspas múltiples, inclinadas hacia adelante, que generan la carga de extrusión a través de las placas con orificios, además de golpear el material para romper los grumos que se forman entre los desviadores.

  Para el caso de La Chamba la extrusora necesaria es la de gusano simple.

- Dimensionamiento de la extrusora – Este equipo debe trabajar a la par de la amasadora, buscando que no haya acumulación entre los procesos de amasado y extrusión la capacidad de la extrusora debe ser de 100 kilos/hora.

En la tabla 4.2 se registran de manera resumida los equipos necesarios para el beneficio de materias primas así como para la fabricación de pasta y barniz en el proceso de La Chamba.

Tabla 4.2. Equipos beneficio de materias primas - Fabricación de pasta y barniz

MATERIAL	OPERACION	DESCRIPCION EQUIPO
Arcilla arenosa	Molienda	Molino de martillos 80 kilos/hora % humedad del material : 6 – 10 %
	Cribado	Tamiz vibración mecánica 80 kilos/hora Malla ASTM 30 % humedad del material: 5 - 10 %
Arcill lisa	Dispersión	Tanque de dispersión 250 lts Capacidad: 205 kilos/batche Diámetro agitador: 17 cmm Número de alabes: 3 Longitud eje agitador: 85 cm Velocidad motor: 1150 rpm Potencia motor: 2 hp Almacenamiento: 2 tanques*250 lt
	Tamizado	1 tamiz Capacidad: 800 kilos/hora % humedad del material: 35 – 40 % Malla ASTM 30
Arcilla roja	Dispersión	Se usa el mismo de la arcilla lisa
	Tamizado	Se usa el de la arcilla lisa Malla ASTM 150
Pasta	Amasado	1 amasadora Capacidad de amasado: 100 kilos/h % humedad del material: 25 %
	Extrusión	1 extrusora Capacidad: 100 kilos/hora

Las figuras 4.1 a 4.5 muestran el tipo de equipos que se estarían implementando en el proceso.

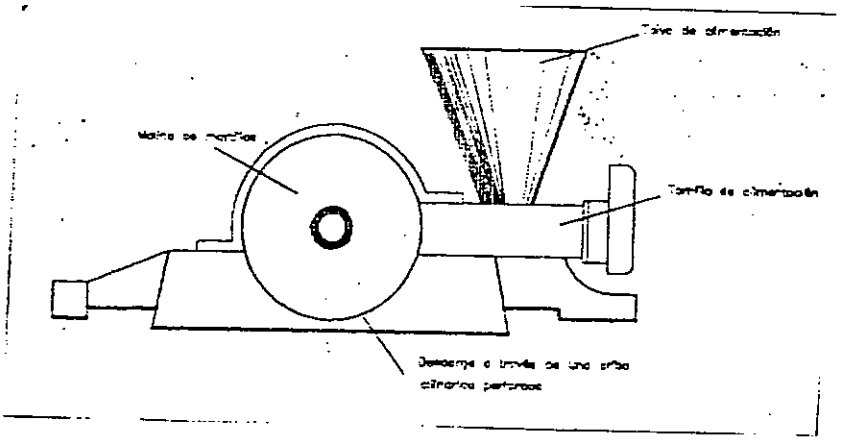


Figura 4.1. Molino de martillos

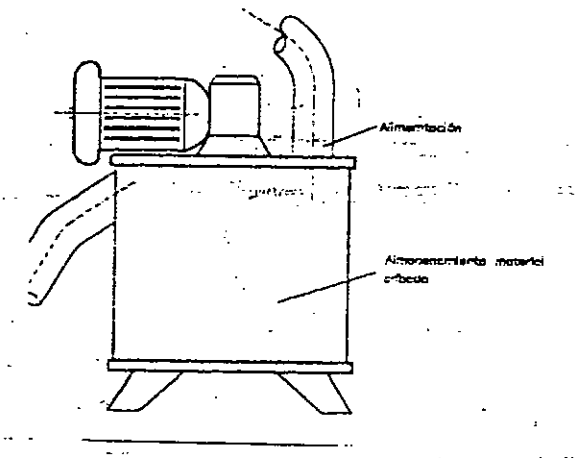


Figura 4.2. Equipo de cribado ó tamizado en húmedo

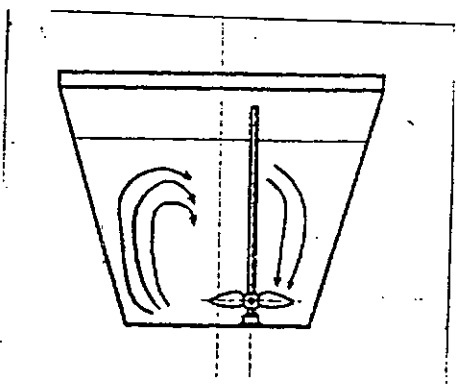


Figura 4.3. Tanque de dispersión

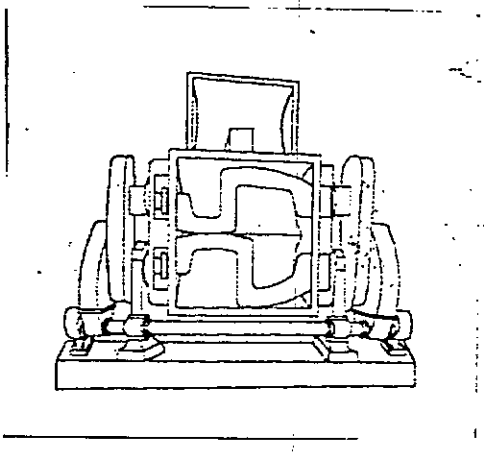


Figura 4.4. Amasadora de pasta

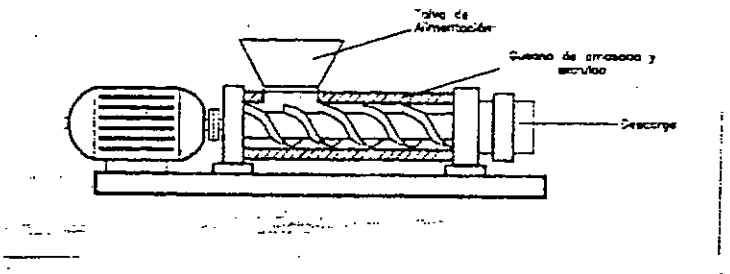


Figura 4.5. Extrusora de pasta

5 COCCION Y NEGREADO DE LA PRODUCCION

De las mejoras propuestas para esta parte del proceso y planteadas para llevar a cabo en dos etapas tal como se registra en el capítulo 2 se tomó la decisión de implementar una mejora total del proceso de cocción obviando la primera etapa. Lo anterior obedeció a que el desarrollo de la primera etapa tal como estaba establecida, implicaba hacer reformas de tipo tecnológico pero manteniendo la estructura del horno actual; al respecto se hicieron algunas objeciones de tipo técnico, pues aunque las mejoras sugeridas en esta etapa iban a mejorar en algo la cocción actual, no iban a ser suficiente para asegurar la calidad del producto final en lo referente a la cocción pues ésta iba a continuar presentando problemas de eficiencia térmica que iban a impedir alcanzar la temperatura necesaria para una buena cocción de las piezas y por tanto la operación posterior de negreado se iba a aver afectada.

Lo anterior llevó a plantear una reforma total del proceso de cocción actual que consistía en el cambio de tecnología de cocción mediante un cambio total en la estructura del horno actual. Dada la magnitud del cambio y la resistencia que éste podría tener entre los mismos artesanos se analizó con éstos todas la implicaciones que la nueva propuesta podría tener para el proceso de La Chamba, y ellos estuvieron de acuerdo en desarrollarla considerando que ésto les iba a ayudar a mejorar la calidad de cocción y por tanto la calidad del producto final.

Las ventajas que ofrece esta nueva propuesta son:

- Aseguramiento de la temperaura de cocción
- Mejor control del proceso de cocción

- Aseguramiento de la calidad del producto final respecto a características tales como: porcentaje de absorción, resistencia mecánica, grado de vitrificación, etc.
- Considerando que la eficiencia térmica mejora, las piezas estarían más calientes en el momento de su salida del horno para la posterior operación de negreado y por tanto la calidad de éste igualmente va a mejorar.
- Disminución del esfuerzo físico por parte del artesano durante el proceso de cocción.
- Mejoramiento de las condiciones de seguridad industrial para el artesano durante la cocción.
- Dependiendo de la temperratura que se desee alcanzar con el nuevo diseño de horno, habrá posibilidad de investigar otro tipo de productos utilitarios en cerámica.

