UNIVERSIDAD INTERNACIONAL DEL ECUADOR

FACULTAD DE ARQUITECTURA Y DISEÑO

TESIS DE GRADO PARA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO EN DISEÑO INDUSTRIAL

GUÍA DEL PROCESO INDUSTRIAL PARA LA FABRICACIÓN DE BALDOSAS CERÁMICAS

MARTÍN PEDRO ABAD JARAMILLO

ARQ. TATIANA TROKHIMTCHOUK

SEPTIEMBRE 2013

LOJA - ECUADOR

Resumen

La presente investigación, compuesta de seis capítulos, describe los más importantes fundamentos para la fabricación industrial de baldosas cerámicas, organizando cada una de las partes de este proceso en una guía totalmente explicativa y completa. Como primer punto, se expuso la historia y evolución de estos elementos, desde las primeras civilizaciones hasta nuestros días; las definiciones y clasificaciones de la baldosa cerámica según las Normas ISO 13006/10545[1] y una descripción de las principales materias primas requeridas para su elaboración.

Se investigaron datos relevantes acerca de la geografía económica de la provincia de Loja y se analizaron los reportes acerca de las fuentes de materia prima existentes en la región, según estudios realizados por el Instituto Nacional de Investigación Geológico Minero Metalúrgico (INIGEMM) y la Agencia de Regulación y Control Minero (ARCOM) Región 7. A partir de estos datos, se analizaron estadísticas generales sobre la situación de la producción minera y manufacturera del país y región sur; y, la realidad económica, industrial y productiva del sector cerámico de acuerdo a lo publicado por el Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC) e investigaciones realizadas por la Escuela Politécnica Nacional de Quito y la Universidad Politécnica del Litoral.

Se describieron las principales familias de baldosas cerámicas y se explicaron paso a paso los procesos para su fabricación. Así también, se determinaron las fases del proceso productivo en planta, capacidad de producción, requerimientos básicos, maquinaria y una definición del perfil laboral de los trabajadores; elementos que conforman el diseño esquemático de una producción cerámica industrializada.

A partir de las normativas dictaminadas por el Ministerio de Energía y Minas, Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN), Grupo del Banco Mundial, entre otras, en la parte final de este documento se definió el marco institucional, ambiental y de calidad de producto, en el que debería estar siempre enmarcada una producción cerámica responsable.

[1] Normas ISO 13006/10545. Normativa de calidad específica para baldosas cerámicas basada en la Clasificación Industrial Internacional Uniforme

Abstract

This research project composed of six chapters, describes the most important fundaments of ceramic tiles industrial manufacturing, organazing each part of this porcess, in a totally explanatory an complete guide. First, history and evolution of this elements since the firsts civilizations to our days; definitions and clasifications of ceramic tiles acording to 13006/10545 norms, and a description of the required raw material for their elaboration have been explained.

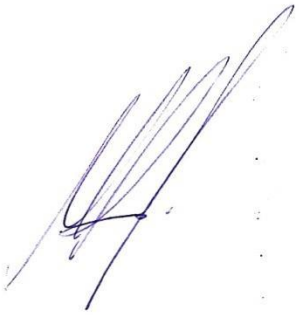
Relevant data about economic geography of Loja province and reports about existing raw materials in the region, acording to Instituto Nacional de Investigación Geologico Minero (INIGEMM) and Agencia de Regulación y Control Minero (ARCOM) Región 7, have been reserched. Based on this data, overall stadistics about mining and manufacturing of the country and south region, and economic and productive reality of ceramic industry acording to Instituto Nacional de Estadisticas y Censos (INEC) and a research made by Escuela Politécnica Nacional de Quito and Universidad Politécnica del Litoral were analized.

Main ceramic tile families have been described and their manufacturing process expalained step by step. Productive porcess in plant, production capability, basic requirments, machinery and job profile definition of workers were defined; all of them, elements that compound the schematic design of an industrialized ceramic production.

Based on the norms dictated by Minesterio de Energia y Minas, Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN), Grupo del Banco Mundial, among others, the final part of this document defines the institutional, enviromental and product quality requiriments in wich a responsable ceramic production should always be framed.

Yo, Martín Pedro Abad Jaramillo, declaro bajo juramento, que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido presentado anteriormente para ningún grado o calificación profesional y que se ha consultado la bibliografía detallada.

Cedo mis derechos de propiedad intelectual a la Universidad Internacional del Ecuador, para que sea publicado y divulgado en internet, según lo establecido en la Ley de Propiedad Intelectual, reglamento y leyes.



Firma

Yo, Tatiana Trokhimtchouk, certifico que conozco al autor del presente trabajo siendo el responsable exclusivo tanto de su originalidad y autenticidad, como de su contenido.

Firma

Este trabajo está dedicado a mis padres y hermanos quienes con su apoyo incondicional, me ayudaron desde el comienzo de mi carrera universitaria hasta este momento en el que presento mi trabajo de investigación final.

Índice de contenidos

Introducción 14

Metodología 15

Fundamentación teórica 17

1 Baldosa cerámica 19

1.1 Generalidades 19

1.2 Definición 19

1.3 Historia de las baldosas cerámicas 20

1.3.1 Los primeros recubrimientos cerámicos 21

1.3.2 Mesopotamia 22

1.3.3 La llegada al occidente 22

1.3.4 Arte mudéjar 22

1.3.5 Expansión de la baldosa cerámica 23

1.3.6 La era Industrial 24

1.3.7 La industria moderna 26

1.4 Definiciones técnicas y clasificación 27

1.4.1 Clasificación derivada del proceso de fabricación 29

1.4.2 Clasificación comercial 33

1.5 Materia prima 34

1.5.1 El origen de las arcillas 35

1.5.2 Clasificación de las arcillas. 36

1.5.3 Propiedades físicas y químicas de las arcillas 37

1.5.4 Arcillas y pastas para cerámica 41

1.5.5 Aditivos cerámicos 42

1.5.6 Estructura de los materiales cerámicos 44

1.5.7 Propiedades de los materiales cerámicos industriales 45

2 Geografía económica de Loja y su provincia. 48

2.1 Antecedentes. 48

2.2 Características 49

2.3 Geología 49

2.4 Economía de la región 49

2.5 Industria 50
2.6 Pequeña Industria 50
3 Recursos minerales 52
3.1 Minerales no metálicos en el Ecuador y la región sur. 52
3.2 Potencialidad mineral de la provincia de Loja 52
3.3 Geología económica de la provincia 54
3.3.1 Minerales Metálicos 54
3.3.2 Minerales no metálicos 55
3.3.3 Catastro minero de la provincia de Loja 57
3.3.4 Significancia de la minería 58
3.3.5 Un análisis de interés 60
3.4 Minería y manufactura en el Ecuador 63
3.4.1 Número de establecimientos 64
3.4.2 Producción 64
3.4.3 Otros datos de interés 65
3.5 Principales actividades económicas del cantón Loja. 65
3.6 El sector cerámico 67
3.6.1 Cerámica blanca y roja 69
3.6.2 Productos de cerámica blanca y roja 70
3.6.3 Sobre el sector cerámico en la ciudad de Loja 71
4 Introducción al proceso industrial de fabricación de baldosas cerámicas 73
4.1 Descripción general. 73
4.2 Extracción de arcillas. 73
4.3 Formulación de pastas cerámicas 75
4.4 Procesos 78
4.4.1 Esquemas de proceso en las principales familias de baldosas 79
4.5 Preparación de materia prima para el proceso 87
4.5.1 Dosificación de materias primas 87
4.5.2 Preparación de la pasta 87
4.6 Molienda por vía seca / humectación 88
4.6.1 Amasado y humectación 89
4.6.2 Conformado de piezas por vía seca (extrusión) 89

4.7 Molienda por vía húmeda 89
4.7.1 Secado por atomización 91
4.7.2 Prensado 95
4.7.3 Determinación del tipo de molienda adecuado 98
4.8 Secado 100
4.8.1 Secadero horizontal 102
4.8.2 Secadero vertical 102
4.8.3 Ventajas e inconvenientes 103
4.9 Preparación de esmaltes 104
4.9.1 Esmaltes, fritas y engobes 105
4.9.2 Fritas: naturaleza, ventajas, composición y fabricación 108
4.9.3 Engobes 112
4.10 Diseño de baldosas 113
4.10.1 Comité de producto 114
4.10.2 Comité de producción 115
4.10.3 El estudio de diseño 115
4.10.4 Proceso digital 115
4.10.5 Simulación grafica de producto 116
4.10.6 Proceso serigráfico 118
4.11 Técnicas de esmaltado y decoración 125
4.11.1 Técnicas de esmaltado 125
4.11.2 Ventajas e Inconvenientes 127
4.11.3 Técnicas de decoración 128
4.11.4 Ventajas e inconvenientes 133
4.12 Cocción 137
4.12.1 Tipos de cocción 137
4.12.2 Hornos 138
4.12.3 Etapa de precalentamiento 139
4.12.4 Etapa de cocción 140
4.12.5 Etapa de enfriamiento 141
4.13 Tratamientos adicionales 143
4.14 Clasificación y embalaje 143

5 Diseño de la producción. 146
5.1 Producción industrializada. 146
5.2 Proceso Keramos. 146
5.3 Fases del proceso productivo en planta 147
5.4 Capacidad de producción 157
5.5 Esquema en planta y requerimientos básicos 159
5.6 Generación de sectores ocupacionales en base a las fases del proceso productivo 162
5.7 Marco institucional referente a la extracción de materia prima 163
5.7.1 Fases de la actividad minera 163
5.8 Marco institucional referente a la gestión ambiental en la producción 166
5.8.1 Emisiones a la atmósfera 167
5.8.2 Aguas residuales de procesos industriales 172
5.8.3 Residuos sólidos 172
5.8.4 Esquema para diferentes tecnologías de depuración 173
5.8.5 Sistemas de depuración de emisiones de material particulado a través de focos canalizados 174
5.8.6 Sistemas de depuración para emisiones de gases 176
5.8.7 Tratamiento de efluentes líquidos 176
5.9 Marco institucional referente a la calidad de producto 178
5.9.1 Normativas para la elaboración de baldosas cerámicas (Normas UNE EN ISO) 178
5.10 Norma Técnica Ecuatoriana (NTE INEN) para productos definidos como baldosas cerámicas. 180
5.10.1 NTE INEN 644: Definiciones, clasificación y características 181
5.10.2 NTE INEN 650: Determinación de las dimensiones y calidad superficial 186
5.10.3 NTE INEN 651: Determinación de la absorción de agua, porosidad aparente, densidad relativa aparente y densidad total 189
5.10.4 NTE IENE 652: Determinación del módulo de rotura y la resistencia a la rotura. 190
5.10.5 NTE INEN 2189: Determinación de resistencia a la abrasión profunda de todas las baldosas cerámicas sin esmaltado usadas para cubrir pisos 191
5.10.6 NTE INEN 2190: Determinación de resistencia a la abrasión superficial de baldosas esmaltadas 192
5.10.7 NTE INEN 2195: Determinación del coeficiente de fricción 194

5.10.8 NTE INEN 647: Determinación de la resistencia al cuarteado de baldosas esmaltadas 198
5.10.9 NTE INEN 2194: Determinación de la resistencia a la helada 200
5.10.10 NTE INEN 2192: Determinación de la resistencia al choque térmico 200
5.10.11 NTE INEN 2193: Determinación de la expansión por humedad 200
5.10.12 NTE INEN 2191: Determinación de la dilatación térmica lineal 201
5.10.13 NTE INEN 2199: Determinación de pequeñas diferencias de color 201
5.10.14 NTE INEN 2188: Determinación de la resistencia al impacto 202
5.10.15 NTE INEN 648: Determinación de la resistencia a los agentes químicos 203
5.10.16 NTE INEN 2196: Determinación del desprendimiento de plomo y cadmio en baldosa esmaltada 204
5.10.17 NTE INEN 2198: Determinación de la resistencia a las manchas 205
5.10.18 NTE INEN 654: Requisitos de aceptación 205
6 Conclusiones y recomendaciones 209
6.1 Conclusiones. 209
6.2 Recomendaciones 210
Bibliografía 211
Anexo A Clasificación de las baldosas cerámicas derivada del proceso de fabricación 213
Anexo B Clasificación comercial de las baldosas cerámicas 214
Anexo C Principales productos cerámicos y temperatura de cocción aproximada 215
Anexo D Principales productos cerámicos y materia prima mayormente utilizada 216
Anexo E Principales fábricas productoras de cerámicos de acuerdo a la CIIU en el Ecuador 217
Anexo F Ocupaciones derivadas del proceso de fabricación diseñado 218
Anexo G Ejemplo de formulario para la aplicación de las normativas de calidad INEN en un gres porcelánico 221

Índice de tablas

Tabla 1 Grupos por absorción de agua. 29
Tabla 2 Tipos de materiales cerámicos de acuerdo a su porosidad 47
Tabla 3 Minerales metálicos en la provincia de Loja. 55
Tabla 4 Reservas de arcilla 56
Tabla 5 Reservas de carbonatos 56
Tabla 6 Reservas de yeso 56
Tabla 7 Reservas de rocas ornamentales y semipreciosas 57
Tabla 8 Reservas minerales de acuerdo al catastro minero 58
Tabla 9 Catastro de concesiones mineras en la provincia 60
Tabla 10 Perfil económico del cantón Loja 66
Tabla 11 Numero y porcentaje de industrias cerámicas en el país 67
Tabla 12 Numero y porcentaje de industrias cerámicas por provincia 68
Tabla 13 Numero, porcentaje y tipo de industrias cerámicas. 68
Tabla 14 Industrias de cerámica blanca y roja en el país 69
Tabla 15 Productos fabricados en cerámica blanca y roja 70
Tabla 16 Formulaciones típicas en las principales familias de baldosas 77
Tabla 17 Humedad, presión y densidad aparente en baldosas prensadas. 96
Tabla 18 materia prima típica en los esmaltes cerámicos 106
Tabla 19 Técnicas de esmaltado y decoración. 125
Tabla 20 Características de las fases del proceso de fabricación 149
Tabla 21 Secuencia de trabajo en las fases del proceso 151
Tabla 22 Fase 1 Control de materias primas 151
Tabla 23 Fase 2 Mezcla, molienda y atomización 152
Tabla 24 Fase 3 Conformado de piezas 153
Tabla 25 Fase 4 Secado de piezas 154
Tabla 26 Fase 5 Preparación de esmaltes 155
Tabla 27 Fase 6 Esmaltado y decoración 156
Tabla 28 Fase 7 Cocción 156
Tabla 29 Formato de los principales tipos de baldosas cerámicas 158
Tabla 30 Requerimientos de maquinaria en las diferentes partes del proceso 159
Tabla 31 Requerimientos de maquinaria en las diferentes partes del proceso (parte 2) 160
Tabla 32 Requerimientos para el laboratorio de pruebas 161
Tabla 33 Utilidades para requeridas para el proceso 161
Tabla 34 Mano de obra requerida 162
Tabla 35 Materia prima utilizada por día en una producción de 6000m^2 Elaborado por autor 162
Tabla 36 Tecnologías de depuración de los diferentes focos contaminantes 174
Tabla 37 Grupos de baldosas cerámicas de acuerdo al tipo de fabricación y absorción. 184
Tabla 38 Normativas a cumplir para los diferentes tipos de baldosas cerámicas. 185