5.1 HORNO TIPO CARRO PARA PROCESO DE COCCION

La propuesta sugerida es la desarrollada por Artesanías de Colombia[9] con la ayuda del señor Alejandro Rincón; ésta contempla de una manera integral las mejóras requeridas por el proceso de cocción de La Chamba. El texto correspondiente a esta propuesta puede ser consultado en el anexo D

6 CONTINUACION DEL PROYECTO

A la luz de los criterios de mejoramiento continuo que deben ser seguidos por cualquier tipo de proceso industrial y/o artesanal e incluso de la vida diaria, es importante estimular entre los artesanos la conciencia de la búsqueda constante del mejoramiento del proceso artesanal de La Chamba porque sólo de esa manera se podrá entregar al cliente final un producto de excelente calidad.

El hecho de implementar las mejoras tecnológicas sugeridas en el proceso de La Chamba, no significa la obtención de un producto de buena calidad de un momento a otro, es clara la necesidad de seguir desarrollando una serie de actividades paralelas que lleven a obtener un producto de una calidad tal que le permita ser reconocido a nivel mundial entre los mejores productos de cerámica artesanal. Pero se debe recalcar que todo será el resultado de un proceso y que los resultados buenos ó malos siempres tendrán una causa administrativa y/o técnica; no es imposible dejar que éstos al azar.

Desde el punto de vista anterior se deben continuar desarrollando una serie de actividades en cada una de las etapas que hacen parte del proceso artesanal de La Chamba, el proceso no progresará si el artesano no posee la actitud de cambio que le indique que siempre habrá algo por mejorar.

En la tabla 6.1 se muestra de una manera general las actividades que se deberían desarrollar para la solución de los problemas encontrados en las diferentes etapas del proceso de La Chamba.y que están afectando la calidad del producto final Estas actividades conllevan otras actividades más puntuales pero todas buscando que la causa de los problemas desaparezca definitivamente.

Tabla 6.1. Actividades desarrolladas y a desarrollar para solucionar problemas de La Chamba

ACTIVIDADES DESARROLLADAS Y PROYECTADAS PARA EL PROCESO DE CERAMICA ARTESANAL DE LA CHAMBA			Minería	Beneficio mat. primas	Fabricación pasta	Fabricación piezas	Cocción y negreado	Comercialización
PLANEACION	Identificación del problema		▨	▨	▨	▨	▨	
	Observación del problema		▨	▨	▨	▨	▨	
	Análisis del problema	Mat. Prima		▨	▨	▨	▨	
		Mano obra	▨	▨	▨	▨	▨	
		MedioAmb.(entorno)						
		Maq. Equipo	▨	▨	▨	▨	▨	
		Métodos	▨	▨	▨	▨	▨	
	Plan de acción		▨	▨	▨	▨	▨	
ACCION								
VERIFICACION								
ESTANDARIZACION	Estandarizar							
	Conclusión							

▨ Actividad desarrollada □ Actividad por desarrollar

La tabla 6.2 registra actividades específicas planteadas como resultado del diagnóstico inicial realizado para cada uno de los eslabones de la producción. Los problemas planteados fueron observados y analizados de acuerdo a las materias primas, mano de obra, maquinaria y equipo, métodos de trabajo; las causas para los problemas vistos deben estar relacionadas por lo menos con uno de estos aspectos. Además de los 4 aspectos mencionados, existe el relacionado con el entorno del artesano, en donde también se pueden buscar las causas a los problemas de producción vistos en La Chamba.

Tabla 6.2. Actividades puntuales para los eslabones productivos del proceso de fabricación de piezas cerámicas en La Chamba.

ACTIVIDADES DESARROLLADAS Y PROYECTADAS - PROYECTO "LA CHAMBA"					
ACTIVIDAD	PLAN DE ACCION	EJECUCION	VERIFICACION	ESTANDARIZACION	CONCLUSION
1. ESLABON DE MINERIA					
1.1. CARACTERIZACION DE LOS MATERIALES CHAMBA Y CHIPUELO					
1.1.1. Análisis mineralógico					
1.1.2. Análisis químico					
1.1.3. Análisis de física de partículas					
1.1.4. Análisis térmico					
1.1.5. Análisis de resultados					
1.2. DEMANDA DE MATERIAS PRIMAS					
1.2.1. Identificar talleres piloto					
1.2.2. Identificar referencias producidas/taller					
1.2.3. Peso de cada referencia					
1.2.4. Cantidad de piezas/referencia/mes/taller					
1.2.5. Establecer consumo de cada material/mes/taller					
1.3. PROGRAMA DE EXPLOTACION DE MAT. PRIMAS					
1.3.1. Pautas					
1.3.2. Capacitación del personal					
1.4. CUANTIFICACION DE DURACION DE LAS MINAS					
2. ESLABON DE BENEFICIO DE MATERIAS PRIMAS					
2.1. ARCILLA LISA					
2.1.1. Propuesta A					
2.1.2. Propuesta C					
2.1.3. Propuesta B					
2.2. ARCILLA ARENOSA					
2.2.1. Propuesta A					
2.2.2. Propuesta B					
2.3. ARCILLA ROJA					
2.3.1. Propuesta unica					
3. ESLABON DE FABRICACION PASTA					
3.1. AMASADO DEL MATERIAL					
3.1.1. Propuesta A - Via seca ambos materiales					
3.1.2. Propuesta B - Via humeda arcilla fina					
3.2. EXTRUSION DEL MATERIAL					
3.2.1. Propuesta única					
3.3. CORTE Y EMPAQUE DEL MATERIAL LISTO PARA DISTRIBUIR					
3.3.1. Propuesta unica					
4. ESLABON DE FABRICACION DE PIEZAS					
4.1. METODO ACTUAL USANDO MATERIALES EXTRAIDOS Y BENEFICIADOS SEGUN PROPUESTAS					
4.1.1. Escogencia del taller o talleres para la fabricacion de las piezas					
4.2. METODO TORNO DE LEVANTE					
4.2.1. Establecer referencias a fabricar mediante torno de levante					
4.2.2. Adquisición del torno de levante - Compra o Alquiler					
4.2.3. Adecuación de la pasta para el uso del torno de levante					
4.2.4. Contrato persona manejo y capacitacion torno de levante					
4.2.5. Comparativo tecnica actual con tecnica de torno de levante					
4.3. METODO TORNO DE TARRAJA					
4.3.1. Establecer referencias a fabricar mediante torno de tarraja					
4.3.2. Adquisición del torno de tarraja - Compra o Alquiler					
4.3.3. Adecuación de la pasta para el uso del torno de tarraja					
4.3.4. Fabricación moldes para torno de tarraja					
4.3.5. Contrato persona manejo y capacitación torno de tarraja					
4.3.6. Comparativo técnica actual con técnica de torno de tarraja.					
4.4. METODO DE VACIADO - NIVEL EXPERIMENTAL					
4.4.1. Establecer referencias a fabricar mediante vaciado					
4.4.2. Adquisición o fabricacion de moldes					
4.4.3. Adecuación de la pasta para el vaciado					
4.4.4. Comparativo técnica actual con técnica del vaciado					
5. ESLABON DE COCCION Y NEGREADO DE LAS PIEZAS					
5.1. DISEÑO HORNO					

7 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES FINALES

- Se observó que todos las etapas que hacen parte del proceso de producción cerámica adolecen de procedimientos estandarizados. Por tanto se hace necesario que a medida que se vayan verificando las bondades de las mejoras sugeridas, se elaboren los procedimientos estandarizados en cada una de las etapas del proceso. Eso permite que los artesanos trabajen de una forma unificada dando lugar a productos con poca variabilidad en su calidad, además que la elaboración de dichos procedimeintos será un requisito exigido por el ICONTEC cuando se solicite la certificación "hecho a mano". Se debe observar que los procedimientos deben ser revisados periódicamente en la medida más mejoras sean implementadas en los procesos. Los procedimientos estandarizados deben ser desarrollados por los mismos artesanos.
- Los artesanos tienen claro los puntos suceptibles de mejorar en cada uno de los procesos, pero no tienen ningún tipo de cuantificación por tanto no conocen cuanto deben mejorar y tampoco es posible establecer metas de mejoramiento bajo esas circunstancias.

  Por tanto se sugiere el establecer variables críticas para cada uno de los procesos y aprender a controlarlas. Cada proceso debería poseer una ó varias variables importantes utilizadas por el artesano como indicador de su labor, pues serán éstas las que indicarán los puntos suceptibles de mejorar en cada uno de los procesos; lo anterior sugiere que haya medición de dichas variables en cada uno de los procesos.

- Falta especialización en los diferentes oficios referentes a cada uno de los procesos. Se debe buscar capacitación de los artesanos que lleve a la especialización en los diferentes oficios. Este aspecto es muy importante para el enfoque que se le quiere dar al proceso artesanal de La Chamba. En la medida que los artesanos sean capacitados en oficios específicos, habrá mano de obra más calificada dando lugar a procesos más productivos y competitivos; además la calidad del producto final estará más asegurada. Las normas de competencia laboral que actualmente se desarrollan en unión con el SENA ayudarán en este sentido.
- Debido a que se adolece de un enfoque del negocio por eslabones productivos; no existen criterios claros para establecer la calidad de cada uno de los procesos, por tanto es difícil establecer una relación cliente – proveedor a nivel interno y mucho menos a nivel externo.
- Según lo anterior se hace necesario establecer el enfoque de acuerdo a los eslabones productivos, lo cual creará la necesidad de establcer parámetros de calidad claros en cada uno de dichos eslabones. Dichos parámetros deben crear la necesidad de la relación cliente – proveedor tanto a nivel interno como externo mediante la creación de criterios claros para exigir respecto a la calidad del producto. Todas las personas relacionadas con el negocio (artesanos que trabajan en los respectivos oficios) serán proveedores y clientes simultáneamente y tendrán argumentos claros para exigir calidad, porque todo debe llevar a que el artesano conozca las necesidades de su cliente; y en la medida que el artesano se a consciente éstas, estará trabajando en función del cliente final que se encuentra afuera en el mercado y quién finalmente determinará la supervivencia del negocio.
- Enfocar el proceso cerámico de la Chamba como un proceso productivo que, sin perder su caracter artesanal, deba fabricar productos competentes en el mercado cumpliendo con las expectativas del cliente final.
- Es muy importante reconocer el trabajo realizado en La Chamba por los artesanos, pero es el artesano mismo quién primero debe ser consciente del valor de su trabajo. Es imperativo que él entienda que lo que él hace no es

simplemente extraer arcilla, ni tamizar material, ni amasar pasta, ni es moldear ó modelar piezas y tampoco es quemar ó negrear producción; él debe tener claro que en cada uno de esos procesos se entrega el máximo esfuerzo para cumplir con las expectativas del cliente final y que por ello debe ser reconocido.

- Concientizar al artesano de que la única manera de incrementar la productividad y ser competitivo es mediante la disminución de costos de producción y elaborando un producto que cumpla las expectativas de los clientes. El margen de ganancia no lo va dar el verder "más caro" para compensar los costos de producción, sino en la disminución de éstos mediante mejoras al interior de los procesos.
- Ningún proceso progresa si la personas que hacen parte de él, no son conscientes de que siempre habrá algo para mejorar. No se puede ser conformista con lo que se obtiene, siempre habrá posibilidad de algo mejor. El buen funcionamiento de las mejoras técnicas sugeridas en este trabajo necesitarán de las personas, y serán ellas quienes con su actitud negativa ó positiva se encarguen de que el proceso siga adelante.
- Es claro que las personas responsables del proceso de La Chamba, posean una actitud proactiva ante los cambios de la demanda en el mercado. Es aconsejable estar desarrollando nuevos productos, indagar por las necesidades de los clientes. Por ningún motivo el proceso de La Chamba debe ser pasivo ante los cambios que constatemente se están dando a nivel del mercado y de nuevos productos cerámicos artesanales.

BIBLIOGRAFIA

1. De RAMIREZ BERNAL, Inés. Industria Cerámica Clásica. Santafé de Bogotá. Departamento de publicaciones – Universidad Nacional de Colombia y Sena. Cúcuta. 1991. Pág. 16.
2 FALCONI CAMPOS, Vicente. Controle da Qualidade Total. Minas Gerais - Brasil. Bloch Éditores S. A. 1992. Págs. 2 – 6.
3 GRIM, Ralph E. The Clay Mineral Concept. Ceramic Bulletin, Vol. 44, # 9. 1965
4. KYONKA, Joseph. The properties of feldspars and their use in whiteware. University of Illinois. 1954.
5. LAIRD, D. A. The cause of cation exchange selectivity. National Soil Tilth Laboratory. Artículo en Internet. 2001.
6. LOZADA, Sergio. Génesis, caracterización mineralógica y evaluación minera de los depósitos de arcilla negra en la vereda artesanal de La Chamba, municipio del Guamo, Tolima. Artesanías de Colombia. 2002.
7. NORTON, F. H. Clay why it acts the way it does. The Studio Potter, Artículo en Internet. 2001.
8. ORTEGA, Ramón. Producción de piezas y consumo de materias primas en 5 grandes talleres artesanales de La Chamba: Santafé de Bogotá. Artesanías de Colombia. 2002.
9. RINCON, Alejandro. Propuesta del horno tipo carro para la cocción de cerámica en La Chamba. Santafé de Bogotá. Artesanías de Colombia. 2002.
10. SHAW, Kenneth. Ciencia para ceramistas y esmaltadores. 1974.
11. SOIL CHEMISTRY. Nature of the colloidal phase in soils. Artículo en Internet. http://www.ag.ohiostate.edu/~natres/courses/SoilScience/300.htm 2001.

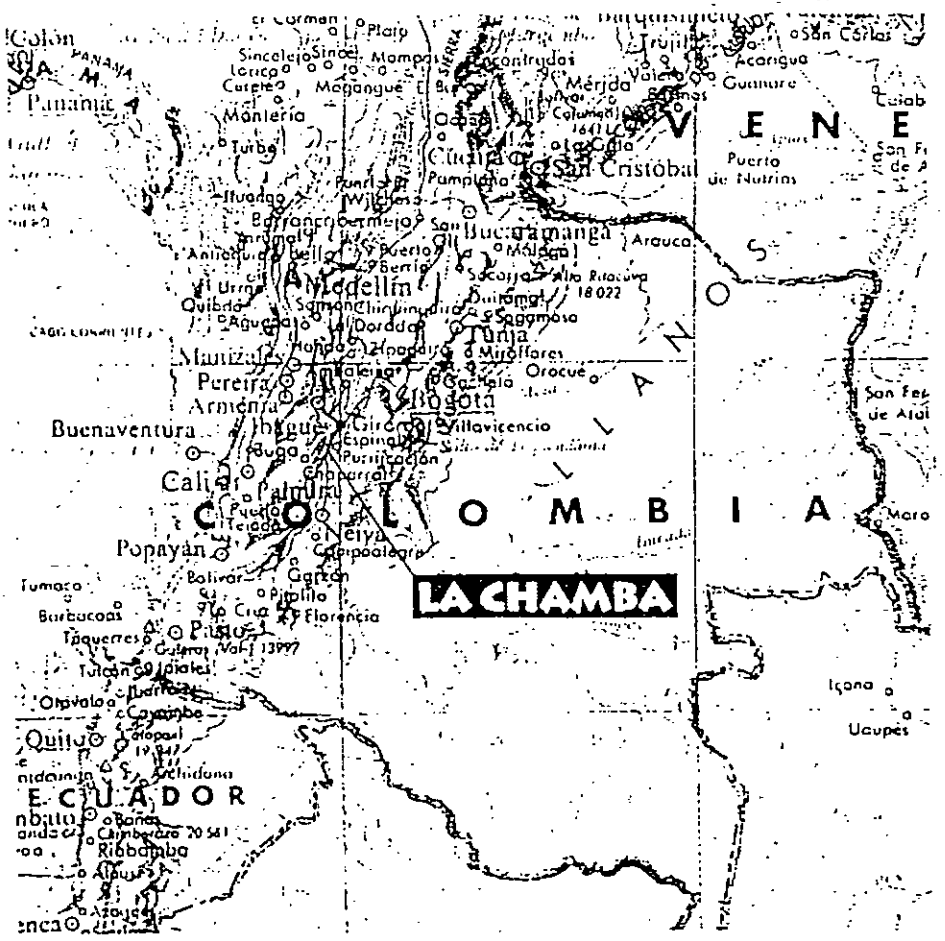
12. TORRANCE, J. , Kenneth. Effect of pH on the rheology of marine clay from the site of South Nation River Canada, Landlide of 1971. Clays and Clay Minerals. Vol. 32, n. 5, pages 384 – 390.

13. VEGA, Aser. Documento referente a la situación alfarera del Centro Oriente del Tolima, Colombia. Santafé de Bogotá. Artesanías de Colombia. 2001.

14. WEST, Richard. Casting of ware with highy dispersed clay bodies. Ceramic Bulletin. Vol. 39, n. 9, pages 462 –463.

ANEXO A

LOCALIZACION GEOGRAFICA DE LA VEREDA LA CHAMBA



La Chamba is located in the State of Tolima, in tropical lowlands, a few degrees north of the equator.

ANEXO B

MATERIALES UTILIZADOS EN LA CERAMICA TRADICIONAL

Antes de exponer los resultados obtenidos es importante recordar de una manera muy sencilla algunos conceptos teóricos sobre las arcillas buscando que el artesano, aunque no tenga una formación técnica – cerámica pueda empezar a familiarizarce con éstos; esto le permite conocer mejor los materiales con los cuales ha venido trabajando toda su vida y entender el comportamiento de éstos en los procesos que tiene a su cargo; lo anterior pretende que la persona que trabaja en el proceso cerámico/alfarero, artesanal ó de manufactura, reciba herramientas técnico/teóricas para gestionar sus procesos productivos desde el punto de vista del autocontrol y toma de decisiones

Las materias primas en la cerámica artesanal presentan amplia variedad en su composición química y mineral, pureza, estructura física y química, tamaño de partícula y precio. Incluyen materiales crudos no uniformes de diversos depósitos naturales, minerales industriales refinados que han sido beneficiados para remover impurezas[1].