Índice de ilustraciones

ILUSTRACIÓN 1 MURAL QUE DESCRIBE LA ELABORACIÓN DE BALDOSAS CERÁMICAS EN EL ANTIGUO EGIPTO. ... 21
ILUSTRACIÓN 2 MATERIA PRIMA CERÁMICA ... 34
ILUSTRACIÓN 3 EL ORIGEN DE LA CERÁMICA. ... 35
ILUSTRACIÓN 4 COMPARACIÓN DE PLASTICIDAD EN DIFERENTES ARCILLAS. ... 38
ILUSTRACIÓN 5 FASES DE ENCOGIMIENTO EN LAS ARCILLAS ... 40
ILUSTRACIÓN 6 NIVELES DE POROSIDAD EN ARCILLA. ... 46
ILUSTRACIÓN 7 RESULTADOS NEGATIVOS EN PRUEBAS DE SINTERIZACIÓN DE ARCILLAS ... 62
ILUSTRACIÓN 8 RESULTADOS POSITIVOS EN PRUEBAS DE SINTERIZACIÓN DE ARCILLAS ... 62
ILUSTRACIÓN 9 DEPURACIÓN DE LAS ARCILLAS ... 74
ILUSTRACIÓN 10 SILOS DE MATERIAS PRIMAS ... 75
ILUSTRACIÓN 11 PESAJE Y DOSIFICACIÓN EN PRUEBAS PARA FORMULACIÓN DE SOPORTE CERÁMICO ... 76
ILUSTRACIÓN 12 ESQUEMA DE FABRICACIÓN DE AZULEJOS Y GRES ESMALTADO ... 82
ILUSTRACIÓN 13 ESQUEMA DE FABRICACIÓN DEL GRES PORCELÁNICO ... 84
ILUSTRACIÓN 14 ESQUEMA DEL PROCESO DE FABRICACIÓN DEL GRES RÚSTICO ... 86
ILUSTRACIÓN 15 DOSIFICACIÓN Y PESAJE DE MATERIAS PRIMAS ... 87
ILUSTRACIÓN 16 MOLINOS DE BOLAS PARA FABRICACIÓN DE SOPORTE CERÁMICO ... 90
ILUSTRACIÓN 17 INTERIOR DE UN MOLINO DE BOLAS ... 90
ILUSTRACIÓN 18 SALIDA DE LA ARCILLA MOLTURADA (BARBOTINA) ... 91
ILUSTRACIÓN 19 ESQUEMA DE SECADO POR ATOMIZACIÓN ... 93
ILUSTRACIÓN 20 INTERIOR DE UN ATOMIZADOR (CORONA EXPULSANDO LA BARBOTINA A PRESIÓN) ... 93
ILUSTRACIÓN 21 BARBOTINA CONVERTIDA EN POLVO CERÁMICO LUEGO DEL PROCESO DE ATOMIZACIÓN ... 94
ILUSTRACIÓN 22. SILOS DE ALMACENAMIENTO DE POLVO ATOMIZADO ... 94
ILUSTRACIÓN 23 PRENSA HIDRÁULICA PAR POLVO ATOMIZADO ... 95
ILUSTRACIÓN 24. ENTRADA DEL POLVO ATOMIZADO EN LA PRENSA ... 96
ILUSTRACIÓN 25 COMPRESIÓN Y MOLDEO POLVO ATOMIZADO ... 97
ILUSTRACIÓN 26 SALIDA DE LAS BALDOSAS CONFORMADAS ... 97
ILUSTRACIÓN 27. EJEMPLO DE DIFERENTES GRANULOMETRÍAS LUEGO DEL PRENSADO ... 98
ILUSTRACIÓN 28 SECADERO HORIZONTAL ... 101
ILUSTRACIÓN 29 ENTRADA DE BALDOSAS EN SECADERO HORIZONTAL ... 102
ILUSTRACIÓN 30 SECADEROS VERTICALES ... 103
ILUSTRACIÓN 31 MOLINOS DE BOLAS PEQUEÑOS PARA ESMALTES ... 107
ILUSTRACIÓN 32 BALSAS AGITADORAS DE ESMALTES ... 107
ILUSTRACIÓN 33 FRITA CRISTALIZADA ... 108
ILUSTRACIÓN 34 ESQUEMA DEL PROCESO DE FABRICACIÓN DE FRITAS ... 110
ILUSTRACIÓN 35 ENFRIAMIENTO DE FRITA CON AGUA. ... 111
ILUSTRACIÓN 36 BALDOSA ENGOBADA Y ESMALTADA ... 113
ILUSTRACIÓN 37 BALDOSA ÚNICAMENTE ESMALTADA ... 113
ILUSTRACIÓN 38 DISEÑO DE BALDOSA CERÁMICA CON MOTIVO FLORAL Y DETALLES DE ORO A TERCER FUEGO 114
ILUSTRACIÓN 39 SEPARACIÓN DE CANALES QUE SIMULAN LOS DIFERENTES COLORES ... 116

ILUSTRACIÓN 40 IMPRESIÓN DE CROMALINES 117
ILUSTRACIÓN 41 DETALLE DE COLORES GUÍA EN CROMALINES PARA PRUEBAS EN LABORATORIO 117
ILUSTRACIÓN 42 DIFERENTES GRADOS DE PUNTOS EN UN FOTOLITO 119
ILUSTRACIÓN 43 PANTALLAS SERIGRÁFICAS IMPRESAS CON MOTIVOS PARA BALDOSAS 120
ILUSTRACIÓN 44 PIGMENTOS CERÁMICOS. 122
ILUSTRACIÓN 45 PRUEBA DE SERIGRAFÍA EN BALDOSAS DENTRO DE LABORATORIO 123
ILUSTRACIÓN 46 APLICACIÓN DE ESMALTE EN PRUEBAS 124
ILUSTRACIÓN 47 BALDOSA LISTA PARA QUEMA EN HORNO DE PRUEBAS 124
ILUSTRACIÓN 48 ESMALTADO A CORTINA SISTEMA DE CAMPANA 126
ILUSTRACIÓN 49 ESMALTADO POR PULVERIZACIÓN 127
ILUSTRACIÓN 50 MAQUINA SERIGRÁFICA 130
ILUSTRACIÓN 51 DECORACIÓN POR HUECOGRABADO 131
ILUSTRACIÓN 52 DECORACIÓN DE BALDOSAS POR FLEXOGRAFÍA 132
ILUSTRACIÓN 53 DECORACIÓN DE BALDOSAS POR IMPRESIÓN LÁSER 132
ILUSTRACIÓN 54 HORNOS MONOESTRATO DE RODILLOS 137
ILUSTRACIÓN 55 ENTRADA DE BALDOSAS AL HORNO POR MEDIO DE RODILLOS REFRACTARIOS GIRATORIOS 138
ILUSTRACIÓN 56 ESQUEMA DEL PROCESO DE COCCIÓN 140
ILUSTRACIÓN 57 SALIDA DEL HORNO DE BALDOSAS ESMALTADAS 142
ILUSTRACIÓN 58 CLASIFICACIÓN MANUAL DE BALDOSAS A LA SALIDA DE LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN 144
ILUSTRACIÓN 59 PALETIZADO DE PRODUCTO 144
ILUSTRACIÓN 60 LOGO DEL PROCESO INDUSTRIAL DISEÑADO KERAMOS 147
ILUSTRACIÓN 61 DESCRIPCIÓN DE LAS DIMENSIONES DE BALDOSA CERÁMICA SEGÚN LA NORMA. 182
ILUSTRACIÓN 62 RECTITUD DE LOS LADOS 186
ILUSTRACIÓN 63 DESVIACIÓN DE LA RECTANGULARIDAD 187
ILUSTRACIÓN 64 CURVATURA DEL CENTRO 187
ILUSTRACIÓN 65 CURVATURA DEL BORDE 188
ILUSTRACIÓN 66 ALABEO 188
ILUSTRACIÓN 67 APARATO PARA MEDIR MÓDULO DE ROTURA 191
ILUSTRACIÓN 68 SECCIÓN DE APARATO DE MÓDULO DE ROTURA 191
ILUSTRACIÓN 69 ESQUEMA DEL EQUIPO DE ABRASIÓN PROFUNDA 192
ILUSTRACIÓN 70 EQUIPO DE ABRASIÓN SUPERFICIAL 193
ILUSTRACIÓN 71 CORTE EQUIPO DE ABRASIÓN SUPERFICIAL 194
ILUSTRACIÓN 72 MÉTODO A DESLIZADOR DINÁMICO 195
ILUSTRACIÓN 73 MÉTODO A2 DESLIZADOR DINÁMICO 196
ILUSTRACIÓN 74 MÉTODO A3 DESLIZADOR DINÁMICO 196
ILUSTRACIÓN 75 MÉTODO B DESLIZADOR ESTÁTICO 197
ILUSTRACIÓN 76 MÉTODO C PLATAFORMA INCLINADA 198
ILUSTRACIÓN 77 EJEMPLOS DE CUARTEADOS 199
ILUSTRACIÓN 78 APARATO PARA DESCARGAR LA BOLA 203
ILUSTRACIÓN 79 MÉTODO CONVENIENTE PARA CUBRIR LAS BALDOSAS DURANTE EL ENSAYO 205

Introducción

El sector industrial lojano se ha visto estancado desde hace muchos años debido a una escasa inversión y generación de nuevos emprendimientos por parte de los diversos sectores de manufactura; en términos generales, la mayor parte de la ciudadanía no está consciente de lo mucho que un parque industrial deprimido contribuye al desempleo y a la relativamente pobre economía de la ciudad. La gran mayoría de la generación de ingresos en la región se concentra en establecimientos dedicados a actividades comerciales y servicios; además, lo poco que se produce a nivel industrial está destinado a actividades como la fabricación de prendas de vestir, muebles, alimentos, etc.

La idea detrás de esta guía es precisamente, que la escasa instrucción de los jóvenes profesionales en cuanto a manufactura de productos cerámicos, y la falta de manuales técnicos que expliquen estos procesos, hacen que se vean desorientados con respecto a las oportunidades que su propia región ofrece.

Es posible entonces, que al introducir las bases del conocimiento de la industrialización de baldosas cerámicas, podamos abrir las puertas a una nueva industria, descubrir los recursos que la ciudad de Loja y su provincia poseen, y así tengamos la capacidad de crear nuevos emprendimientos que puedan potencializar el desarrollo de un limitado sector cerámico.

La guía, está orientada al conocimiento, formación, y mejora de la calidad en el conjunto de los elementos que componen este proceso, facilitando la toma de decisiones de estudiantes y profesionales del sector, al poner a su alcance los fundamentos básicos, y avances de la normalización en la tecnología de la industria, tanto en materiales como en los sistemas de producción.

Metodología

Debido a la naturaleza de la problemática en cuestión, se ha optado por realizar una investigación de carácter **exploratorio,** así como una detallada **observación de campo y observación participante.**

Según lo expuesto en el libro Metodología de la Investigación Científica[2] de Roberto Hernández Sampieri, Carlos Fernández Collado y Pilar Baptista Lucio; los estudios exploratorios se efectúan, normalmente, cuando el objetivo es examinar un tema o problema de investigación poco estudiado o que no ha sido abordado antes, como lo es el tema de la fabricación de baldosas cerámicas, ya que es un proceso poco estudiado o por lo menos escasamente publicado en guías o textos instructivos en nuestro medio.

Como primer punto se estableció un cronograma de trabajo para la investigación y se determinaron las fuentes de información que servirían para fundamentar las bases del conocimiento del proceso de producción.

Se estudiaron teorías reconocidas y aceptadas por fabricantes a nivel mundial según las normativas dadas por los organismos competentes, y se estableció una base de datos con información referente al objeto de estudio.

Con la información obtenida, y siempre de lo general a lo particular, se dio inicio a un proceso de consecución de los objetivos presentados; propuesta que fue de la mano con la validación de las hipótesis planteadas. Así, con la finalidad de conocer más a fondo el objeto de estudio y poniendo en práctica la experiencia adquirida en los últimos años, al conocer de cerca industrias cerámicas, y la factibilidad de ingresar para obtener el debido soporte técnico dentro de las plantas, se realizó una observación de campo y participante, la cual permitió conocer desde el interior, el proceso en cuestión.

Contrastando los datos estadísticos existentes acerca del sector cerámico en el Ecuador y la provincia de Loja, con los conocimientos adquiridos dentro de las plantas, se pudo determinar la realidad económica y productiva del sector industrial lojano, utilizando como guía los dígitos de la Clasificación Industrial Internacional Uniforme correspondientes al sector de manufactura de baldosas cerámicas.

[2] (Hernandez Sampieri, Fernandez Collado, & Baptista Lucio, 1990)

Una vez establecido el marco regional del sector productivo cerámico se detallaron las partes que conforman el proceso de fabricación, se diseñó el esquema organizacional completo para su funcionamiento, y se elaboraron los planos esquemáticos de la producción en planta y maquinaria principal.

Por último, se investigaron las normativas que deben ser cumplidas para una producción de baldosas en cuanto a la extracción de materia prima, efectos en el medio ambiente y normas de calidad que respalden la factibilidad de emprender en un cualquier proyecto de estas características.

Fundamentación teórica

Para la elaboración de este trabajo se han tomado en cuenta los siguientes conceptos:

Definiciones técnicas y clasificaciones.

Las definiciones y clasificaciones hacen referencia a diferentes grupos y subgrupos dentro de las diferentes familias de baldosas cerámicas, esta diferenciación da como resultado variaciones dentro del proceso, además, orientan al fabricante para que el producto pueda calificar dentro de su correspondiente categoría y cumplir con las normativas para su posterior comercialización.

Materia prima cerámica.

La materia prima en esencia, conforma la base de cualquier producto cerámico, estas materias primas son en su mayoría arcillas y silicatos de diversos tipos y coloración, las cuales son utilizadas para conformar el soporte de las baldosas, así como también elaborar los diferentes pigmentos y esmaltes para la decoración.

Geografía económica y recursos minerales.

Comprende datos estadísticos que nos permiten analizar la realidad económica y productiva del país y provincia de Loja; y, nos permiten tener un panorama completo de la cantidad de recursos que posee la zona, en especial minerales no metálicos.

Clasificación Industrial Internacional Uniforme.

La Clasificación Industrial Internacional Uniforme de todas las actividades económicas (CIIU) es la clasificación internacional de referencia para las actividades económicas productivas. Su principal finalidad es facilitar un conjunto de categorías de actividad, que pueda utilizarse para la elaboración de estadísticas.

CIIU Sección C - explotación de minas y canteras: La explotación de minas y canteras abarca la extracción de minerales que se encuentran en la naturaleza en estado sólido (carbón y otros minerales), líquido (petróleo crudo) o gaseoso (gas natural). Su extracción se realiza en minas subterráneas, a cielo abierto o mediante pozos.

CIIU Sección D - Industria manufacturera: Se entiende por industria manufacturera actividades de las unidades que se dedican a la transformación física y química de materiales, sustancias o componentes en productos nuevos. Los materiales, sustancias o componentes transformados son materias primas procedentes de la agricultura, ganadería, silvicultura, pesca y la explotación de minas y canteras, así como de otras actividades manufactureras.

Estadísticas sobre minería y manufactura.

El Instituto nacional de estadísticas y censos INEC pone a disposición de la ciudadanía en general, publicaciones que contienen datos estadísticos que nos permiten conocer en detalle la situación económica de un determinado sector. Para la presente investigación se utilizaron cifras correspondientes al tomo II de minería y manufactura, gracias a estos números se pudo identificar la realidad económica actual de la provincia de Loja.

1 Baldosa cerámica

1.1 Generalidades

A pesar de ser una actividad muy antigua, el principio para la elaboración de la cerámica es el mismo hasta nuestros días, la diferencia radica únicamente en la rapidez que las máquinas modernas nos pueden proporcionar. No podemos saber cuándo el hombre descubrió por primera vez que al moldear la pasta de arcilla y someterla a la acción del fuego se convertía en un material duro, o cómo descubrió que mediante el uso de pigmentos y sílices podía decorarla y darle un acabado vitrificado; solo podemos decir que desde la época de los antiguos egipcios estos fundamentos siguen siendo la base de la industria cerámica moderna.

Son muchas y muy variadas las aplicaciones que los materiales cerámicos nos brindan en general; desde la elaboración de rústicas vasijas de barro cocido, hasta piezas y componentes necesarios para realizar viajes al espacio. Una de estas variantes, quizás la más significativa dentro del sector de la construcción, es la ***baldosa cerámica***, un elemento que puede ir desde lo funcional a lo meramente decorativo, y que en cualquiera de los casos, nos brinda la posibilidad de desenvolvernos de manera adecuada en nuestras actividades cotidianas a todo nivel, permitiendo un mejor tránsito, limpieza, impermeabilidad, así como también color, textura y belleza en los espacios que habitamos.