La escogencia de una materia prima para un producto en particular dependerá del costo, factores del mercado, servicios ofrecidos por el proveedor, consideraciones técnicas del proceso y requerimientos del uso para el producto final.

Es claro que a nivel artesanal, es muy difícil tener en cuenta estos aspectos, ya que se escogen las materias primas principalmente por la cercanía geográfica que éstas tienen con el sitio donde está localizada la planta ó el taller artesanal. La

mayoría de las veces no se tiene en cuenta si el material es el correcto para las características que se quieren en el producto final.

En el caso de la producción alfarera – cerámica tradicional, las materias primas juegan un papel muy importante en los costos de producción por tanto es importante saber escogerlas y procesarlas. Muchas veces es necesario conocer los materiales tanto como sea posible para poder reemplazarlos por otros de menor costo pero sin afectar la calidad del producto final.

Tradicionalmente se dice que las materias primas son la arcilla ó material plástico, los aditivos no plásticos llamados también desgrasantes y el agua que permite dar plasticidad a la mezcla sólida.

Materiales Arcillosos. Generalmente se le llama "arcilla" al material plástico que permite dar forma al objeto. Pero dependiendo del punto de vista, el término "arcilla" tendrá su propia definición. Pero para el caso que nos interesa, que es desde le punto de vista cerámico, podemos decir que la "arcilla" es un material natural terroso de grano fino que desarrollan plasticidad cuando se mezclan con una cantidad determinada de agua.

La estructura y composición de las arcillas determinan sus propiedades las cuales a su vez son en gran medida responsables por el comportamiento de las arcillas durante los procesos cerámicos. Ciertas características de los minerales arcillosos tales como el intercambio de bases, adsorcion de agua y la reacción con materiales orgánicos son de especial interés para la industria cerámica – alfarera.

Las arcillas están compuestas generalmente de partículas muy pequeñas,[170] menores a 2 µm (10000µm = 0.0001cm), de compuestos cristalinos los cuales son conocidos como minerales arcillosos. Los minerales arcillosos controlan la cerámica y otras propiedades de las arcillas, para ser más exacto la estructura atómica es la responsable por las propiedades físicas de las arcillas. En general, es posible predecir las propiedades de un maeterial arcilloso conociendo el contenido de minerales arcillosos; esto explica la importancia de caracterizar las arcillas antes de ser llevadas a cualquier proceso de producción.

Químicamente los minerales arcillosos son compuestos de aluminio, sílice, agua con algunas trazas de metales alkalinos, alcalinotérreos, hierro, magnesio. Además los materiales arcillosos pueden contener minerales no arcillosos tales como: cuarzo, feldespato, pirita, etc. Tales componenten podrían en un momento dado influir en la propiedades de los materiales arcillosos.

Algunos de los minerales arcillosos más comúnmente encontradas en depósitos arcillosos en colombia son la caolinita, la illita y la montmorillonita. Además se presentan en la naturaleza en forma de mezclas complejas donde no es extraño encontrar más de un aespecie de mineral arcilloso mezclado con cuarzo, u otras formas de sílice, óxidos de hierro en diferentes estados de oxidación y otros óxidos como alúmina Al_2O_3 y titania TiO_2. También es posible encontrar material amorfo y materia orgánica, según la historia geológica del yacimiento, precisamente este último aspecto es uno de los que más influye en la variabilidad natural de la arcilla.

- La Caolinita

Este mineral tiene fórmula $Al_2O_3 - 2SiO_2 2H_2O$; se forma por lo general de rocas sílico aluminosas, principalmente feldespáticas por acción de los agentes atmosféricos como el agua y el anhídrido carbónico del aire. Estructuralmente consiste en 2 capas entrelazadas de octaedros de alumina y tetraedros de sílice.

Su composición química es aproximadamente:

SiO_2	46.5 %
Al_2O_3	39.6 %
H_2O	13.9 %

- La Montmorillonita

Consiste en una capa de octaedros de alumina entre 2 capas de tetraedros de sílice. La hoja unitaria es más gruesa que la de la caolinita. Las fuerzas que mantienen unidas a los cristales son mucho más débiles que las fuerzas existentes en la caolinita. Por tanto, el agua al penetrar en el cristal puede separar más fácilmente las hojas. Es hecho explica que los materiales arcillosos con alto contenido de este mineral, tienden a "hincharse" y crear problemas de flujo en las pastas cerámicas.

Su composición química característica muy variable de este tipo de estructura está constituida asi:

SiO_2	48 - 56	%
Al_2O_3	11 - 22	%
H_2O	12 - 14	%
MgO	3 – 8	%

♦ La Illita

La estructura cristalina de este material es algo parecida a la de la montmorillonita, pero difiere de ésta en que aquí hay reemplazamiento de iones aluminio con iones hierro ó con iones magnesio. Al ocurrir estos reemplazamientos se produce un desequilibrio en la valencia, lo cual debe compensarse con la entrada de iones potasio que se acomodan entre las hojas unitarias del cristal. Debido a esto, es que las fuerzas de unión entre las hojas unitarias son considerablemente más fuertes que las de la montmorillonita, por tanto el agua rompe menos la estructura.

Su composición química media, característica de este tipo de estructura illítica presenta los siguientes valores:

SiO_2	55	%
Al_2O_3	28	%
H_2O	2 - 8	%
MgO	Variable	
K_2O	8 – 9	%

♦ Estructura de las arcillas

En su trabajo Sergio Lozada[6] comenta que las arcillas presentan una estructura general de láminas compuestas de formas octaédricas y tetraédricas. Los tetraedros (base estructural de los aluminosilicatos) se pueden unir por sus ángulos basales y dejar libres sus oxígenos apicales, formándose láminas tetraédricas (T) teóricamente infinitas; el Si^{+4} puede sustituirse por Al^{+3} o por Fe^{+3}. Las láminas octaédricas (O) se forman por unión de octaedros por sus caras; estos están compuestos por Al^{+3} o Mg^{+2} que se ligan con seis aniones. Estas

láminas (T, O) se pueden acoplar para formar diferentes tipos de minerales arcillosos:

- T-O / (1:1) - La distancia capa-capa tiene un promedio de 7Å. Ej: caolinita, serpentinitas, etc.
- T-O-T / (2:1) - La distancia capa-capa tiene un promedio de 10Å; generalmente presentan elementos y agua en los espacios interlaminares. Ej: talco, pirofilita, micas, illitas, etc.
- (2:1:1) / (2:2) - La distancia capa-capa es de ±14Å, presentando una capa de hidróxidos (o agua) adicional. Ej: cloritas, montmorillonitas, vermiculitas, etc.

Dada la diversidad de minerales arcillosos existentes y su difícil identificación, inclusive con microscopio óptico, la caracterización de estos minerales se debe hacer con métodos más sofisticados como la difracción de rayos X, donde se logra medir la distancia interlaminar del mineral arcilloso que se estudia, convirtiéndose éste en el principal método de identificación y caracterización de arcillas; también son importantes la espectrometría infrarroja y los análisis químicos, térmicos, gravimétricos y termogravimétricos, además de la microscopía electrónica[6].

- Plasticidad en las arcillas

La forma del retículo cristalino de la caolinita, la ilita y la montmorillonita, está constituído por hojas que se deslizan una sobre otras es lo que determina la plasticidad de las arcillas. El agua que penetra entre dichas estructuras actúa como lubricante y hace fácil el trabajo con ellas. La caolinita tiene la menor capacidad de adsorción de agua de las tres, por eso los caolines no son muy plásticos además de que tiene una alta contracción durante el secado y una temperatura muy alta para vitrificar

La mayor capacidad de adsorción de agua la tienen los materiales arcillosos en donde prevalece la montmorilonita, dando lugar a una mayor plasticidad; pero al perder el agua adsorbida, disminuye fácilmente su tamaño y produce grietas por efecto de la contracción durante el secado de la pieza cerámica, este hecho obliga a controlar la presencia de este tipo de arcillas en las pastas cerámicas a menos del 10 %.

Tabla B.1. Características de los principales grupos de arcillas silicatadas.

Característica	Grupo de arcillas		
	Caolín	Esmectita	Micas hidratadas
Principales arcillas del grupo	Caolinita Haloisita Nacrita Diquita	Montmorillonita Pirofilita Beidelita Nontronita	Muscovita Biotita Illita Filita
Estructura	Capas rígidas 1:1	Capas expandibles 2:1	Capas casi rígidas 2:1
Fórmula	$2SiO_2.Al_2O_3.2H_2O$	$4SiO_2.Al_2O_3nH_2O$	Similar a la esmectita más 5% K_2O
Sustitución iónica	Nula	Al por Si; Mg, Fe, Mn o Ti por Al	Al por Si
Capacidad de intercambio catiónico	3-20 me/100 g	80-150 me/100 g	10-40 me/100 g
Capacidad de adsorción de iones, agua y gases	Pequeña	Grande	Grande
Temperatura para perder el agua de cristalización	500-700 °C	600-700 °C	500-650 °C
Superficie específica	10-30 m^2/g	800 m^2/g con una gran superficie interna	
Espesor de la unidad	7.2 Å	10-20 Å	
Expansión y contracción	Muy poca	Mucha	Poca

En una mezcla de arcilla – agua, el agua forma películas muy delgadas (seis milésima parte de 1 μ) entre las caras de las partículas de arcilla. A mayor cantidad de agua, mayor será el espesor de dicha película. Existe un equilibrio entre las fuerzas que tienden a unir la s partículas de arcilla y la película de agua que tiende a separarlas. Por eso a mayor humedad en la masa de arcilla, mayor será el espesor de la película de agua y será más fácil hacer que las partículas de arcilla se deslicen unas sobre otras. Esto explica porque una arcilla húmeda puede ser moldeada con menos fuerza que una arcilla seca[1].

La plasticidad de una arcilla puede ser definida como la facilidad que tiene la arcilla para ser formada sin quebrarse y cuando la fuerza que le da la forma cesa, la arcilla mantendrá la forma y cuando se seca tomará una resistencia mecánica alta.

Como se dijo antes las arcillas viene acompañadas de otros minerales minoritarios que contribuyen a las propiedades finales del producto final. Además las arcillas nativas viene acompañadas de sílice, óxido de hierro y de titanio, carbonatos y materia orgánica, compuestos todos que al llegar a las diferentes etapas del proceso, reaccionan según su naturaleza.

Materiales Desorasantes. Son agregados no pláticos que favorecen la salida del agua durante los procesos de secado previniendo fracturas. A través de los tiempos se han utilizado diferentes sustancias como desgrasantes, desde pedazos de carbón de leña, estiércol y paja, hasta rocas volcánicas, conchas molidas y arena de río.

La mayoría de las arcillas, por naturaleza, contienen material no plástico com quarzo ó feldespato. Pero la mayoría de los cuerpos cerámicos tienen materiales no plásticos que han sido adicionados a próposito para obtener una determinada propiedad en el producto final.

El manejo de los desgrasantes es un parámetro muy importante, pues dependiendo de la temperatura de cocción del objeto cerámico, el desgrasante tomará parte activa en las reacciones que tiene lugar durante el proceso de cocción y contribuirá en la formación de las características finales del artefacto.

La Sílice

Generalmente es el mineral constiuyente de las arenas cuarzosas y en ocasiones se encuentra acompañando a los minerales arcillosos y en tamaño relativamnete grande que permite separarla por sedimentación.

En el proceso de alfarería y cerámica se añade molida, sirve como desgrasante de arcillas muy plásticas además colaborando en el balance de la composición química de la pasta y contribuyendo a la disminución de la contracciones producidas durante el proceso de secado.

La sílice se presenta en 2 estados cristalinos llamados cuarzo α y cuarzo β, los cuales se transforman el uno en otro y en forma reversible a la temperatura de 573^{o} C. Tal cambio se presenta en forma simultánea con un aumento de volumen

En un programa de cocción es muy importante el tiempo de permanencia de la pasta a esta temperatura tanto en el calentamiento como en el enfriamiento, ya que el cambio de estado cristalino produce tensiones internas que afectan las características del producto terminado especialmente en cuanto a la fragilidad.

Cuando la sílice se funde a altas temperaturas y se deja enfriar lentamente y de forma controlada, se produce una red muy ordenada de cristobalita; pero si el enfriamiento es rápido y sin control no hay tiempo suficiente para que se forme la red ordenada de cristobalita, quedando una red irregular con muchas tensiones llamada vidrio de sílice el cual es muy frágil, lo que afectará al producto final debido a la presencia de rajado fino o llamado también raja de enfriamiento.

Los Feldespatos

Estos son aluminosilicatos anhidros de potasio y sodio presentes generalmente en forma de minerales llamados ortoclasa ó feldespato potásico ($KalSi_3O_8$) y Albita ó feldespato sódico ($NaAlSi_3O_8$).

Estos minerales agregados en forma de polvo muy fino a la pasta cerámica se comportan como desgrasantes en el proceso de secado y como fundentes en el proceso de cocción.

Como fundentes provocan una fusión perezosa con un amplio intervalo de temperatura característico de las pastas que contienen feldespato, esto siginifica

que el ceramista tiene un margen de control adecuado para el proceso de cocción[4].

En estado natural no se encuentran casi nunca variedades puras de feldespato, se presentan como mezclas de varios tipos. Derivaron de la roca madre en forma de mezclas de albita y ortoclasa o albita y anortita, por tanto los feldespatos utilizados por el ceramista son mezclas de éstas. Esto explica la variación en sus propiedades y comportamiento cuando se funden.

Es importante anotar que el tamaño de grano del feldespato influye en el comportamiento que éste tenga durante el proceso de cocción. Entre más fino sea el tamaño de partícula del feldespato y el cuarzo, menor será la temperatura de maduración de de la pasta cerámica. La ventaja del menor tamaño de partícula es más efectiva cuando hay control en el proceso de cocción, un calentamiento gradual o un mayor tiempo de mesa cuando se llega a la temperatura de maduracióncción crea una mayor cantidad de fase vidriosa lo que hace que haya un mejor grado de vitrificación lo que se traducirá en menos porosidad del producto final y por tanto menos absorción de agua[10].

Además del efecto que el grano más fino del feldespato tiene sobre la temperatura de maduración de la pasta, la finura también gobierna el grado de contracción después de la quema y el nivel de expansión térmica. Partículas más finas de feldespato tiende a incrementar la contracción después de quema y la resistencia mecánica de la pasta aunque también incrementa el grado de deformación de la pasta.

Agua. El principal líquido usado en el proceso cerámico – alfarero es el agua; generalmente se trata con indiferencia la calidad de esta materia prima por considerarla abundante y barata. Sin embargo para el proceso el agua debe tener ciertas condiciones para que no afecte la calidad del producto y por eso en muchos casos debe ser tratada químicamente (proceso de desionización) con el fín de garantizar el éxito del proceso[14].

El agua en el proceso cerámico se añaden para humedecer las prtículas de materias sólidas y generar un medio viscoso entre ellas, además de disolver sales

y compuestos y sustancias poliméricas en el sistema. El agua cambia el estado de dispersión de las partículas y alteran su consistencia mecánica.

Un agua de acueducto municipal así como un agua natural puede contener sustancias orgánicas e inorgánicas en suspensión y sales disueltas tales como cloruros, sulfatos, nitratos, carbonatos los cuales pueden tomar parte en las reacciones del proceso, o quedar ocluidos dentro dentro la masa cerámica en forma de cristales como enemigos ocultos que aflorarán posteriormente en la superficie, causando en muchos casos, agrietamientos y deterioros de las construcciones.

El agua penetra entre las pequeñísimas partículas laminares o tubulares de las arcillas, permitiendo que éstas se deslicen unas sobre otras promoviendo plasticidad al actuar como lubricante entre las partículas de arcilla, permitiendo que se acomoden para mantener la forma que se le quiere dar a la pasta en el proceso de moldeo.

La experiencia dice que la proporción de agua agregada a cada tipo de arcilla es relativamente fija y es una variable que debe controlarse cuidadosamente en el proceso, ya que con poca agua no se puede moldear la pasta y con mucha agua queda demasiado fluida y no retiene la forma que se le quiere dar.

La eliminación del agua de plasticidad por evaporación permite que las partículas de arcillas se acerquen unas a otras (contracción en crudo); este proceso debe hacerse lentamente, pues si se hace muy rápido se generan tensiones internas que producen grietas en el objeto formado. La contracción que se presenta depende de los minerales arcillosos presentes, que como se sabe pueden tener mayor o menor avidez de agua.