1.2 Definición

Las baldosas cerámicas son productos obtenidos a partir de arcillas naturales y otros componentes minerales, a veces con aditivos de diferente naturaleza, que tras un proceso de modelado (dar forma), se someten a operaciones de secado, aplicación de esmaltes y decoraciones, así como otros tratamientos, para desembocar en uno o varios procesos de cocción que confieren el estado final y, en consecuencia, las propiedades técnicas y estéticas.[3]

Por su geometría, al ser placas de poco grosor y dimensiones más o menos regulares, se utilizan para el revestimiento de suelos y paredes. Son productos ligados a la arquitectura que deben considerarse como semielaborados del sector de la construcción,

[3] (PROALSO, 2007)

que alcanzan la categoría de producto acabado cuando ya están colocados en el suelo o en la pared.

Como placa de una gran superficie vista respecto al grosor, ha permitido desde tiempos remotos constituirse en soporte de tratamientos de diferente naturaleza para embellecer esa superficie, impermeabilizarla y obtener diferentes resultados en cuanto a diseño gráfico y color.

Al partir de un elemento plástico como es la arcilla mezclada con agua, la baldosa cerámica puede modelarse en relieve alcanzando con ello la tridimensionalidad, con una propiedad añadida por el efecto óptico que puede generar en función de la incidencia de la luz.

Así pues, la modularidad, la textura hasta el relieve tridimensional y como soporte de tratamiento gráfico y cromático, son las principales propiedades de la baldosa cerámica.

1.3 Historia de las baldosas cerámicas

Los productos cerámicos de aplicación en la arquitectura aparecen con las primeras civilizaciones sedentarias, detrás de la representación figurativa y la cerámica de contenedor. Su evolución va pareja a la consecución de funcionalidad y a su incorporación como elemento decorativo.[4]

En los primeros asentamientos de la humanidad la cerámica está ya presente de alguna forma con la utilización de la arcilla para la construcción rudimentaria de los hornos y muy especialmente, en aquellas civilizaciones que acceden a la metalurgia. Crisoles y picos de fuelle son los productos cerámicos más representativos de la tecnología metalúrgica.

El adobe, como ladrillo de barro, mezclado o no con arena y apelmazantes, será uno de los materiales primigenios de aquellas civilizaciones sedentarias, por su fácil conformación y por sus especificas propiedades de impermeabilidad, aislamiento térmico y reducido coste.

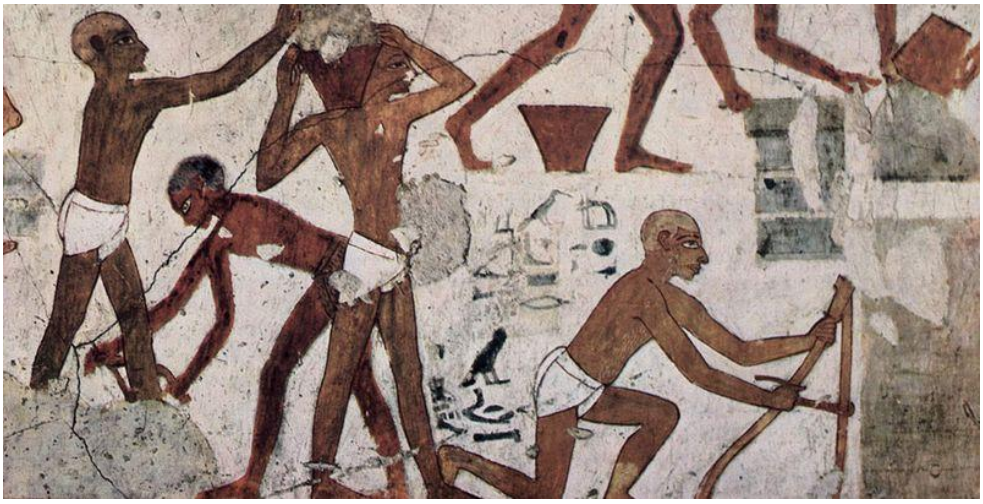
[4] (Instituto de Promoción Cerámica de Castellón (IPC), 2007)

La necesidad de aumentar las prestaciones mecánicas y la perdurabilidad de este material estructural dará paso a la evolución lógica hacia el ladrillo cerámico, cuando se pase del secado natural al sol a una primera cocción a baja temperatura, entre 450 y 500 grados centígrados.

1.3.1 Los primeros recubrimientos cerámicos

Dejando a un lado el extremo oriente y por los restos arqueológicos investigados hasta nuestros días, podemos datar el comienzo de las aplicaciones cerámicas en la arquitectura en el periodo 2600-2000 a.C., en el antiguo Egipto, aunque ya en esta etapa se presupone su extensión a otras áreas del próximo oriente. Precisamente, los egipcios son pioneros en la utilización de recubrimientos cerámicos vidriados, tanto en tumbas reales como en pavimentos suntuarios y dinteles de puertas, a la par que desarrollarán toda una tecnología de la construcción con ladrillo.

Ilustración 1 Mural que describe la elaboración de baldosas cerámicas en el antiguo Egipto.



Fuente (Instituto de Promoción Cerámica de Castellón (IPC), 2007)

Aquellos asentamientos que dispongan de abundantes materias primas (arcillas, agua y vegetación como combustible) y que, por el contrario no posean materiales pétreos de fácil utilización, serán los que más destaquen en la utilización del ladrillo, aunque esta conclusión no puede generalizarse. En cualquier caso, el ladrillo convivirá con el adobe, reservándose el primero para las construcciones de tipo suntuario, defensivo o religioso, aunque extendiéndose con el tiempo a la edificación privada.

1.3.2 Mesopotamia

Las grandes civilizaciones que surgen alrededor de los ríos Tigris y Éufrates (Mesopotamia) constituyen el primer gran bastión de esa función estructural, constatado este hecho por los abundantes restos arqueológicos que han llegado hasta nuestros días. Es aquí precisamente donde se manifiesta la primera transición de la función estructural de la cerámica hacia la función decorativa, apareciendo no solamente la textura superficial sino también una escueta paleta de vidriados que aportan una impermeabilización añadida y cromaticidad a los conjuntos decorativos.

1.3.3 La llegada al occidente

En occidente, las aplicaciones cerámicas en arquitectura se constatan hacia el siglo VIII antes de Cristo, siendo la civilización Etrusca quien incorpore el ladrillo, la teja plana y la terracota, incluso pintada, en la edificación suntuaria y religiosa. Este patrimonio cerámico será desarrollado profusamente por la civilización romana, extendiendo el uso de la cerámica a otras aplicaciones como la conducción de aguas, las cubiertas, la calefacción doméstica, y por supuesto, las aplicaciones en la arquitectura civil. Mas como técnicos que como creadores, los romanos nos legaran unas tipologías constructivas que pervivirán hasta nuestros días, a la par que las primeras estandarizaciones tanto para los tipos de productos cerámicos como para su uso.

Sin embargo, la cerámica arquitectónica vidriada estará ausente en la edificación romana, a pesar de haber conquistado territorios del próximo oriente en los que aquella ya había alcanzado un notable grado de desarrollo. Tal vez la profusa utilización de materiales pétreos de calidad permitirá eludir esta concreta aplicación cerámica.

Con todo, los pavimentos romanos en mosaico, a su vez tomados de la cultura griega, serán el antecedente de los recubrimientos cerámicos posteriores y, sobre todo, configurarían un repertorio formal que será utilizado con profusión en el futuro.

1.3.4 Arte mudéjar

Será la cultura musulmana quien recoja todo el repertorio de usos y productos de cerámica arquitectónica del próximo oriente, también la tecnología de fabricación, a la que agregaran elementos de extremo oriente en su etapa de expansión hacia el Este y, por supuesto, recogerán buena parte del repertorio formal generado en el imperio de

Bizancio, de la cultura griega remanente en Alejandría y una parte del arte y la arquitectura del Norte de África. En buena proporción, la cerámica vidriada estará presente en la arquitectura islámica con una notable significación, formando verdaderos sistemas compositivos y alcanzando un grado de belleza y suntuosidad difícilmente superables en épocas posteriores.

La tecnología cerámica, los vidriados y una nueva concepción del arte de revestir arquitecturas llegarán a Europa precisamente a través de la península Ibérica. La superposición de las dos culturas, la musulmana y la cristiana, dará lugar a una singular expresión artística conocida universalmente como arte mudéjar. En la arquitectura mudéjar, el ladrillo y la cerámica vidriada se funden en una unidad compositiva que no ha sido superada hasta nuestros días.

Hacia el siglo XVI la cerámica, vidriada o no, habrá cubierto prácticamente todas las aplicaciones en arquitectura e interiorismo, desde las estructuras hasta el mobiliario, y creando sistemas que han sido repetidos e imitados hasta la saciedad en etapas posteriores.

Confluyen en ese momento dos tendencias que prefiguran el futuro de las baldosas cerámicas. Por una parte, la incorporación de la plena policromía y la estética renacentista; por otra, la seriación decorativa y la simplificación del repertorio de formatos de la baldosa, imponiéndose el formato cuadrado como módulo fundamental de cualquier recubrimiento cerámico. La elitista decoración policromática introducida por Francisco Niculoso Pisano en la azulejería sevillana y la profusión del azulejo de cuenca o arista, salido de los obradores de Muel, Sevilla y Toledo, son las expresiones más relevantes de esas tendencias, las cuales trascenderán los límites geográficos del Reino de España.

1.3.5 Expansión de la baldosa cerámica

Los centros cerámicos de Portugal, Talavera, Cataluña y Valencia recogerán la antorcha de la innovación e impondrán con el paso del tiempo la azulejería policroma, con decoraciones figurativas y seriadas que constituyen el antecedente de la producción industrial. Este proceso de innovación estética coincide en el tiempo con la expansión de la cerámica arquitectónica otomana, salida especialmente de los obradores de Iznik y también con la difusión relevante del uso de los recubrimientos cerámicos en la edificación residencial neerlandesa, expresión de la calidad de vida de la floreciente

burguesía holandesa. La Península Ibérica, junto con Neerlandia y el Imperio Otomano serán los grandes focos de la producción y utilización de las baldosas cerámicas.

La pervivencia y expansión del uso de la cerámica vidriada en arquitectura e interiorismo están ligadas a los ciclos económicos que, con cierto paralelismo, acontecen tanto en España como en Portugal.

Tras una etapa de declive en el siglo XVII, se inicia un proceso imparable de expansión de la cerámica vidriada, ocupando progresivamente espacios cada vez más diferenciados y modelos cultos innovadores, donde la baldosa cerámica está presente en las grandes solerías, escaleras y en un espacio funcional, pero también convencional que pasara a constituir un elemento constante en la edificación residencial, lo que hoy entendemos como cocina. Paralelamente, las decoraciones figurativas, a caballo entre la obra del autor y la popularización de los modelos cultos, darán paso a una seriación decorativa que simplifica los diseños y agiliza la colocación de las baldosas cerámicas, especialmente en zócalos y solerías. El patrimonio cerámico generado a finales del siglo XVIII no será superado en muchas décadas, hasta que se den los condicionantes que favorezcan la innovación técnica en la fabricación cerámica.

1.3.6 La era Industrial

Con la llegada de la Era industrial se producirá un doble acontecimiento que afectara directamente a la cerámica de aplicación arquitectónica:

- El notable incremento de la edificación, como consecuencia de la explosión demográfica, las migraciones del campo a la ciudad y la propia actividad industrial. Esa edificación urbana e industrial provocara una fuerte demanda de productos cerámicos para la construcción, a su vez motor de la innovación tecnológica en la fabricación cerámica.

- Consecuencia de lo anterior, la proto industria cerámica incorporara nuevos procesos mecanizados para satisfacer esa demanda, tanto desde el punto de vista cuantitativo como cualitativo, a través de la diversificación y especialización de los productos.

Pero a mediados del siglo XIX se superponen otros factores que van a ser cruciales en la expansión de la cerámica vidriada. Por una parte, las corrientes higienistas exigirán

salubridad en la arquitectura civil, especialmente en aquellos espacios en los que se exija fácil limpieza y condiciones especiales por si función de uso; por otra, las clases sociales emergentes protagonizaran un fenómeno social relacionado con el punto anterior y con la ancestral cultura balnearia. Así, la cerámica vidriada, por si funcionalidad y posibilidades de expresión gráfica, cromática y textural, pasara a un primer plano en todo tipo de arquitecturas, desde la residencial suntuaria y la de segunda residencia, hasta la arquitectura pública de servicios e incluso el mobiliario urbano.

Con el paso del tiempo y el abaratamiento de los productos cerámicos, consecuencia misma de los avances de la tecnología de fabricación, los usos de la cerámica en la edificación alcanzaran una dimensión popular como nunca habían tenido en Occidente. El aldabonazo final en este proceso de expansión de los productos cerámicos, especialmente las baldosas vidriadas, vendrá dado desde la arquitectura culta, con los sucesivos movimientos que acontecen en las últimas décadas del siglo XIX y primera del XX. La singular obra de Antoni Gaudí, la Arquitectura Modernista y la Arquitectura regionalista representan la culminación de este proceso. La potencia y significación estética del lenguaje cerámico trasciende en unas décadas a estos movimientos cultos, con una versión popular protagonizada por la arquitectura vernácula y de maestro de obra. Los recubrimientos cerámicos, junto con el pavimento hidráulico, alcanzaran la universalidad.

Con el Racionalismo se inicia el declive en el uso de este producto. Es una cuestión conceptual pero también consecuencia de la transición de una construcción artesanal a otra proto industrializada en la que se sustituyen materiales y se innovan técnicas constructivas. Además, la industria cerámica quedara estancada no solo en la renovación tecnológica sino también en la innovación de productos.

La cerámica vidriada se recluirá en el baño y la cocina y la no vidriada ocupara solamente la parcela restringida de la cerámica estructural, aun con el peligro de ser desbancada por los prefabricados y derivados del cemento. A este declive tampoco es ajena la competencia de otros materiales alternativos que, esencialmente por precio, competirán frontalmente con la cerámica, desde los fibrocementos hasta el pavimento hidráulico y la piedra artificial.

1.3.7 La industria moderna

Desde 1945 hasta mediados de la década de los años 80, la industria cerámica experimentara notables transformaciones tecnológicas que llevaran primero a la recuperación de la competitividad, y posibilitaran después la innovación de la baldosa cerámica, tanto en sus características intrínsecas como en los aspectos formales. Precisamente, esa innovada tecnología de proceso ha permitido recuperar para la cerámica posibilidades de expresión artística que habían quedado relegadas a una residual producción artesanal. Por otra parte, la mejora de la calidad técnica ha permitido recuperar o proponer nuevas aplicaciones, en las que los recubrimientos cerámicos son una opción interesante bajo los aspectos funcionales, estéticos y económicos.

Hoy en día nos encontramos con una oferta cualificada de recubrimientos cerámicos, con prestaciones acordes a la función de uso, que pueden aspirar a revestir espacios residenciales, en igualdad de condiciones técnicas y económicas a productos alternativos del mismo uso, con valor añadido de sus inimitables propiedades de expresión gráfica, cromática y textural. Esta positiva evolución de la baldosa cerámica ha venido acompañada, desde los años sesenta, de profundas transformaciones en la tecnología de colocación, especialmente con la incorporación de materiales de agarre y rejuntado que permiten un óptimo comportamiento del sistema cerámico sobre los nuevos soportes que la edificación industrializada ha ido incorporando, y bajo las condiciones ambientales y de uso más desfavorables.

En la medida que se ha asegurado la calidad técnica de la baldosa cerámica y la oferta de la industria satisface las necesidades funcionales y estéticas de la arquitectura y el interiorismo, se ha propiciado una nueva proyección que vuelve a contar con el ladrillo y la cerámica vidriada como materiales idóneos.

Precisamente es en aéreas geográficas donde no ha existido una tradición en la utilización de la cerámica vidriada donde estos momentos se da un fenómeno expansivo en la utilización del producto, tanto en proyectos de interiorismo (espacios húmedos lúdicos, restauración, hostelería, rehabilitación de arquitecturas públicas, grandes superficies comerciales, etc.) como en exteriores (fachadas, mobiliario urbano, etc.)

En el contexto de una edificación plenamente industrializada que recurre, cada vez con mayor frecuencia, a los prefabricados y en la que la calidad va unida intrínsecamente a la funcionalidad y estética de los espacios y elementos constructivos, el éxito de la

cerámica en general y de la baldosa en particular depende de si adaptación a esos requerimientos funcionales y estéticos.

Bajo la nueva tecnología de colocación y con las nuevas generaciones de baldosas cerámicas tenemos ya un patrimonio arquitectónico de varias décadas, en el que la cerámica alcanza una significación que enlaza, aun en aéreas geográficas muy distantes, con la arquitectura mediterránea, donde la cerámica ha estado siempre presente. En cierto modo asistimos a un nuevo renacimiento cerámico, ahora de la mano de la última tecnología constructiva.

1.4 Definiciones técnicas y clasificación

Tras la renovación tecnológica que acomete la industria de las baldosas cerámicas, en los primeros años de la década de 1980, se inicia un proceso de cambio en la oferta comercial, traducido en incremento progresivo de la variedad de formatos y en diversidad (técnica y formal) de los productos comercializados.[5]

En la última década del siglo XX se inicia el éxito comercial del *gres porcelánico* y con él la proliferación de una amplia gama de baldosas cerámicas caracterizadas por su baja porosidad o capacidad de absorción de agua (inferior al 0,5 % respecto a la masa de la baldosa seca).

Todo ello va a tener una repercusión directa en la instalación de pavimentos y revestimientos cerámicos pues, esencialmente, el formato de la baldosa y su porosidad va a condicionar la selección de los materiales y la técnica de colocación.

Por otro lado, la diversidad técnica de las baldosas comercializadas obliga a la adopción de criterios para su selección en función de su lugar de destino (pavimento o revestimiento, interior o exterior, condiciones climáticas en exteriores, y tipo e intensidad de tránsito en el caso de pavimentos).

La definición añade sendas notas aclaratorias que amplían:

- Se moldean (conformación) por extrusión (**A**) o prensado (**B**) a temperatura ambiente.

[5] (PROALSO, 2007)

- Tras su secado, se cuecen a temperaturas suficientes para desarrollar sus propiedades.
- Pueden ser esmaltadas (**GL**) o no esmaltadas (**UGL**).
- Son incombustibles e inalterables a la luz.
- A la baldosa totalmente vitrificada, una baldosa con absorción de agua menor al 0,5%, se le llama *porcelánico*.

La norma también define algunos términos que se deben conocer:

Baldosas extrudidas: Para las baldosas moldeadas en estado plástico (barro) mediante una máquina extrusora. La lámina o cinta se corta en piezas de longitud predeterminada. Se designan con la letra **A**.

- En la norma, las baldosas extrudidas A se subdividen en "de precisión" y "naturales", en función de sus características dimensionales.
- Además, según sus características generales, se recogen en dos subgrupos 1 y 2.
- También se citan las baldosas extrudidas dobles (o separables) y las simples

Baldosas prensadas en seco: Para las formadas a partir de una masa reducida a polvo o pequeños granos, en matrices sometidas a alta presión. Se designan con la letra **B**.

Absorción de agua: Es el porcentaje de la masa de agua embebida por la baldosa según un método de ensayo normalizado. Se representa con la letra **E**.

Esmalte: Es una cubierta vitrificada aplicada sobre la cara vista de la baldosa, Así, las baldosas serán esmaltadas (**GL**) o no esmaltadas (**UGL**).

Pulido: Superficie de la baldosa, esmaltada o no esmaltada, a la que se le da un acabado brillante mediante un pulido mecánico después de la cocción.

Grupo de producto: Baldosas cerámicas fabricadas según un tipo de moldeo (conformación): Extrusión (**A**) o prensado en seco (**B**), con una porosidad o absorción de agua situada dentro de un intervalo de valores. Se designan los siguientes grupos en cuanto a la absorción de agua (**E**):

Tabla 1 Grupos por absorción de agua.

Grupo I	Para las baldosas con absorción de agua igual o inferior al 3% [Se representa por **E ≤ 3%**]. A su vez, este grupo **I** se subdivide en: **I_a** para las baldosas con **E ≤ 0,5%** **I_b** para las baldosas con absorción de agua mayor al 0,5% y menor o igual al 3% [Se expresa como **0,5% < E ≤ 3%**]
Grupo II	Para las baldosas con absorción de agua mayor del 3% y menor o igual al 10% [Se expresa como **3% < E ≤ 10%]**. A su vez, también este grupo se subdivide en: **II_a** para las baldosas con **3% < E ≤ 6%** **II_b** para las baldosas con **6% < E ≤ 10%**
Grupo III	Para las baldosas con absorción de agua superior al 10% [Se expresa como **E > 10%**]

Elaborado por autor. Fuente (PROALSO, 2007)

En correspondencia con la oferta comercial, debiéramos identificar:

- Las baldosas de gres porcelánico con el subgrupo I_a
- Las baldosas de gres con el subgrupo I_b
- Las baldosas "porosas" [los azulejos y las baldosas de "tierra cocida" (terracota o "cotto")] con el grupo III

Sin embargo, una parte de los "pavimentos de gres" o baldosas de gres para pavimento pertenecen al subgrupo II_a

Familia en un grupo de producto: Como conjunto de baldosas cerámicas que comparten los mismos niveles en sus características técnicas (idénticos resultados en los ensayos de laboratorio para esas características). Se asocia a las denominaciones de los fabricantes "serie", "línea de producto" o "colección".

1.4.1 Clasificación derivada del proceso de fabricación[6]

Podemos clasificar las baldosas cerámicas en función de una o varias fases del proceso productivo.

[6] (*Ver Anexo A: Clasificación derivada del proceso de fabricación)*

- En función de las materias primas
- En función del modelado
- En función de la cocción
- En función de la aplicación de esmaltes
- En función de tratamientos mecánicos sobre producto acabado
- En función de su destino

1.4.1.1 En función de las materias primas

Baldosas cerámicas de pasta roja: baldosas fabricadas con arcillas que, durante el proceso de cocción, adquieren coloración que va desde el amarillo paja hasta el rojo o marrón intensos, en función del contenido de óxido de hierro y, en menor medida, óxido de manganeso.

Baldosas cerámicas de pasta blanca: baldosas fabricadas a partir de arcillas que no contienen óxidos colorantes en su composición y que, por ello, dan una coloración blanca o blanco grisácea después de la cocción.

Baldosas cerámicas más o menos porosas, en función del contenido de carbonatos de las arcillas que intervienen en la composición y, secundariamente, de los procesos de conformación y de cocción.

Las arcillas *gresificables*, con un muy bajo contenido en carbonatos, permiten la cocción del cuerpo cerámico a temperaturas superiores a los 1.100 º C, siendo determinante para la obtención de productos muy poco o nada porosos (*greses* en general y *gres porcelánico* en particular).

1.4.1.2 En función del modelado

Baldosas extrudidas (A): baldosas obtenidas por procedimiento de moldeo o conformación por el que una pasta plástica (barro de arcilla), normalmente a base de una composición de arcillas, se hace pasar a presión a través de una boquilla, mediante un tornillo sin fin en un eje que gira centralmente dentro de un cilindro de acero, o mediante cuchillas montadas oblicuamente. El conjunto formado por el tornillo sin fin y la boquilla recibe el nombre de extrusora, más popularmente denominada *galletera*.

A las baldosas cerámicas modeladas por extrusión se les denomina baldosas extrudidas. Dentro de este tipo de baldosas tenemos las *baldosas extrudidas dobles,* aquellas que salen de la extrusora en forma de una cinta doble y que, una vez cortadas secadas y cocidas, se separan mediante un golpe para convertirlas en dos baldosas individuales).

Una variante del proceso de extrusión puede considerarse la *laminación* tras la extrusión e incluso con una estación de prensado. El resultado son baldosas que pueden alcanzar dimensiones considerables (200 x 900 mm) y grosores reducidos (4-5 mm).

Baldosas prensadas (B): baldosas consecuencia de adoptar el método de modelado que parte de una composición de arcillas en estado pulverulento o granular, con una distribución estudiada del tamaño del grano y un contenido bajo en humedad (inferior al 7%). El prensado mecánico de este polvo con humedad da como resultado la baldosa prensada. A este proceso de modelado se le llama *prensado en seco* o *semiseco*.

La vibrocompactación (prensado en semiseco o elevada presión) puede considerarse también una variante del prensado para obtener baldosas de gran formato y muy reducido grosor [3000 x 100 x 3 mm].

Baldosas obtenidas por otros métodos de conformación o modelado (C), las obtenidas por conformación en estado plástico del barro (bien manual o mecánica), que es el método habitual de obtener las baldosas de tierra cocida de producción más o menos artesanal o fabricada industrialmente con vocación de rusticidad. El método de prensado en estado plástico también se aplica a molduras y cenefas volumétricas.

Para obtener geometrías muy complejas, se ha recuperado la técnica de colado que consiste en el vertido de una dispersión acuosa de arcillas en unos moldes o placas de yeso. A esta dispersión acuosa de arcillas se le llama ***barbotina***.

1.4.1.3 En función de la cocción

Baldosas de monococción: proceso de fabricación de baldosas cerámicas que solamente incluye un único proceso de cocción, aunque posteriormente puedan recibir otros procesos térmicos para la cocción de decoraciones a baja temperatura (menos de 900 º C).

Baldosas de bicocción: proceso de fabricación de baldosas cerámicas que incluye una primera cocción del soporte o *bizcocho* y una segunda cocción para el esmalte o esmaltes y decoraciones.

Baldosas de tercer fuego: piezas que reciben decoraciones y otros tratamientos superficiales que se someterán a cocciones complementarias por debajo de la temperatura máxima de cocción de la pieza base.

1.4.1.4 En función de la aplicación de esmaltes

Baldosas esmaltadas (GL): baldosas cerámicas revestidas en su cara vista por uno o varios vidriados, también denominados esmaltes.

Baldosas no esmaltadas (UGL): baldosas cerámicas cuya cara vista no incluye esmaltes, parcial o totalmente. Dentro de esta familia se incluyen las baldosas de tierra cocida, los greses rústicos no esmaltados y el gres porcelánico.

1.4.1.5 En función de tratamientos mecánicos sobre producto acabado

Baldosas pulidas, cuando la superficie de la cara vista ha sido sometida a un proceso complejo de abrasión, con una batería de muelas de diferente tamaño de grano, para obtener una superficie con brillo especular. Se aplica tanto sobre el cuerpo cerámico (gres porcelánico) como sobre el esmalte de algunos tipos de baldosas esmaltadas.

Baldosas rectificadas, cuando las dimensiones de la baldosa salida del horno son reducidas, mediante un proceso mecánico de corte y obtención de bisel en las aristas, a un formato de precisión, con variaciones inferiores a ± 0,5 mm en la longitud y anchura.

Baldosas obtenidas por corte hidráulico para obtener formatos complejos que en algunas ocasiones pueden suministrarse pre montados en malla.

1.4.1.6 En función de su destino

Las baldosas cerámicas también se pueden clasificar en función de su lugar de destino en:

Revestimiento cerámico: aquellas baldosas cerámicas que revisten una pared o paramento. En general, se debe denominar así a aquellas baldosas cerámicas que van destinadas a un lugar que no va a ser pisado.

Pavimento cerámico: conjunto de baldosas cerámicas que reviste un suelo y que, además, va a ser pisado. Por su grosor, formato y características posee una resistencia mecánica apropiada para ser destinada a un espacio pisable.

Fachadas cerámicas: son las baldosas cerámicas que revisten fachadas de edificios. Presentan unas características apropiadas para ser utilizadas en exterior y soportar las solicitaciones como heladas y presiones de viento a las que se ve sometida una fachada.

Baldosas especiales: aquellas que por su geometría o decoración tienen una función específica en un revestimiento o pavimento como resolver un encuentro, entregar correctamente un elemento constructivo o a separar/delimitar espacios con una determinada función o por razones decorativas (escocias y cantoneras, rebosadero para piscina, un sistema de escalera, piezas decorativas o de separación como cenefas, molduras).

1.4.2 Clasificación comercial[7]

Los procesos actuales de fabricación y las técnicas decorativas han llevado a un amplísimo repertorio de baldosas cerámicas en función de muy diferentes características técnicas, visuales, formatos y tratamientos (manipulaciones o efectos producidos sobre la cara vista). Además, coexisten productos fabricados bajo una tecnología que ya denominamos tradicional y otros emergentes bajo tecnologías innovadoras.

Por otra parte, existen discrepancias en la denominación de las baldosas cerámicas, tanto para el nombre comercial como para la denominación técnica. A grandes rasgos podemos distinguir cuatro grandes familias comerciales, existiendo para cada una de ellas gran diversidad de productos por sus características técnicas y visuales.

[7] (*Ver Anexo B: Clasificación comercial de las baldosas cerámicas)*

1.5 Materia prima

El proceso comienza con la selección de las materias primas que deben formar parte de la composición. Así la composición de cada formula será distinta, dependiendo del producto que se desea obtener.

Ilustración 2 Materia prima cerámica.

Elaborado por autor. Fuente (Ceramitec, 2012)

Las materias primas cerámicas son los materiales de partida con los que se fabrica el producto cerámico. Los productos cerámicos clásicos, que constituyen la "cerámica tradicional", están preparados con materias primas naturales, que de acuerdo con su función pueden ser ***plásticas o no plásticas*****.** [8]

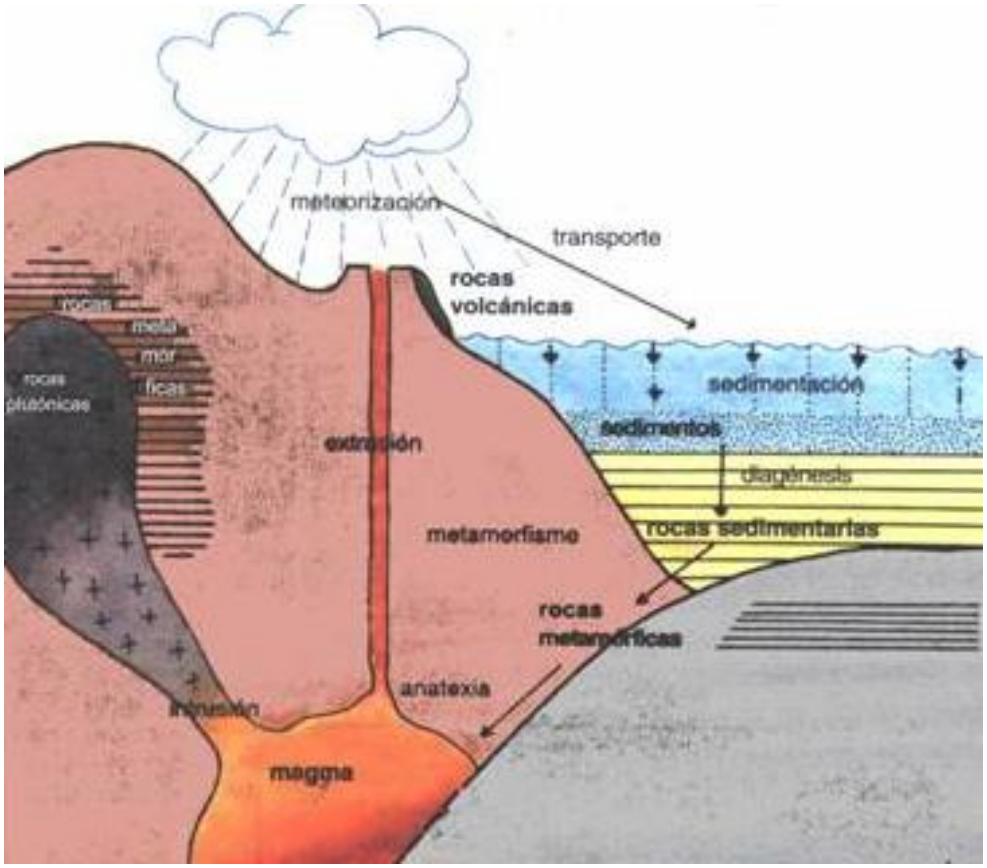
Las primeras son esencialmente arcillas. Las no plásticas pueden tener una función de "desgrasantes" (materiales que reducen la plasticidad permitiendo una mejor trabajabilidad y facilitando el secado), o son elementos "fundentes" (que facilitan una cocción a menor temperatura e introducen los elementos necesarios para la formación de nuevas fases). Son cerámicas tradicionales la cerámica estructural (ladrillos, tejas, bovedillas, termo arcilla, clinkers y otros), la loza, la porcelana de mesa y artística, la cerámica sanitaria, los pavimentos y revestimientos, los esmaltes y fritas, y los refractarios.