ANEXO C

CARACTERIZACION MATERIAS PRIMAS UTILIZADAS EN LA CHAMBA

SEST - CGM 101	INGEOMINAS SUBDIRECCIÓN DE ENSAYOS Y SERVICIOS TECNOLÓGICOS LABORATORIO DE MINERALES	FECHA 27 (DIA) 12 (MES) 2001 (AÑO)
MUESTRA No.	REFERENCIA	
708	Barro liso	
709	Barro arenoso	
710	Barnisiz	
Tipo de muestra	Arcillas	
Procedencia	Minas vereda La Chamba	
Remitente	CAMARA DE COMERCIO DEL SUR Y ORIENTE DEL TOLIMA	
Dirección	Carrera 8 No 8 - 35 Espinal Tolima	
Teléfonos:	(098)2 485 377	
Solicitud No.	323	Fecha: 2001/12/07

DETERMINACION (% en masa)	708	709	710
Humedad a 105 °C	2,38	2,02	1,90
Pérdidas por Calcinación (105 - 1000 °C)	6,18	5,34	5,28
Silicio como SiO_2	56,15	59,30	59,43
Calcio como CaO	2,80	3,22	0,15
Hierro Total como Fe_2O_3	5,29	4,29	5,43
Aluminio como Al_2O_3	20,22	18,71	14,36
Magnesio como MgO	1,83	1,49	0,61
Sodio como Na_2O	2,30	2,84	0,14
Potasio como K_2O	0,95	0,95	0,92
Comportamiento Térmico:			
Agua de Moldeo, %	33,0	24,4	34,4
Contracción de 20 a 105°C	9,5	7,1	8,8
Contracción de 105 a 1000°C	10,7	7,6	9,2
Color de Quema	Amarillo Rojizo	Amarillo Rojizo	Rojizo

OBSERVACIONES : Los resultados analíticos presentes corresponden exclusivamente a la muestra recibida y no a otro material de la misma procedencia

- Se anexan tres (3) probetas correspondientes a las muestras quemadas a 1000°C

- La probeta correspondiente a la muestra 710 es mas pequeña que las otras, debido a la poca cantidad de muestra obtenida al secar el lodo

Elaborado por: HERNÁN CABEZAS VILLANUEVA
MPO-0441

MARCELA PACHÓN BAUTISTA
MPO. 022
Coordinadora Grupo de Minerales

INSTITUTO GEOGRAFICO AGUSTIN CODAZZI
SUBDIRECCION DE AGROLOGIA
LABORATORIO DE SUELOS

ANALISIS SALINIDAD DE SUELO

FECHA		
DIA	MES	ANO
14	12	2001

REMITENTE: MINAS ARTESANAS DE COLOMBIA VEREDA LA CHAMBA | DEPARTAMENTO: TOLIMA | MUNICIPIO: GUAMO | LOCALIZACION

N°DE CAMPO	N°DE LABORATORIO	pH	Pa	Ce	RAS	PSI	CLASE
01- BARRO ARENAS	3-42846		50.5	0.3	0.6	2.3	N
02- BARRO LISO	3-42847		68.3	0.3	1.3	1.5	N
03 - BARNIZ	3-42848		92.8	0.4	4.0	3.3	N

CATIONES meq/L

Calcio	Magnesio	Potasio	Sodio	Hierro	Aluminio	Amonio	SUMA
0.9	0.6	0.1	1.4				2.9
1.0	0.7	0.1	1.2				3.0
0.6	0.3	0.2	2.6				3.7

ANIONES meq/L | meq/100g

Sulfatos	Cloruros	Nitratos	Carbonatos	Bicarbonatos	SUMA	CIC	Sodio
0.9	0.5		0.0	1.6	3.0	11.6	0.3
0.9	0.6		0.0	1.6	3.1	17.7	0.3
0.6	0.9		0.0	0.6	2.0	13.9	0.5

Pa: Porcentaje Saturación de Agua ; Ce: Conductividad Eléctrica, Milimhos/cm (dS/m) ; CIC : Capacidad Intercambio catiónico.
RAS: Relación Adsorción de Sodio ; PSI: Porcentaje Saturación de Sodio
S1: Moderadamente salino ; S2: Fuertemente salino ; S3: Muy fuertemente salino ; Na: Sódico ; N : Normal

N.D. NO DETECTADO

Nota: Los resultados en la base de datos y los enviados por fax se conservarán por un período máximo de tres meses calendario a partir de la entrega de los mismos. Sugerencias, observaciones o reclamos por favor comunicarse con el teléfono 368 36 66 ext 310 - 311 (Area de Química).

INSTITUTO GEOGRAFICO AGUSTIN CODAZZI
SUBDIRECCION DE AGROLOGIA
LABORATORIO DE SUELOS

ANALISIS QUIMICO DEL SUELO - PARTICULAR

FECHA		
DIA	MES	ANO
13	12	2001

DEPARTAMENTO: TOLIMA | MUNICIPIO: GUAMO | LOCALIZACION (No PERFIL): MINAS ARTESANAS DE COLOMBIA VEREDA CHAMBA

REMITENTE: SERGIO LOZADA CAMARA DEL SUR ORIENTE DEL TOLIMA | PROYECTO: | No. DE LABORATORIO: 3-42846/848

IDENTIFICACION DE CAMPO	GRANULOMETRIA ARENA%	LIMO%	ARCILLA%	CLASE TEXTURAL	GRAVILLA %	pH 1:1	pH 1:2	A.I. meq/100g	S.A.I. %	SALINIDAD ce (mS/m)	PSI	CaCO3	MATERIA ORGANICA C.O %	N. TOTAL%
01 BARRO ARANZO	54	20	26	FArA		6.3							0.32	
02 BARRO LISO	28	26	46	Ar		6.5							0.27	
03 BARNIZ	8	40	52	Ar		4.3		4.7	49.0				0.09	

COMPLEJO DE CAMBIO (meq/100 g) CIC	Calcio	Magnesio	Potasio	Sodio	S.B.	50 %	ELEMENTOS MENORES (ppm) Mn	Fe	Zn	Cu	B	ppm N-NO3	N-NH4	Azufre	FOSFORO
11.6	7.68	3.61	0.17	0.27	11.73	SAT									18.1
17.7	10.35	5.70	0.35	0.26	15.66	93.9									4.2
13.9	2.27	1.78	0.38	0.46	4.89	35.2									0.8

FORMA 1314

MÉTODOS: Textura: Bouyoucos; Acidez intercambiable (A.I.): con KCl; Conductividad eléctrica (ce): en extracto de saturación; Carbón orgánico (C.O.): Walkley - Black; Fósforo(P) disponible :Bray II; CIC (capacidad intercambio catiónico) y bases intercambiables (calcio,magnesio,potasio y sodio): Acetato de amonio normal y neutro; Elementos menores: manganeso (Mn),hierro(Fe),zinc(Zn) y cobre (Cu): extracción con DTPA; Boro (B) disponible: agua caliente; Azufre (S) extractable: Ca (HPO_4), 0.008M; Nitrogeno (N) total: Kjeldahl; NO_3 (nitratos) y NH_4 (amonio): CIK 2N ; $CaCO_3$ (carbonato de calcio):HCl 10%.

meq Calcio/100g x 200 = ppm meq Potasio/100g x 391 = ppm
meq Magnesio/100g x 120 = ppm meq Sodio/100g x 230 = ppm
A= ARENA ; L= LIMO ; Ar= ARCILLA ; F= FRANCO.

+ = BAJO ; ++ = MEDIO ; +++ ALTO ; ++++ = MUY ALTO ; (-) = NO PRESENTE
N.D. = NO DETECTADO ; SAT = SATURADO ; B.T.= BASES TOTALES ; S.A.I.% = PORCENTAJE SATURACION ACIDEZ INTERCAMBIABLE ; S.B.% = PORCENTAJE SATURACION DE BASES; PSI = PORCENTAJE SATURACION DE SODIO.

NOTA: Los resultados en la base de datos y los enviados por fax se conservarán un periodo máximo de tres meses calendario a partir de la entrega de los mismos. Sugerencias, observaciones o reclamos por favor comunicarse con el teléfono 368 36 66 ext : 310 - 311 (Area de Química)

CARLOS EDUARDO PULIDO ROA
Coordinador Análisis

ANEXO D

PROPUESTA DEL HORNO TIPO CARRO PARA LA COCCION DE CERAMICA EN LA CHAMBA

En el departamento del Tolima, en el municipio del Guamo, se encuentran las veredas de la Chamba y Chipuelo (ver anexo A), tradicionalmente reconocidas por su producto artesanal típico con características únicas que lo hacen de gran demanda en mercados nacionales e internacionales. Los productos de cerámica de esta región son una manifestación de la cultura indígena que habitó esta región desde tiempos pre-hispánicos, por esta razón alrededor de este oficio podemos encontrar las técnicas más antiguas de alfareia y cerámica que en la actualidad se manejan dentro de los oficios artesanales en nuestro país.

Por su calidad y diseños singulares, los productos artesanales de la Chamba, se han convertido en productos de gran demanda; el efecto que este éxito ha tenido sobre la comunidad de la Chamba y su área de influencia, se puede medir en muchos campos. Desde el punto de vista de la producción, esto ha demandado mas mano de obra y mejor calidad en los productos. Para cumplir con esto ultimo Artesanías de Colombia con el apoyo de la ONUDI, la Cámara de Comercio del sur oriente del Tolima, ha venido trabajando en la implementación de mecanismos que aumentan la calidad de los productos, reduzcan el tiempo de producción y beneficien al artesano.

De esta manera llegamos al tema de la cocción de productos que se presenta como uno de los principales procesos dentro de la producción de objetos

cerámicos y que por las características en las que se desarrolla actualmente es susceptible de mejorar.

Los procesos de cocción de la Chamba se realiza en hornos de cama cónica, construidos en caña y barro crudo, estos hornos tienen un volumen aproximado de 8 metros cúbicos, en ellos se cuecen las piezas dentro de canecas metálicas u ollas de barro fabricadas por los mismo artesanos.