[8] (Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Minas, 2013)

1.5.1 El origen de las arcillas

La cerámica se hace primordialmente de un solo material muy *común* ***la arcilla*** (constituyen cerca del 95% de la corteza terrestre). Esta es una materia que proviene de la descomposición de un tipo de rocas denominadas feldespáticas (abundantes en la corteza terrestre en más del 50%) por la acción del agua durante millones de años.[9]

Ilustración 3 El origen de la cerámica.



Fuente: (Instituto Nacional de Tecnologías Educativas y de Formación del Profesorado INTEF, 2013)

Las rocas feldespáticas son minerales duros procedentes de la disgregación de las rocas ígneas intrusivas o plutónicas, se les llama de esta manera a aquellas rocas formadas por la solidificación del magma al enfriarse cuando emerge y queda atrapado en la corteza terrestre. Estas grandes masas de magma solidificado o yacimientos al momento en que emergen por movimientos terrestres y se ven expuestas a la superficie se les llaman afloramientos. Es en estos afloramientos donde ocurre la disgregación del

[9] (Tunacerámica, 2013)

material por efectos de la erosión provocada por los agentes atmosféricos con participación de agentes biológicos a lo que se le conoce como meteorización y es en el transcurso de miles de años como se va dando la formación de las arcillas.

La arcilla está formada principalmente por silicatos alumínicos con materia coloidal y trozos de fragmentos de rocas, que generalmente se hacen plásticas cuando están húmedas y pétreas por la acción del fuego. Dichas propiedades dan a las arcillas su utilidad. La arcilla tiene muchos otros usos además de la cerámica, primordialmente en la construcción y edificación de viviendas, y fabricación de objetos utilitarios. No es en sí mismo un mineral, sino una combinación de minerales y de substancias en suspensión que se han formado mediante la desintegración química y física de las rocas ígneas.

1.5.2 Clasificación de las arcillas.

Existen dos categorías de arcillas: ***primarias o residuales y secundarias o sedimentarias.***

Las arcillas primarias o residuales son las que están formadas en el mismo lugar de sus rocas madres o afloramientos y han sido poco agredidas por los agentes atmosféricos, esto es que no han sido transportadas por el agua, el viento o glaciar. Éstas tienden a ser de grano grueso y relativamente no plásticas. Cuando han sido limpiadas de fragmentos de roca, son relativamente puras, blancas y libres de contaminación con materiales arcillosos y tienen un alto nivel de fusión (1750°), un ejemplo de este tipo de arcillas es el caolín.

Las arcillas secundarias o sedimentarias son las que han sido desplazadas por el agua, viento o glaciares del lugar de las rocas madres originales. Estas son mucho más comunes que las anteriores y tienen una constitución más compleja debido a que están compuestas por material procedente de distintas fuentes, hierro, cuarzo, mica, materias carbonosas y otras impurezas. Estos materiales disminuyen el nivel de fusión y alteran su color proveyéndole a la arcilla nuevas cualidades y propiedades que el ceramista puede aprovechar de muy diversas maneras.

Las arcillas trasportadas por agua sufren dos procesos durante su trasporte, primero son disminuidas de tamaño debido al desgaste por rozamiento entre las partículas, y después al llegar a aguas tranquilas pasan por un proceso de selección, es en esta etapa donde las partículas más grandes se separan por sedimentación de las partículas más pequeñas las cuales continúan suspendidas en el agua. Es posible encontrar arcillas secundarias con

un nivel de pureza mayor al de la gran mayoría de este tipo de arcillas, a estas se les conoce como "arcillas de bola", son útiles para mejorar la plasticidad de las arcillas primarias sin afectar su coloración blanca. Las arcillas secundarias de glaciares son muy impuras y con un tamaño de grano irregular ya que durante su transporte no se ha dado la sedimentación.

1.5.3 Propiedades físicas y químicas de las arcillas[10]

La arcilla cambia sus propiedades físicas y químicas al ser expuesta al calor extremo convirtiéndose en lo que conocemos como ***cerámica o material cerámico***, de hecho al calentarse por arriba de los 200°C las arcillas se transforman tornándose incapaces nuevamente a formar parte de una suspensión coloidal y con ello a su plasticidad y ductilidad. Mientras sigamos incrementando el momento térmico irán surgiendo nuevos cambios físicos y químicos como la pérdida total de agua, encogimiento, y la formación de las diferentes fases de ordenamiento molecular que se producen hasta llegar a su punto máximo de fusión de 1700°C. Una vez transformada se ha creado una materia estable e insoluble que en lo general se podría definir molecularmente de la siguiente manera Al6Si2O13 , en su fase alotrópica de la arcilla, esto es conocido como mullita o porcelanita, obtenida de 900 a 1000°C.

Las propiedades físicas de las arcillas están determinadas por el tamaño de sus granos. El tamaño común de grano de arcillas y arenas es el siguiente: Arenas: de 2.00 a 0.05mm de diámetro, Arcillas: menores de 0.002mm de diámetro. Dado a que existe un variado margen en el tamaño del grano en las arcillas, sus propiedades físicas en tanto a este tamaño también variaran. Muchas arcillas tienen un porcentaje elevado de partículas de forma delgada, plana y alargada, la combinación del tamaño de las partículas y su forma hace que la arcilla tenga un área superficial por unidad de volumen muy grande.

En algunos casos en combinación con los granos diminutos de algunas arcillas se encuentran mezclados fragmentos de mayor tamaño, estos granos de mayor tamaño pueden ser de Feldespato inalterado, cuarzo u algún otro mineral que se ha unido a la arcilla durante el transporte o la sedimentación. La mayoría de los caolines cuenta con un elevado número de este tipo de granos los cuáles deben ser eliminados con agua a presión.

[10] *(Ver Anexo C: Principales productos cerámicos y temperatura de cocción aproximada)*

Aunque el tamaño del grano determina algunas de las propiedades de la arcilla, existen otros factores que controlan las propiedades de la arcilla, como el agua que junto con otros aditivos modifican la plasticidad de la mezcla. Las principales propiedades de la arcilla son:

1.5.3.1 Plasticidad.

La arcilla es esencialmente maleable, esto significa que puede deformarse bajo cargas de compresión, dicha cualidad se debe a la estructura laminar de las partículas de la arcilla en el agua. Entre más plástica es una arcilla, podrá el material que la conforma estar en suspensión coloidal de forma muy uniforme con mayor cantidad de agua, aumentando su volumen, esta relación de capacidad de suspensión coloidal y aumento de volumen es la causa primigenia de la plasticidad, sin embargo, si el agua es demasiada la plasticidad se pierde convirtiéndose en una materia pegajosa gracias a que las partículas de la arcilla pierden adherencia entre sí.

Ilustración 4 Comparación de plasticidad en diferentes arcillas.

Fuente: (Tunacerámica, 2013)

La fuerza de las piezas durante su proceso de fabricación y el momento previo a la cocción o su estado crudo, dependerá de la plasticidad de la arcilla y es esta cualidad la que permitirá la factibilidad del buen desempeño del material para que el modelo adquiera la forma que se elija.

Es así que se deberá estudiar su comportamiento de rodamiento, torcido, doblado, estirado o comprimido, así como comprobar su tasa de contracción, su resistencia a la deformación durante el secado antes de la cocción y la facilidad en el torneado.

De hecho, pocas son las arcillas que poseen las cualidades requeridas, por lo que valdrá la pena ensayar lo suficiente antes de elegir la arcilla ideal.

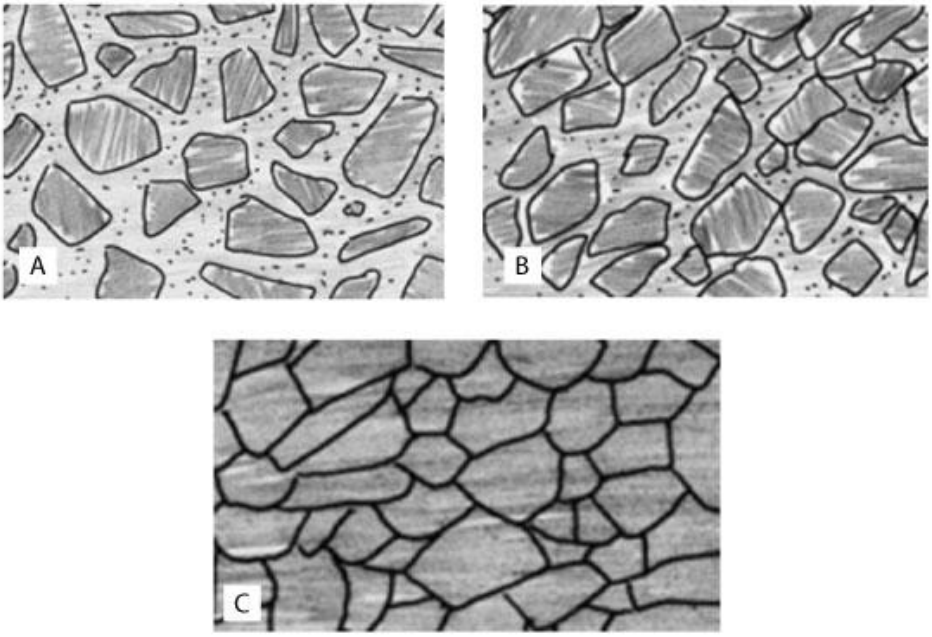
1.5.3.2 Encogimiento.

La arcilla húmeda o pasta se endurece al estar en contacto con el aire, al desecarse pierde volumen. La arcilla encoje en dos etapas: durante el secado donde se genera el encogimiento más importante y notorio; y en una segunda etapa durante la primera cocción (llamada bizcochado).

Se considera que las piezas están totalmente secas hasta que estas estén dentro del horno a una temperatura de 100°C, sin embargo no es sino hasta los 550°C cuando podría decirse que el agua desaparece de su constitución química, es cuando la arcilla se vuelve dura y compacta.

Entre más agua contenga la suspensión coloidal que forma la pasta cerámica o arcilla más encogerá, puesto que el encogimiento depende de la medida de las partículas y del volumen de agua que las separa, ya que las partículas de arcilla se acercan entre sí al perder agua, así que las arcillas que contengan las partículas más pequeñas encogerán más que las arcillas con las partículas más grandes.

Ilustración 5 Fases de encogimiento en las arcillas



Fuente: (Tunacerámica, 2013)

Se pueden añadir materias no plásticas a la pasta cerámica para acelerar el secado y disminuir su índice de encogimiento ya que de esta forma no podrá la suspensión sostenerse con una relación tan grande de líquido, además que por efecto de la capilaridad, durante el secado se produce un efecto inverso facilitando la salida de los líquidos por el contacto entre partículas.

1.5.3.3 Baja conductividad térmica (refractariedad).

La capacidad de funcionar como aislante térmico se debe primordialmente a su composición química, aunque también a su estado físico de sólido. Como bien se sabe los sólidos solo pueden compartir o adquirir calor por conducción, esto es que sus partículas adquirirán energía u otorgaran esta al estar en contacto con otras de otro material. Ya sea en su estado de arcilla seca o húmeda, así como en su estado de material cocido o cerámico se les considera materiales termo-aislantes por su baja capacidad de conducción de calor lo que produce una resistencia notoria a las variaciones de temperatura, todas las arcillas tienen esta propiedad pero algunas la presentan en mayor grado, ello gracias al contenido químico de alúmina y sílice, entre más alto sea el porcentaje de estos compuestos mayor será su propiedad.

1.5.4 Arcillas y pastas para cerámica[11]

Para la producir piezas en cerámica se encuentran diferentes tipos de arcillas y pastas, las más frecuentes son:

Caolín (arcilla de china). Es una arcilla primaria que se utiliza como componente principal en la fabricación de las pastas de porcelana y tiene la misma fórmula que la arcilla. El tamaño de grano de este tipo de arcilla es grande y grueso por lo que es un material poco plástico. Es de color blanco antes y después de la cocción. Este tipo de arcillas tiene poco contenido de impurezas minerales como el hierro, el contenido de sílice y alúmina es muy alto produciendo una elevada resistencia térmica. Funde sobre los 1800°C.

Arcillas plásticas. Son un tipo de arcilla secundaria de alta plasticidad debido a su tamaño de grano más fino. No son tan puras ya que cuentan con una cantidad poco mayor de óxido de hierro y algunas otras impurezas. Son también arcillas más fusibles, son utilizadas para hacer más plástica otras pastas, no pueden ser utilizadas por sí mismas ya que pueden presentar un valor de contracción mayor al 20%. Algunas de ellas son ball clay. Al ser cocidas tienen una coloración gris claro debido a que existe material carbonoso en su composición.

Bentonita. Es una arcilla muy plástica de origen volcánico con mayor porcentaje de silicio que de alúmina. Se añade como factor de plasticidad y funde sobre los 1200°C. Con el agua puede aumentar hasta 15 veces su volumen. En pequeñas cantidades permite la suspensión de partículas en los esmaltes y barnices.

Arcilla de bola (Ball clay). Esta arcilla es secundaria, demasiado plástica para ser utilizada de manera única, además de ser muy proclive a sufrir deformaciones y encogimientos considerables en su secado y cocción, por lo que habitualmente se utiliza para hacer más plásticas otras arcillas. Se torna de color blanco en la cocción y es un componente indispensable para los esmaltes y engobes decorativos. Generalmente se mezcla con caolín para usarse como pasta cerámica. Tiene un encogimiento aproximado al 20% y se vitrifica sobre los 1300°C.

Arcilla refractaria. Tienen la capacidad de resistir el aumento de altas temperaturas sin fusionarse o deformarse. Tiene un punto de fusión de entre 1600 y 1700° C.

[11] *(Ver Anexo D: Principales productos cerámicos y materia prima mayormente utilizada)*

Contienen un alto porcentaje de caolinita y alúmina. Generalmente se encuentra en las minas cercanas a las capas de carbón. Es de color beige una vez cocida y se puede utilizar sola o mezclado con otras arcillas a fin de utilizarse con características específicas. Son arcillas relativamente puras, ya que en su composición química cuentan con una baja concentración de impurezas, principalmente hierro. Estas arcillas son utilizadas en la industria metalúrgica donde se trabaja con temperaturas muy elevadas, y en la fabricación de ladrillos refractarios, crisoles y estufas

Gres (arenisca). Es una arcilla generalmente gris, varía su color del blanco al beige después de la cocción. Es una arcilla refractaria y plástica. En contadas ocasiones se encontrará de manera natural, estas arcillas se obtienen por la mezcla de Ball Clay con otros minerales que les proporcionan sus cualidades específicas, en crudo o cocidas. En ellas el feldespato actúa como fundente. Madura entre los 1,250° y los 1,300° C. Comercialmente es conocido como stoneware.

Arcilla roja de surco. Es la más común de las arcillas naturales siendo una arcilla sedimentaria. Tienen alto contenido de hierro y otras impurezas que le permiten apretarse y endurecerse a temperaturas entre 950 y 1100° C. Es muy fusible y plástica, es el óxido de hierro quien le proporciona su color rojo marrón característico, se combina con la alúmina y la sílice a fin de facilitar la vitrificación, suelen utilizarse como barnices para gres. Las tonalidades que pueden tomar después de cocerse varían dependiendo la arcilla y las condiciones de cocción, sin embargo marrón, rosa, rojo o negro son las más comunes dependiendo la cantidad de hierro que contenga en su composición química.

1.5.5 Aditivos cerámicos

Como aditivos en la preparación de pastas cerámicas se encuentran otros materiales entre los cuales se encuentran los siguientes:

Carbonato cálcico (Creta). Su fórmula química es CaCO3. Es el producto obtenido por molienda fina o micronización de calizas extremadamente puras, es el más abundante de las sales de calcio el cual se encuentra en la tiza, piedra caliza y mármol y es uno de los principales constituyentes de corazas orgánicas como la cáscara de huevos y de los moluscos y corales. Es un fundente, se introduce a las pastas cerámicas de baja y media temperatura para rebajar su temperatura de vitrificación. Si se incluye en porcentajes superiores a 13% puede deformar o fundir las piezas.

Cuarzo. Dióxido de silicio, su fórmula química es SiO2. Es un compuesto de silicio y oxígeno, llamado comúnmente sílice. Es uno de los componentes de la arena. Formador de vidrio, se incorpora al vidriado como cuarzo molido. Forma parte de los feldespatos, arcillas, como fuente soluble en forma de silicato de sodio, se encuentra en todas las fritas así como en las cenizas en especial la de arroz o cañas. Se añade a la pasta cerámica como anti plástico, por lo que reduce su encogimiento y al mismo tiempo aumenta la dilatación térmica de la pasta una vez horneada, con lo que ayuda a la adaptación de los esmaltes a la pasta. Su punto de fusión es de 1600°C. Influye poco en los colores, excepto en los rojos de cromo y níquel. Aumenta la opacidad en vidriados ricos en zinc y bórax. Aumenta la resistencia a los ácidos.

Dolomita. Su fórmula química es CaCO3. MgCO3. Es un mineral compuesto de carbonato de calcio y magnesio que actúa como fundente en las pastas. De origen principalmente sedimentario. Es posible también por transformación de las calizas bajo la influencia de las soluciones magnesianas. También de origen hidrotermal en filones minerales. Constituyente fundamental de las rocas sedimentarias carbonatadas (dolomías y calizas dolomíticas) formadas en ambiente diagenético, por la acción del agua de mar sobre fangos calcáreos o formaciones organógenas. Se utiliza como fuente de magnesio y para la fabricación de materiales refractarios debido al magnesio, se consigue con una doble calcinación de la dolomita, obteniéndose el producto comercial conocido como crisolmex, el cual funde a una temperatura superior a 1538ºC. Puede emplearse como sustituto del carbonato cálcico, para elevar la temperatura de maduración de los barnices, en proporciones del 3 al 6%. Su función principal en el esmalte la de dar aspecto mate.

Feldespato. Procede de la descomposición de las rocas ígneas (granito) y constituye el origen de la arcilla. Se agrupan en dos tipos: feldespatos sódico-potásicos y feldespatos cálcico-sódicos. Es uno de los materiales más importantes y útiles en la cerámica, ya que actúa como anti plástico, reduce el encogimiento durante el secado de las piezas crudas y como fundente por encima de 1200°C, produciendo a una menor temperatura el producto, sobre todo en media alta temperatura, para baja es necesario reforzarlos con otros fundentes. Su temperatura de fusión está entre 1170 y 1290°C. Su utilización es muy importante en pastas de loza dura, gres y porcelana, así como en los esmaltes. Así mismo disminuye en productos porosos el coeficiente de dilatación.

La proporción de feldespato en las pastas oscila entre 15 a 45 % en pastas de porcelanas de alta tensión.

Sus fórmulas químicas son las siguientes:

- Feldespato potásico (ortoclasa) $K_2O.\ Al_2O_3.\ 6SiO_2$.
- Feldespato sódico (albita) $Na_2O.\ Al_2O_3.\ 6SiO_2$.
- Feldespato cálcico (anortita) $CaO.\ Al_2O_3.\ 2SiO_2$.
- Nefelina-sienita $K_2O.\ 3Na_2O.\ 4Al_2O_3.\ 8SiO_2$.

Talco. Es un silicato de magnesio hidratado cuya fórmula es $3MgO.\ 4SiO_2.\ H_2O$ y que puede variar hasta $4MgO.\ 5SiO_2.\ H_2O$. Contiene un 32% de manganeso y 64 % de sílice aproximadamente. Se utiliza como fundente en pastas de baja temperatura de cocción (2%) y favorece el ajuste entre las pastas y los barnices a la vez que evita cuarteaduras. Ayuda a mejorar la pasta en cuanto a la resistencia al choque térmico, por tanto se utiliza en pastas aptas para piezas que se pondrán directamente al fuego y en pastas para rakú. Se prepara por pulverización de la esteatita o jaboncillo de sastre. Es un material fino y de difícil mezcla con el agua.

En esmaltes de alta temperatura se utiliza también como fundente y agregándolo en bajas cantidades aumenta el brillo del esmalte. También colabora en disminuir el coeficiente de dilatación térmica. En bajas cantidades ayuda en aumentar fuertemente la tensión superficial del esmalte logrando que la superficie del mismo se vuelva dura y resistente a la abrasión. Si se agrega talco en grandes cantidades a un esmalte, favorece la cristalización y por ende produce un efecto mate aumentando el coeficiente de dilatación térmica. Se utiliza también como desmoldante o para pulir las piezas de cerámica.

Chamota. Es arcilla bizcochada y molida que se presenta en grano grueso, medio, fino y muy fino. Su color depende del tipo de arcilla utilizado. Se introduce como anti plástico en las pastas. Facilita el secado a la vez que incrementa la resistencia de las piezas en los procesos de secado y cochura. También disminuye el encogimiento durante el secado.

1.5.6 Estructura de los materiales cerámicos

La palabra cerámica viene de ***keramos*** (griego) que significa "quemar" y concretamente se refiere a la arcilla en todas sus formas, pero actualmente se incluye a todos los materiales inorgánicos no metálicos que se forman por la acción del calor.

Desde siempre los productos cerámicos han sido ***duros, porosos y frágiles***. Por esto el estudio de la cerámica pretende encontrar métodos para disminuir o disimular estos problemas y resaltar las potencialidades del material. Actualmente, se entiende por material cerámico cualquier material inorgánico, esencialmente no metálico, y que es generalmente frágil. Según esta definición entran dentro de los materiales cerámicos los materiales inorgánicos no metálicos obtenidos por fusión, como los vidrios, refractarios electrofundidos y ligantes hidráulicos (cementos, etc.).

Pocos sectores del campo de los materiales se han desarrollado tan rápidamente en los últimos años como el de los materiales cerámicos, debido a su mayor estabilidad, tanto mecánica como química a las altas temperaturas. En la actualidad, los materiales cerámicos son productos de gran interés en el campo de la ingeniería, siendo sus principales limitaciones en el uso las siguientes: su fragilidad, que está ligada a la limitada resistencia al choque térmico y su fabricación, en términos de formación y dimensiones.

1.5.7 Propiedades de los materiales cerámicos industriales

Las propiedades físicas de la cerámica dependen en gran proporción de su composición y micro estructura. Generalmente las cerámicas tradicionales están constituidas por productos basados en la industria de los silicatos, en los cuales las materias primas principales son los minerales naturales. Hay otros casos como la cerámica ingenieril, donde están constituidas por compuestos puros o casi puros tales como el alúmina (baja densidad y alta resistencia a la corrosión), carburo de silicio (material semiconductor y refractario, utilizado en dispositivos que impliquen trabajar en condiciones extremas de temperatura, voltaje y frecuencia), y nitruro de silicio (buena resistencia a la oxidación y al desgaste a altas temperaturas, alta resistencia al choque térmico, resistencia excelente a la abrasión y a la corrosión).

Las principales propiedades tecnológicas que hacen útiles a los materiales cerámicos son: Dureza, refractariedad, inercia química, gran variedad de propiedades eléctricas, nucleares y ópticas, alta resistencia mecánica a temperatura ambiente y elevada, rigidez, buena resistencia a la intemperie y la fragilidad, resistencia a la abrasión.

En los materiales cerámicos los átomos se disponen en agrupaciones llamadas celdas unitarias que se repiten periódicamente a través del material, formando cristales. Aunque algunas veces por la forma en que se han obtenido, no se logra una ordenación perfecta y aparece una estructura vítrea. Otras veces la estructura del material es mixta

cristal-vítrea. Las características de un material cerámico dependen de la naturaleza de la arcilla empleada, de la temperatura y de las técnicas de cocción a las que ha sido sometido. Así tenemos:

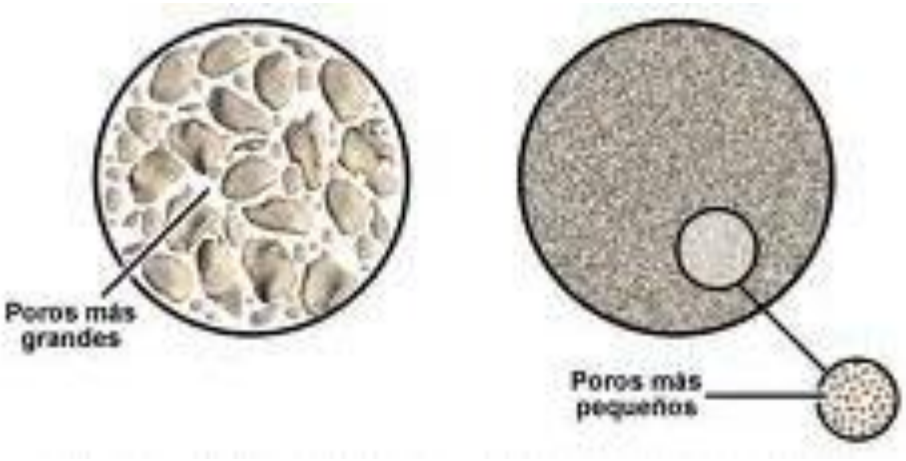
Materiales cerámicos porosos: No han sufrido vitrificación, es decir, no se llega a fundir el cuarzo con la arena. Su fractura (al romperse) es terrosa, siendo totalmente permeables a los gases, líquidos y grasas.

Materiales cerámicos impermeables y semi-impermeables: Se los ha sometido a temperaturas bastante altas en las que se vitrifica completamente la arena de cuarzo. De esta manera se obtienen productos impermeables y más duros.

1.5.7.1 Porosidad.

La porosidad es importante en la producción de cerámica, varía según el tipo de arcilla. Esta depende del tamaño de grano que tenga la arcilla, si la arcilla tiene grano grande la porosidad será mayor que la de una arcilla con grano pequeño, esto es porque al momento de ser moldeada y compactada la pasta cerámica las arcillas con granos pequeños quedan más unidas unas con otras no permitiendo que se acumule tanta agua entre ellas y que al momento de la cocción no existan cavidades provocadas por la acumulación de agua.

Ilustración 6 Niveles de porosidad en arcilla.



Fuente (Tunacerámica, 2013)

De esta propiedad depende la cantidad de engobe o esmalte que será absorbido durante el esmaltado o la decoración. Es aconsejable cocer a biscocho varias pruebas para verificar esta absorción. La adherencia de un esmalte a la superficie de la pieza cerámica depende de su porosidad. Las arcillas que cuecen a baja temperatura tienen un índice más elevado de absorción son más porosas.

Tabla 2 Tipos de materiales cerámicos de acuerdo a su porosidad.

Poroso	Sin revestimiento	Coloreado	Ladrillos		
			Tejas		
			Refractarios		
			Abrasivos		
		Blanco	Loza técnica		
	Con revestimiento	Coloreado	Mayólica	Con engobe	
				Con barniz	
				Esmaltada	
		Blanco	Loza	Tierna	
				Fuerte	
No poroso	Sin revestimiento	Coloreado	Gres industrial	Alfarería vitrificada	
				Esteatita	
				Clinker	
				Mosaico antiácido	
		Blanco	Porcelana técnica	Dental	
				Electrotécnica	
	Con revestimiento	Coloreado	Gres industrial	Domestico	
			Gres fino	De arte	
		Blanco	Porcelana	Tierna	De huesos
					Magnesítica
				Dura	Feldespática
					Vítrea

Elaborado por autor. Fuente: (Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Minas, 2013)

2 Geografía económica de Loja y su provincia.

2.1 Antecedentes.

La región sur del Ecuador y norte del Perú ha sido reconocida en múltiples ocasiones como un espacio geográfico de singulares características. Sus particularidades han sido objeto de estudio de varios científicos, quienes progresivamente nos están permitiendo reconstruir un panorama físico y cultural del pasado, con el propósito de rescatarlo, comprenderlo y aprovecharlo como medio de desarrollo humano.

Los estudios arqueológicos realizados estos últimos veinte años en la provincia de Loja (M.Temme, 1982, J Guffroy, 1986 - 1987, Idrovo y Gomis, 1997) han permitido reconstruir un primer panorama de lo que fue la ocupación del territorio lojano en la época prehispánica. Las más antiguas huellas actualmente conocidas corresponden a grupos de cazadores recolectores, cuando menos la zona del páramo ubicada al norte de la provincia, hace más de 10.000 años. De las primeras culturas agro-alfareras, se han encontrado vestigios fechados en 3.700 años de antigüedad en el valle del rio Catamayo, eje fluvial de la provincia. Las investigaciones que se han hecho hasta la actualidad permiten constatar que a partir de esa época la ocupación humana de la región se mantuvo constante durante toda la época prehispánica con la ocupación progresiva de todos los sectores de la provincia, y pequeñas diferencias culturales locales.[12]

Los arqueólogos rastrean los cambios culturales en las sociedades agro-alfareras mediante variaciones que intervienen en los vestigios materiales dejados por las antiguas sociedades (herramientas, objetos en cerámica, textiles, restos de construcciones, etc.). El estudio de los diversos estilos cerámicos y de sus evoluciones permite poner en evidencia cambios culturales determinantes tales como ciertas evoluciones sociales, influencias de grupos vecinos o la llegada de nuevas poblaciones con tradiciones distintas.

Se puede determinar entonces, que Loja desde siempre fue una región de alfareros y orfebres, llena de una geografía que permite el desarrollo de las artes cerámicas, pero que con el paso del tiempo esta forma de desarrollo cultural y económico fue reemplazada por otro tipo actividades, de acuerdo a los cambios que la sociedad experimentaba.

[12] (González Ojeda , 2004)

2.2 Características

Loja (cantón), es capital de la provincia del mismo nombre, y se encuentra ubicada al sur del país, en la hoya del río Zamora, a 2.135 m de altitud. Es el centro comercial e industrial, donde se negocian y transforman los productos agropecuarios, forestales y mineros de su región. Productos tropicales, ganadería ovina y vacuna abastecen su industria agroalimentaria (harinera, aceitera, cafetera, azucarera), hoy la más importante tras el retroceso de la tradicional textil. Otras industrias medicinales (quina) y de materiales de construcción añaden variedad a su hacer industrial. En sus proximidades hay minas de oro, plata, cobre y hierro, así como también gran variedad de minerales no metálicos.

Es una de las regiones de relieve más irregular del país como resultado de los procesos orogénicos que dieron lugar a la creación de cadenas montañosas, las mismas que en su conjunto forman la Cordillera de los Andes. Los procesos orogénicos también influenciaron en la estructura geológica actual de los andes Ecuatorianos y en la aparición de fallas geológicas en varias regiones del país y en particular de la hoya de Loja.

2.3 Geología

A diferencia de la región andina al Norte desde Cuenca, es una región sin vulcanismo libre de la cubierta de rocas volcánicas, lo que le da una situación especial en cuanto a la presencia de minerales.

La presencia de rocas de todos los grupos, tales como: ígneas, volcánicas, sedimentarias y metamórficas; presentan un ambiente interesante para la ocurrencia mineral, sobre todo por las facilidades para la prospección de indicios minerales por un lado, y por otro como soporte para la presencia de un mosaico en cuanto a: diversidad paisajística, cubierta vegetal, flora, relieve y zonas de riesgo de fenómenos naturales.