El combustible utilizados por los artesanos para el funcionamiento del horno es leña, talada de la rivera del río Magdalena, hecho que los últimos 20 años ha generado una deforestación de la zona con las consecuencias ambientales que esto conlleva para la región y sus pobladores.

Además de la depredación del medio ambiente y la emisión de grandes cantidades de gases de invernadero en la atmósfera, el proceso es ineficiente y depende de factores externos como el clima.

Para mejorar las condiciones y la calidad de este proceso se han analizado todos los factores determinantes que intervienen en él.

Buscando alternativas a este método de cocción, se ha investigado sobre la manera mas apropiada de quema para el producto, teniendo en cuenta las condiciones especiales bajo las cuales es producido el negreado característico de los productos de la Chamba.

Anteriormente se han planteado soluciones para este problema, que han servido como punto de partida de esta propuesta, entre ellas el uso de combustibles más eficientes de origen fósil como el gas natural o propano. El uso de un combustible mas eficiente mostró que la calidad de los materiales refractarios debería mejorar también y esta necesariamente conllevaría a un rediseño de la estructura del horno.

HORNO PROPUESTO

Respondiendo a cada una de las variables que intervienen en el proceso de cocción de los productos cerámicos de la Chamba, se plantea el diseño y construcción de un horno tipo carro, con una temperatura máxima de 1100 °C que

emplea como combustible gas propano, con una capacidad de 1.7 metros cúbicos, puede contener hasta cuatro canecas de 60 cm de radio y 75 cm de altura de las mismas empleadas actualmente por los artesano en el método tradicional de quema.

El horno está dotado de un carro que se puede extraer del horno deslizándolo sobre dos rieles con el fin de realizar el proceso de negreado fuera del horno, descargar y volver a cargar para continuar con la quema.

La estructura externa del horno esta construida en tubo cuadrado y lamina "cold rolled", en su interior esta revestido por una capa de ladrillo refractario ref. U 28, para una temperatura máxima de 1100 °C. Y una segunda capa de manta cerámica tipo 6 de una pulgada de espesor. Estas especificaciones hacen que el horno sea eficiente térmicamente perdiendo menos del 10% de su energía por radiación

La cerámica de la Chamba requiere una temperatura promedio de 750 °C que en el horno tardía un aproximado de 4 horas siguiendo una curva de cocción similar a la actualmente empleada en el proceso de cocción.

Una de las facilidades de la quema con gas, es la posibilidad de mantener controlada la temperatura en un punto determinado con el objeto de extraer al máximo la humedad de las piezas antes de comenzar la cocción, proceso también conocido como caldeo, que garantiza un índice mas bajo de perdidas de piezas dentro del horno, por efecto del choque térmico. Pero la característica más importante es el empleo de gas como combustible, puespermite un bajo costo de funcionamiento, (alrededor de 35 lbs/quema) y una regulación del proceso en términos de aplicación de una curva de cocción estandarizada que permita a los artesanos garantizar los efectos y cualidades en todos los productos.

Para la instalación y funcionamiento del horno es necesario una infraestructura básica que consta de un espacio especialmente acondicionado para el funcionamiento del horno, con las siguientes características:

Espacio cubierto de 4m x 3m x 3 metros de altura, esta estructura puede ser construido en guadua y teja de zinc, para los cimientos de la base es necesario

fundir una placa de concreto reforzado de un espesor de 20 cm capaz de soportar el peso de horno.

Lo más importante de todo es la fuente de gas, se recomienda disponer de un tanque de gas de alta capacidad (420 Lbs) para que surta de combustible al horno. Una alternativa para obtener este tánque seria acordar con la empresa de gas de la localidad el préstamo del enva, esta figura ya existe en otras regiones y para distintos tipos de industrias.

Otra posibilidad sería montar tres o cuatro cilindros de 100 libras en línea con una válvula mezcladora, pero esta solución seria de cortó plazo, pues por política de seguridad por parte del estado estos cilindros tienden a desaparecer en corto tiempo.

La tabla D.1 registra lo que sería el presupuesto de construcción del horno, además las figuras D.1, D.2 y D.3 muestran los planos técnicos correspondientes a la construcción del mismo.

Tabla D.1. Presupuesto construcción del horno

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	VALOR UNI.	VALOR TOTAL
COMBUSTIBLE GAS PROPANO			
QUEMADOR ATMOSFERICO 7500 BTU/HORA	6	98600	591600
CONTROL DE TEMPERATURA: PIROMETRO	1	185000	185000
TERMO CUPLA TIPO K 25 cm	3	25000	75000
RECUBRIMIENTO CAMARA DE COMBUSTION: LADRILLO REFRACTARIO REF. U28	495	1972	976140
LADRILLO REFRACTARIO PARA ARCO	160	3074	491840
LADRILLO REFRACTARIO ARRANQUE PARA ARCO	14	3074	36868
MANTA CERAMICANo. 6 DE 1"	2	327120	654240
CEMENTO REFRACTARIO BULTO 50 Kg	3	45490	136470
REGULADOR DE GAS CON FILTRO	1	68000	68000
TUBERIA PARA CONDUCCION DE GAS 1"	7 m	5600	39200
CODOS, UNIONES T Y REGISTROS		18000	18000
TUBERIA DE COBRE	5 m	8000	40000
TUSO DUADRADO DE ACERO GALVANIZADO 1"	18 m	6000	108000
LAMINA C.R CALIBRE 18	3	65000	195000
RUEDAS METALICAS 15 cm	4	16000	64000
TUBO ACERO GALVANIZADO 12"	5m	33000	165000
GUAYA DE ACERO	30 m	2500	75000
ESTRUCTURA HORNO Y CARRO EN TUBO CUADRAOO DE ACERO GALVANIZADO Y LAMINA CR	1	1350000	1350000
CILINDRO DE GAS 420 Lbs	1		
MANO DE OBRA ARMADO BOBEDA	2 OPERARIOS X 3 DIAS	15000	90000
TRASNPORTE ESTRUCTURA Y MATERIALES BOGOTA - LA CHAMBA	1	180000	180000
		COSTO HORNO	5365378
CUBIERTA EN GUADUA Y TEJA DE ZINC PARA EL HORNO 4m X 3m X 3 DE ALTURA	1		450000
PREPARACIÓN TERRENO PARA UBICACIÓN DEL HORNO	1		350000
		Costo total Proyecto	6165378