2.4 Economía de la región

La economía de la provincia de Loja es la duodécima del país, experimentó un crecimiento promedio del 3.67% entre 2002 y 2007. Crecimiento que se ubicó por debajo del promedio nacional de 4.3% durante el mismo periodo.3 La inflación al

consumidor de enero de 2009 estuvo situada alrededor del 0.60% en la ciudad de Loja, por debajo de la media nacional de 8.83, según el INEC.

Loja es la ciudad con mayor influencia sobre el PIB de la provincia homónima, de acuerdo con al estudio, efectuado por el Banco Central del Ecuador, en el 2007 la economía Lojana generó un PIB de 412.464 miles de dólares, lo que represento alrededor de 1,9 de la economía nacional.5

"La población económicamente activa del cantón Loja, según el Censo del 2001, está dedicada mayoritariamente a la agricultura y ganadería (19%), seguida del comercio (17%) y por el grupo humano que está dedicado a la enseñanza (17%), el resto del porcentaje (30%) de la PEA está ubicado en actividades tales como construcción, administración pública, industrias manufactureras y transporte y comunicaciones".

2.5 Industria

La industria manufacturera es demasiado embrionaria en la Provincia de Loja. Una excepción de lo analizado constituye la empresa Malca o Monterrey, emplazada en el valle del Catamayo en el año 1963 y orientada a la producción de azúcar. Esta empresa agroindustrial, sigue siendo una de las más importantes de la provincia tanto desde el punto de vista del empleo como de las inversiones y de la producción que genera.

De acuerdo al Ministerio de Industrias, Comercio, Integración y Pesca, la mayoría de las industrias lojanas se enmarcan dentro de la pequeña industria, siendo las más numerosas aquellas que se dedican a la industrialización de la madera (27%), y alimentos, bebidas y tabacos (22%).

2.6 Pequeña Industria

Comercio: En los registros de la cámara de comercio de Loja se encuentran inscritos diversos establecimientos de comercio dedicados a actividades como importación, exportación, servicios, manufactura, despensas, abarrotes, imprentas, agencias y representaciones entre otros.

Industria tecnológica: A partir de 2007, Loja le está apostando a desarrollar la industria de tecnologías, puntualmente en el ámbito del software accesible vía Internet. El valle de tecnología fundado por Nelson Piedra con el respaldo de la Universidad

Técnica Particular de Loja", bajo la premisa de convertir a Loja en un polo tecnológico. Es un esfuerzo para propender el desarrollo de la industria, esto sumado a otras empresas que ofertan productos y servicios importantes, están allanando el camino hacia la consecución de la meta. Loja en este sentido tiene algunas ventajas competitivas, existe personal altamente capacitado a bajo costo, tal vez el alto costo de la conectividad frene en cierta medida el desarrollo de la industria.

Ejemplos claros del desarrollo tecnológico de Loja en el ámbito de software accesible vía Internet, son la UTPL quien es líder en tecnología para educación, el gran conglomerado de editores de blogs y micro blogs, las iniciativas abiertas pioneras en el país y un conjunto amplio de emprendimientos tecnológicos fundados sobre una visión abierta y de libre acceso a las tecnologías.

3 Recursos minerales

3.1 Minerales no metálicos en el Ecuador y la región sur.

Los resultados de los estudios geológicos y mineros del país confirman que el ecuador posee un indudable potencial minero, cuyos recursos minerales están integrados a la gran reserva mineralizada de Sudamérica, presentada a lo largo de la cordillera de los Andes.

En el país existen importantes depósitos de caliza, arcillas, yesos, caolín, feldespatos, sílice, piedra pómez entre otros. Respecto a materiales de construcción y arcillas comunes, se presentan: arcillas para cerámica, arenas, gravas, rocas duras, rocas ornamentales, arena silícea, puzolana, caliza y yeso. Dentro de estos materiales mencionados, la caliza y la puzolana, que se utilizan en la industria del cemento, constituyen el rubro más importante dentro de la producción minera no metálica.

En la zona sub andina y región oriental, se cuenta con grandes yacimientos de arena silícea. Importantes minas se hallan actualmente en explotación para abastecer pequeñas fábricas de envases de vidrio, cerámica y como correctores del PH de la caliza destinada a la producción de cemento.

La explotación del yeso está concentrada en la zona sur del país, en la provincia de Loja, en la zona de Malacatos y Bramaderos, de donde se abastece parcialmente los requerimientos de la industria del cemento y parte de la construcción. El yacimiento de piedra pómez más grande del país, se localiza en la provincia de Cotopaxi.

3.2 Potencialidad mineral de la provincia de Loja

Hace más de 20 años, la Corporación de Desarrollo e Investigación Geológico-Minero-Metalúrgica, CODIGEM, actualizó un inventario de las ocurrencias de minerales no metálicos de la provincia de Loja. Como consecuencia de ello, se conformó en esta ciudad la Cámara de la Minería con el propósito de incentivar la inversión privada nacional y extranjera, para cuyo efecto el Ministerio de Energía y Minas, de ese

entonces, entregó los resultados de tres investigaciones básicas para el desarrollo socio-económico de nuestra provincia.[13]

Para nadie es desconocido que la actividad minera conducida de una manera racional, técnica y con estricto apego al cumplimiento de las leyes de carácter ambiental, se constituye en un renglón productivo que genera fuertes recursos económicos, inversiones productivas, utilización de mano de obra y a la vez, posibilita dinamizar y diversificar la economía de los pueblos hacia distintos quehaceres de la actividad humana. No olvidemos que Loja se ha caracterizado por tener una economía deprimida y su sustento primordial ha sido la actividad comercial que, hoy por hoy, se ha incrementado de una manera inusitada.

Como ya se ha mencionado anteriormente, la provincia de Loja tiene tradición minera. Recordemos que nuestros aborígenes fueron excelentes orfebres y alfareros. Teodoro Wolf en 1892 nos proporcionaba una buena información sobre la presencia de minerales metálicos y no metálicos en la provincia de Loja. Es por ello que organismos estatales como PREDESUR, el INEMIN y la CODIGEM, se interesaron por realizar una serie de estudios de prospección tendientes a identificar el potencial minero de esta provincia, cuyos resultados siempre fueron halagadores, aunque la falta de coordinación entre las entidades gubernamentales y las autoridades locales y seccionales, no ha permitido concretar avances en esta materia.

Sin embargo, los estudios realizados dan cuenta del potencial de ocurrencias de minerales no metálicos de que dispone Loja. Un ejemplo de ello es la existencia del yeso que se lo utiliza para la industria del cemento, su explotación a pequeña escala y poco mecanizada, sustituye en un 2 % a las importaciones de este mineral. Como se ha mencionado, Loja tiene yacimientos de yeso de diferente origen en las zonas de Malacatos, además en Paltas y Santa Rita. En el cantón Catamayo, existen grandes depósitos de arcillas, con varios metros de potencia. Por supuesto que muchas fábricas artesanales utilizan esta arcilla para producir ladrillos y tejas, con una producción anual de 20 a 30 millones de piezas anuales.

Los datos revelan que en el sector de San Pedro de la Bendita, existe un depósito de arcilla con clastos angulares de edad holocénica. Esta arcilla se emplea en la elaboración de ladrillos alivianados, con una producción total de 150 mil y 200 mil piezas al año. En los cantones Chaguarpamba y Olmedo, también existen ladrilleras, con una producción de más de cien mil ladrillos por año. La arcilla caolinítica,

[13] (Pinza Suárez, 2012)

conocida como caolín situada en la parte oriental de la provincia, es explotada en dos yacimientos ubicados en el sector de Salapa, estimándose que aquí existe medio millón de toneladas de este mineral. Las arcillas son preparadas en una pequeña empresa en Catamayo, con ventas de 500 toneladas al año y el producto es utilizado en la industria de pintura, vidrio y jabonería.

En otros sitios de la provincia también se ha determinado la existencia de arcilla esmecítica, arena, grava y bloques redondeados. También en Nambacola y Puyango existen dos yacimientos de caliza, que podrían ser explotados sin mayores recursos financieros. Además se ha determinado ocurrencias de otros minerales como diatomita, grafito, jaspe, rocas macizas, rocas ornamentales, trípoli y turmalina.

El diagnostico presentado por el Instituto Nacional de Investigación Geológico Minero Metalúrgico (INIGEMM) acerca de las diferentes ocurrencias de recursos minerales no metálicos revela los altos índices de estos recursos en la provincia de Loja con 133 ocurrencias de las 1704 que existen en el país, entre las cuales destacan el caolín y las arcillas comunes

3.3 Geología económica de la provincia

3.3.1 Minerales Metálicos

Los minerales metálicos generalmente están relacionados a la presencia de rocas intrusivas (ígneas y volcánicas), los que destacan son: los Batolitos de Tagula, Catamayo, estas zonas son ricas en presencia de oro, cobre, hierro, plomo, zinc, plata, cromo, molibdeno, antimonio.[14]

[14] (Instituto Nacional de Investigación Geológico Minero Metalúrgico (INIGEMM), 2011)

Tabla 3 Minerales metálicos en la provincia de Loja.

N	Mineral	Localización	Reservas probables (TM)
1	Cobre	Malacatos – Loja Rio Casanga – Paltas Macara – Macara Catamayo - Catamayo Catacocha – Paltas	Indeterminada Indeterminada Indeterminada Indeterminada Indeterminada
2	Hierro	Quebrada Huato – Paltas Cariamanga - Paltas	Indeterminada Indeterminada
3	Oro	Malacatos – Loja Masanamaca – Loja Zapallal - Zapotillo	Indeterminada Indeterminada Indeterminada
4	plata	La chora – Catamayo Malacatos – Loja Rio Casanga - Paltas	Indeterminada Indeterminada Indeterminada

Elaborado por autor. Fuente: (Instituto Nacional de Investigación Geológico Minero Metalúrgico (INIGEMM), 2011)

En función del diagnóstico de la provincia para el ordenamiento territorial en 2004, se señala que la ocurrencia de estos metales está relacionada con los trabajos de explotación realizados en las siguientes franjas:

- La franja Catamayo – Chichaca – Gualel – Chantaco – Chuquiribamba – Manu, donde se ubican los indicios minerales de Cera, Uritohuaser, fierro Urucu, Loma Puglla, Loma del Oro, Yaro – Shulata.
- La franja Malacatos – Vilcabamba – Masanamaca – Yangana, con Cerro de Minas, Quebrada de Minas.
- Sabiango – Macara.

3.3.2 Minerales no metálicos

Arcillas, su localización y algunas otras características, se presentan en el siguiente cuadro.

Tabla 4 Reservas de arcilla

N	Mineral	Localización	Reservas probables (TM)
1	Caolinita	Las chinchas - Catamayo	2’000.000
2		Gonzanamá - Gonzanamá	Indeterminada
3	Arcillas comunes	La Toma - Catamayo	10’000.000

Elaborado por autor. Fuente: (Instituto Nacional de Investigación Geológico Minero Metalúrgico (INIGEMM), 2011)

Carbonatos, su localización y algunas otras características se presentan en el cuadro siguiente.

Tabla 5 Reservas de carbonatos

Mineral	Localización	Reservas probables (TM)
Caliza	Nambacola - Gonzanamá	197.000
	La Toma – Catamayo	Indeterminada
	San Pedro – Catamayo	Indeterminada
	Guayabal – Catamayo	Indeterminada
	Culanga - Gonzanamá	Indeterminada

Elaborado por autor. Fuente: (Instituto Nacional de Investigación Geológico Minero Metalúrgico (INIGEMM), 2011)

Yeso, los principales depósitos se detallan en el cuadro siguiente.

Tabla 6 Reservas de yeso

Mineral	Localización	Reservas probables (TM)
Yeso	Malacatos - Loja	5’000.000
	Catacocha – Paltas	500.000
	Bramaderos – Paltas	100.000
	Nambacola – Gonzanamá	500.000
	Guachanama – Paltas	10.000
	La Ramada – Paltas	Indeterminada
	Potrerillos - Macara	Indeterminada

Elaborado por autor. Fuente: (Instituto Nacional de Investigación Geológico Minero Metalúrgico (INIGEMM), 2011)

Grafito, el deposito identificado se localiza en Catamayo, cuya reserva probable es indeterminada.

Rocas ornamentales y semipreciosas, cuyos principales depósitos se detallan en el siguiente cuadro.

Tabla 7 Reservas de rocas ornamentales y semipreciosas

N	Mineral	Localización	Reservas probables (TM)
1	Rocas semipreciosas: Calcedonia	Quinara - Loja	95,400
2	Rocas ornamentales:	Naranjo – Paltas	Indeterminada
		Velacruz – Paltas	Indeterminada
	Basalto	Sabiango – Macara	Indeterminada
	Andesita	Utuana – Calvas	Indeterminada
		Gonzanamá – Gonzanamá	Indeterminada
	Porfirítica	Macara – Macara	Indeterminada
	Granodiorita	Velacruz – Paltas	Indeterminada
	Trípoli	Vicín – Zapotillo	Indeterminada
	Brechas	La Capilla - Quilanga	Indeterminada

Elaborado por autor. Fuente: (Instituto Nacional de Investigación Geológico Minero Metalúrgico (INIGEMM), 2011)

3.3.3 Catastro minero de la provincia de Loja

El catastro minero es la imagen de lo que sucede con la minería en la provincia. Las concesiones mineras en la provincia de Loja de acuerdo al registro de la Agencia de Regulación y Control Minero (ARCOM), se indica en el cuadro.

Tabla 8 Reservas minerales de acuerdo al catastro minero

N	Cantón	Material						Total	
		Construcción		Metálicos		No metálicos			
1	Calvas	5	0,03	7	5,66			12	5,69
2	Catamayo	30	0,70	7	1,50	14	0,19	51	2,39
3	Celica	2	0,02	12	11,59			14	11,61
4	Chaguarpamba	3	0,01	3	4,16			6	4,17
5	Espíndola	4	0,04	4	0,80			8	0,84
6	Gonzanamá	8	0,12	1	0,03	4	0,11	13	0,26
7	Loja	79	1,30	18	4,43	15	0,24	112	5,97
8	Macara	5	0,10	19	16,82			24	16,92
9	Olmedo			3	4,47			3	4,47
10	Paltas	3	0,06	31	19,50	1	0,02	35	19,58
11	Pindal	1	0,01					1	0,01
12	Quilanga	2	0,02	1	0,32	1	0,06	4	0,40
13	Saraguro	6	0,05	18	25,12	4	0,19	28	25,36
14	Sozoranga			2	2,33			2	2,33
15	Total	148	2,46	126	96,73	39	0,81	313	100,00

Elaborado por autor. Fuente: (Instituto Nacional de Investigación Geológico Minero Metalúrgico (INIGEMM), 2011)

El catastro minero muestra que en la provincia hay un total de 313 concesiones mineras de las cuales se tiene:

- Superficie concesionada 12852126 ha que representa el 11,62%
- Superficie en producción 2095 ha

3.3.4 Significancia de la minería

La mayor actividad minera de la provincia, se concentra en la extracción de materiales de construcción: arena, grava y piedra, ubicadas en el lecho de los ríos, quebradas y zonas de vega cercana a los centros poblados y vías de acceso.

En orden de importancia como una actividad extractiva, se ubica la minería de no-metálicos (extracción de arcillas, yesos, caolines, mármol), a pesar de que el número de concesiones mineras es la tercera parte con respecto a los otros dos grupos.

Geográficamente, las concesiones mineras se concentran en:

- La cuenca del rio Catamayo, límites de los cantones Macara – Celica, Sozoranga – Paltas, Calvas – Paltas.
- La zona de Yamana, siguiendo el límite de los cantonas Paltas – Olmedo – Chaguarpamba – Catamayo.
- La zona a lo largo del eje vial Yangana – Vilcabamba – Malacatos – Loja.
- La franja de Catamayo – Chantaco – Chuquiribamba – limite Oeste del cantón Saraguro.