Figura D.1. Plano técnico 1

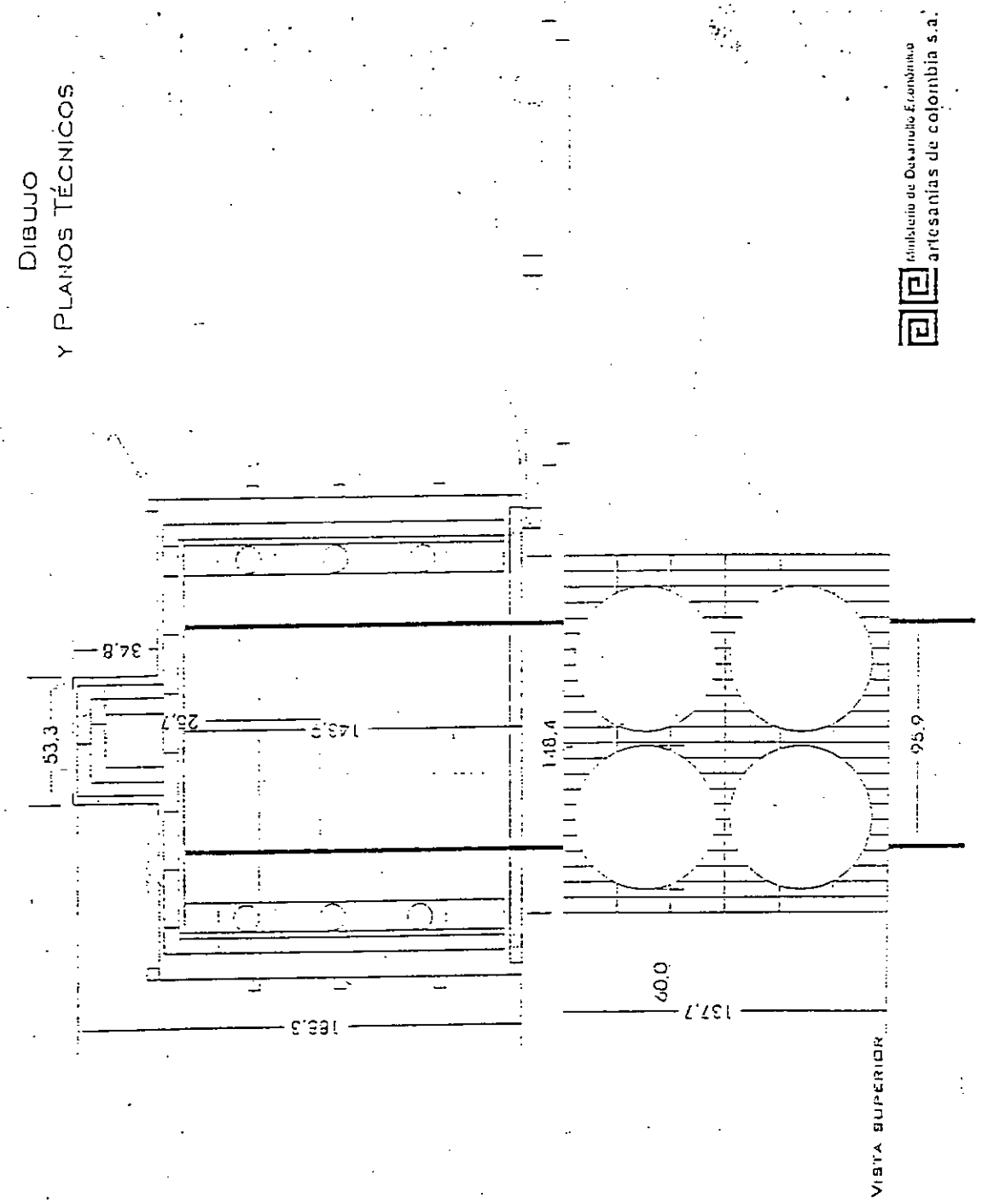


Figura D.2. Plano técnico 2

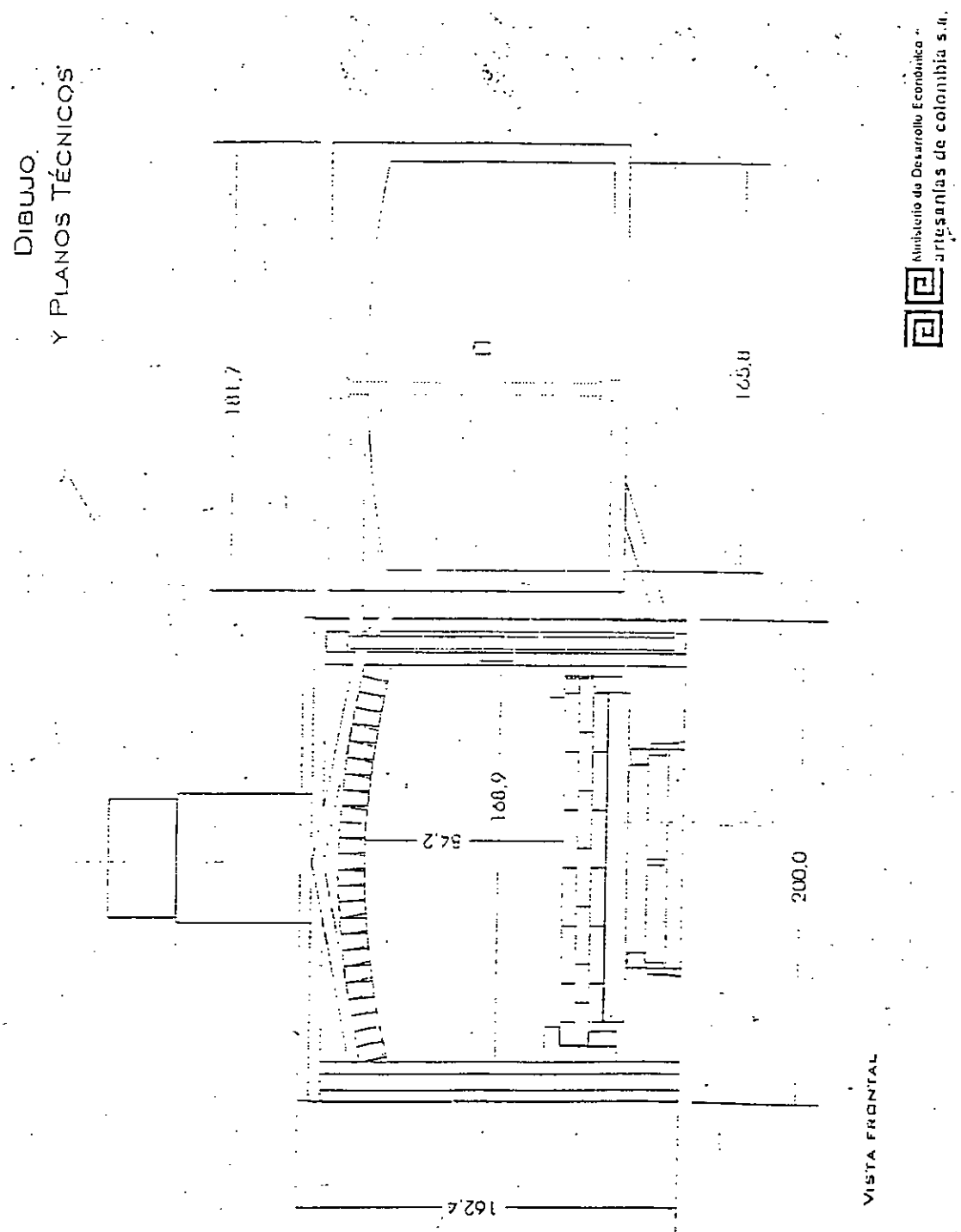
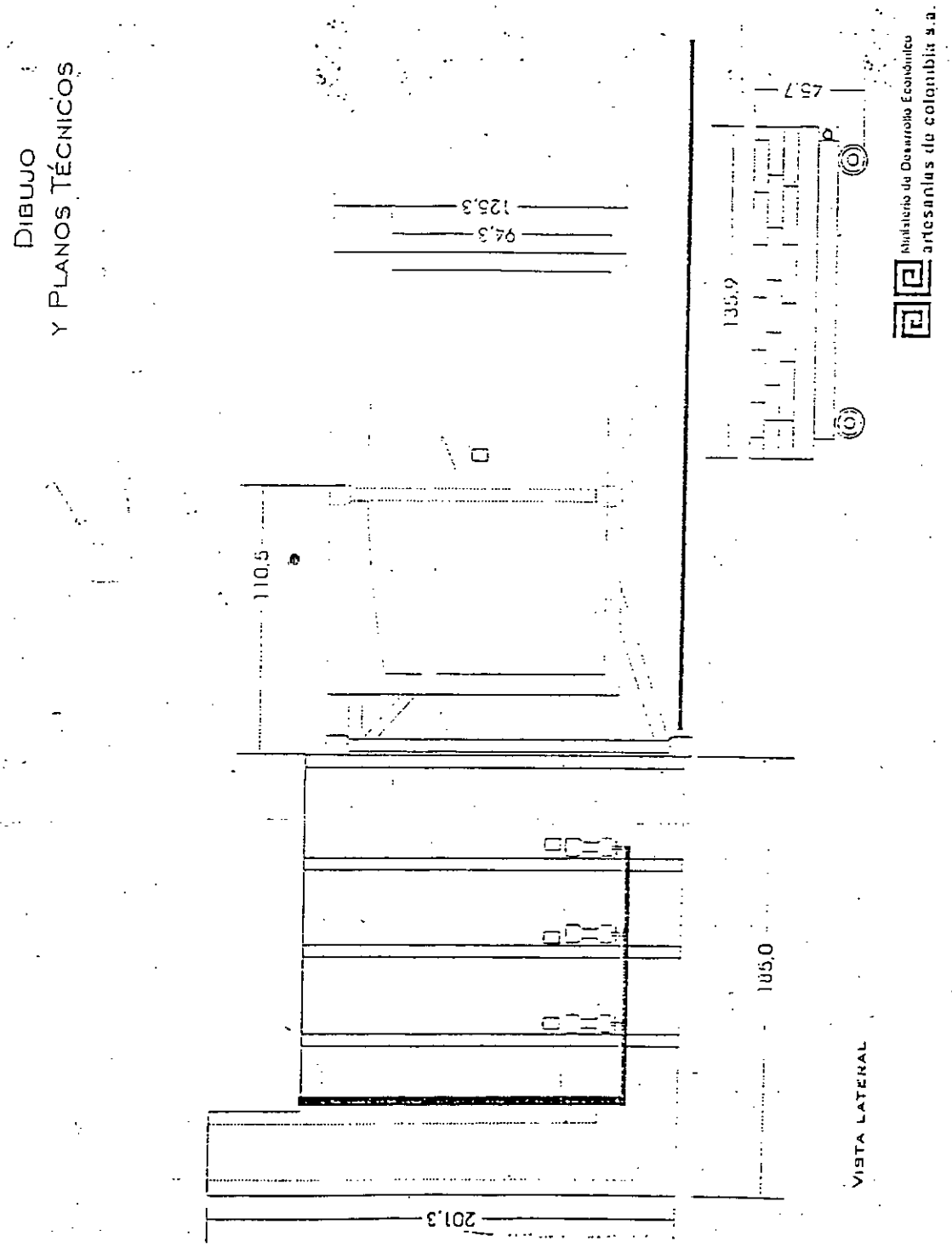



Figura D.3. Plano técnico 3