Desde el punto de vista de las ocurrencias metálicas, las concesiones mineras de:

- La franja Catamayo – Chuquiribamba – limite Oeste del cantón Saraguro, que está ligada a la ocurrencia de mineralizaciones de metales preciosos (oro, plata) y la presencia de arcillas, mármoles.
- La franja Yangana – Loja, está ligada a las cuencas de los ríos Malacatos, Solanda, Zamora, para extraer materiales de construcción y no metálicos (arcillas, caolines y yesos) e indicios de oro.
- La cuenca de Catamayo límite de varios cantones, está ligada a mineralizaciones de oro, plata, y no metálicos (yesos, calizas, arcillas).

Por el total de manifiestos de producción, se debe indicar lo siguiente:

- En las concesiones de metálicos, se hace principalmente la explotación de los indicios de oro.
- Existe entre las concesiones para materiales de construcción y no metálicos, un gran número de concesionarios mineros que no han cumplido con sus evaluaciones de impactos ambientales y consecuentemente con los manifiestos de producción.
- Es muy probable que a pesar de contar con Títulos Mineros, hay extracciones de materiales de construcción y no metálicos al margen de las disposiciones de la Ley de Minería y sus reglamentos.

La provincia de Loja, no puede ser considerada como una provincia minera, es muy probable que un incremento del detalle de las investigaciones geólogo mineras, pueda definir zonas con potencial a ser aprovechadas; mientras tanto la riqueza en no metálicos la ubica como una región de provisión de materia prima para la industria de

cerámicos, cemento a las 3 ciudades Quito, Guayaquil y Cuenca polos de movimiento económico. La extracción de materiales de construcción, da abasto al consumo y demanda local, sin embargo es objeto de problemas, por la distancia y nivel de conflictividad.

Tabla 9 Catastro de concesiones mineras en la provincia

Concesiones mineras		superficie	
Tipo de material	**N de concesiones**	**(Ha)**	**%**
Metálicos	125	184131,44	96,74
No metálicos	39	1504,00	0,79
Materiales de construcción	148	4695,93	2,47
Total provincial		190331,37	100

Elaborado por autor. Fuente (Instituto Nacional de Investigación Geológico Minero Metalúrgico (INIGEMM), 2011)

3.3.5 Un análisis de interés

Un estudio realizado por la Escuela Politécnica Nacional de Quito[15] acerca de las propiedades térmicas de arcillas ecuatorianas para ser utilizadas como material refractario examino 12 tipos de arcillas diferentes, catalogándolas según el lugar de su extracción en:

- **Arcilla de la Formación Tosagua 1** (En estado puro presenta una coloración amarilla terrosa, después de la cocción adquiere una coloración café. Alta plasticidad. No se disgrega con facilidad)
- **Arcilla de la Formación Tosagua 2** (En estado puro presenta una coloración amarilla más intensa que la anterior, después de la cocción adquiere una coloración café oscura. Alta plasticidad. No se disgrega con facilidad)
- **Arcilla Limón-Azuay** (En estado puro presenta una coloración blanco hueso, después de la cocción adquiere una coloración amarilla de baja intensidad. Baja plasticidad. Se disgrega con facilidad)
- **Arcilla Engabao 1** (En estado puro presenta una coloración ocre, después de la cocción adquiere una coloración café cobrizo. Baja plasticidad. Se disgrega con facilidad)

[15] (Tufiño, Vieira, Lascano, & Guerrero , 2012)

- **Arcilla Engabao 2** (En estado puro presenta una coloración grisácea, y retiene su color durante la cocción. Baja plasticidad. Se disgrega con facilidad)
- **Arcilla Paján** (En estado puro presenta una coloración amarilla intensa, después de la cocción adquiere una coloración cobriza. Baja plasticidad. Se disgrega con facilidad)
- **Arcilla Socorro** (En estado puro presenta una coloración café, después de la cocción adquiere una coloración cobriza. Baja plasticidad. Se disgrega con facilidad)
- **Arcilla Quilotoa** (En estado puro presenta una coloración blanco hueso, y retiene su color durante la cocción. Se disgrega con facilidad)
- **Sílice Nacional** (En estado puro presenta una coloración blanca absoluta, y retiene su color durante la cocción. Se disgrega con facilidad)
- **Arcilla Loja-Paján** (En estado puro presenta una coloración café, y después de la cocción adquiere una coloración terracota. Baja plasticidad. Se disgrega con facilidad)
- **Arcilla Loja** (En estado puro presenta una coloración grisácea y retiene su color durante la cocción. Baja plasticidad. Se disgrega con facilidad)
- **Arcilla Colimes del Balzar** (En estado puro presenta una coloración negra plomiza y retiene su color durante la cocción. Baja plasticidad. Se disgrega con facilidad)

Una vez analizadas las arcillas, se realizaron pruebas de dilatometría, conductividad térmica, choque térmico y densidad, sometiendo las muestras a diferentes presiones y posteriormente sinterizándolas a 1200° C, la finalidad de este proceso es reducir la porosidad y así obtener un material más denso y fuerte, en base a esto se escogieron las arcillas que presentaron las mejores propiedades que requiere una formulación óptima para la fabricación de materiales refractarios.

Ilustración 7 Resultados negativos en pruebas de sinterización de arcillas

Fuente: (Tufiño, Vieira, Lascano, & Guerrero , 2012)

Según los análisis se pudo observar que solo cinco arcillas; **Engabao2, Socorro, Limón-Azuay, Loja, Paján y la sílice nacional**, no presentaron alteraciones en su forma y mostraron baja porosidad, siendo la arcilla extraída en Loja una de las de mayor calidad para la fabricación de elementos cerámicos, refractarios.

Ilustración 8 Resultados positivos en pruebas de sinterización de arcillas

Fuente: (Tufiño, Vieira, Lascano, & Guerrero , 2012)

A pesar de que las baldosas cerámicas no podrían ser consideradas como materiales refractarios, el mero hecho de que la región posea arcillas que soporten 2000, 3000 y hasta 4000 PSI al ser sometidas a un proceso de sinterización tal y como hemos visto en la ilustración anterior, nos brinda una clara referencia acerca de la calidad de estas arcillas y su utilidad como materia prima, dependería entonces de una correcta formulación y dosificación de las diferentes arcillas para lograr un producto más refinado, que pueda ser aplicable al proceso cerámico planteado en esta investigación.

3.4 Minería y manufactura en el Ecuador

El último censo publicado por el INEC sobre Minería y Manufactura del Ecuador corresponde al año 2008, y nos proporciona la información más importante de los sectores de Manufactura y Minería, mediante la investigación de variables tales como: **personal ocupado, remuneraciones, producción**, entre otras, a fin de establecer un marco de información necesaria que permita analizar la estructura del sector y facilitar su diagnóstico y planificación. El universo de la investigación está constituido por los establecimientos, que a la fecha de la enumeración tenían 10 o más personas ocupadas

La Encuesta cubre las actividades de la Industria Manufacturera y Minera, que corresponden a las **Secciones C y D** de la **Clasificación Industrial Internacional Uniforme CIIU** – Tercera Revisión (CIIU Naciones Unidas ST/ ESA/STAT/4 Rev. 3 de 1989).

La información comprende materias primas consumidas y productos elaborados en el año de investigación. Los datos se presentan a nivel de agrupaciones (3 dígitos de la CIIU), de la Clasificación Industrial Internacional Uniforme, Tercera Revisión. Con el propósito de que la misma sea lo más explícita posible, los resultados se muestran además desagregados a 11 dígitos de la Clasificación Central de Productos (CPC). Los cuatro primeros dígitos corresponden a la CIIU, los cinco siguientes a la CPC y los dos últimos a la identificación nacional, que permite una mayor especificación en la descripción, tanto de las materias primas como de los productos.

Los datos estadísticos proporcionados por el INEN nos muestran una perspectiva única sobre la producción industrial de materiales cerámicos en el Ecuador, y a su vez nos

permitan conocer más de cerca la realidad productiva de los productos definidos como baldosas cerámicas.[16]

3.4.1 Número de establecimientos

Se entiende por establecimiento, la unidad económica que bajo un propietario o control único, o bajo una sola entidad jurídica, se dedica exclusiva o principalmente a una clase de actividad económica, (por ejemplo: una mina, fábrica o taller).

En el año 2008, fueron investigados en el país 1.530 establecimientos económicos, dedicados a las actividades de Manufactura y Minería. De éstos 1.460 (95%) son manufactureros y 70 (5%) mineros. La actividad Elaboración de Productos Alimenticios y Bebidas es la de mayor representatividad con 393 establecimientos informantes.

A nivel regional, el mayor volumen de establecimientos se ubican en la Sierra (65%); a continuación la Costa (34%); y finalmente la Amazonía (1%). Por el número de establecimientos, las provincias de Pichincha en la Sierra, Guayas en la Costa y Zamora Chinchipe en la Amazonía, son las más representativas dentro de cada región geográfica con el 61%, 74% y 38%, respectivamente.

Pichincha (41%) y Guayas (26%), son las provincias que concentran en mayor proporción a los establecimientos Manufactureros del país, en tanto que Azuay con el (67%), constituye la provincia que abarca el mayor número de establecimientos Mineros investigados a nivel de todo el país

3.4.2 Producción

Se refiere a la cuantificación de la producción bruta del establecimiento en el 2008. Se obtiene mediante la agregación de los siguientes rubros: producción de artículos para la venta, venta de artículos sin transformación, ingresos por servicios, otros ingresos por servicios, construcción de activos fijos por cuenta propia, aumento de existencias de los productos en proceso y menos el costo de los artículos vendidos sin transformación, los cuales fueron valorados a "precios - productor".

[16] (Instituto Nacional de Estadísticas y Censos INEC, 2012)

El mayor aporte al proceso productivo del país, en el transcurso del año 2008, le corresponde al sector manufacturero, que genera el 85% de la producción total, quedando el 15% de la contribución para el sector minero. Cabe indicar, que al interior de la Manufactura, las ramas de actividad económica "Elaboración de Productos Alimenticios y Bebidas"; "Fabricación de Coque, Productos de la Refinación de Petróleo y Combustible Nuclear", "Fabricación de Substancias y Productos Químicos", "Fabricación de Productos de Caucho y de Plástico" y "Fabricación de Metales Comunes", cubren el 73% de la producción de este sector económico. Por su parte, la Minería con los establecimientos económicos que tienen como actividad principal, la Extracción de Petróleo Crudo y Gas Natural, contribuyen con el 99% al total de la producción generada por dicho sector. Es de anotar también que estas seis actividades económicas generan el 77% de la producción total del país.

En el ámbito regional, los niveles de producción se encuentran concentrados en la Costa 49%, la Sierra aporta con el 36% y la Amazonía con el 15%. Complementariamente, al relacionar los aportes de las provincias frente a sus regiones geográficas, se observa que Guayas en la Costa, representa el 61%; Pichincha en la Sierra, el 77% y Sucumbíos en la Amazonía, el 97%. Estas tres provincias concentran el 72% de la producción total generada por las actividades económicas que cubren la presente investigación.

3.4.3 Otros datos de interés

Personal ocupado: Comprende el número promedio de personas (según género) que trabajaron en o para el establecimiento durante el mes de noviembre del año 2008. Se incluyen a todos aquellos trabajadores que se encuentran en vacaciones, con descanso por enfermedad, en huelga y en cualquier otro tipo de descanso de corto plazo. Se excluyen a todos los trabajadores a domicilio, las personas en uso de licencia indefinida y las que se encuentran en el servicio militar.

Remuneraciones: Son todos los pagos realizados por el establecimiento a empleados u obreros, tanto en dinero como en especies; incluye: las contribuciones a favor de éstos a la seguridad social, seguros de vida y otros beneficios análogos.

3.5 Principales actividades económicas del cantón Loja.

El conjunto de datos que las publicaciones del INEN van aportando poco a poco, nos ayuda a comprender de mejor manera el marco de referencia acerca de la producción en los diferentes grupos industriales. Así, al conocer a que sección de la Clasificación

Industrial Uniforme pertenecen las industrias cerámicas y sus respectivos dígitos asignados, es más fácil tener un panorama más amplio de este, y como se desarrolla dentro del contexto nacional con respecto a otros grupos y subgrupos industriales. [17]

Podemos conocer ahora la situación económica de la región en la cual, tal y como veremos a continuación, se muestra totalmente volcada a las actividades comerciales y servicios.

También conocemos ahora, que nuestra región tiene una gran cantidad de recursos en cuanto a minerales no metálicos, propicios para impulsar el desarrollo industrial cerámico, sin embargo la poca actividad manufacturera está concentrada en otro tipo de establecimientos. En el siguiente cuadro podemos ver un breve perfil económico de económico del cantón Loja.

Tabla 10 Perfil económico del cantón Loja

Perfil económico del cantón Loja			
12.119	**USD 1.550**	**42.192**	**USD 13,3**
Establecimientos económicos	Millones de dólares generaron los ingresos por ventas	Fue le total de personas empleadas	Millones se invirtió en activos fijos
Principales actividades económicas			
Actividades productivas	Fabricación de prendas de vestir, excepto prendas de piel.		
	Fabricación de productos metálicos para uso estructural		
Actividades de comercio	Venta al por menor de alimentos, bebidas y tabaco		
	Venta al por menor de alimentos, bebidas y tabaco en puestos de venta y mercados		
Servicios	Actividades de restaurantes y servicios móviles de comida		
	Actividades jurídicas		

Elaborado por autor. Fuente: (Instituto Nacional de Estadísticas y Censos INEC, 2012)

[17] (Instituto Nacional de Estadísticas y Censos INEC, 2012)

3.6 El sector cerámico

Se trata de un sector pequeño pero importante a la vez en el desarrollo del ecuador, El desarrollo industrial cerámico en el Ecuador constituye un punto fundamental en el progreso y avance para la economía a nivel interno.

La sección D de la CUII3, incluye entre otras, la división 2692 ***Fabricación de otros productos minerales no metálicos*.** Los códigos de esta división pertenecen a las empresas que están relacionadas a la actividad económica de la industria cerámica.

En esta división se agrupan diferentes actividades relacionadas con una misma sustancia de origen mineral. La división comprende el vidrio y los productos de vidrio (por ejemplo, vidrio plano, vidrio hueco, fibras, artículos de vidrio de uso técnico, etc.); y ***productos de cerámica***, losetas y productos de arcilla cocida y cemento y yeso, desde las materias primas hasta los productos acabados. Esta división se completa con las actividades de corte, tallado y acabado de la piedra y otros productos minerales.

En la base de datos de la Universidad Politécnica del Litoral se pueden encontrar investigaciones que identifican las compañías que pertenecen a la industria cerámica ecuatoriana, esta información se logró utilizando el sistema armonizado de nomenclaturas de carácter económico y a la clasificación ampliada de las actividades económicas de acuerdo a la CIIU3, de donde se seleccionaron aquellos códigos que están relacionados a los grupos de actividad económica de la industria cerámica[18].

El resultado de esta investigación muestra los nombres de las empresas con la actividad individual económica que realizan cada una de ellas. Una vez obtenidos los nombres de las empresas se procedió a determinar el número de estas por región.

Tabla 11 Numero y porcentaje de industrias cerámicas en el país

Región	Número de empresas	Porcentaje
Costa	6	15%
Sierra	33	85%

Elaborado por autor. Fuente: (Cardenas Muga, 2002)

[18] (Cardenas Muga, 2002)

El estudio determinó que la mayoría de las industrias cerámicas se encuentran en la sierra ecuatoriana (85%) y el resto (15%) en la costa, no registrándose ni en el Oriente, ni en Galápagos esta clase de industria.

Tabla 12 Numero y porcentaje de industrias cerámicas por provincia.

Provincia	Número de empresas	Porcentaje
Azuay	15	37%
Pichincha	8	21%
Guayas	5	13%
Loja	4	10%
Chimborazo	2	5%
Cañar	2	5%
Imbabura	1	3%
Tungurahua	1	3%
Manabí	1	3%

Elaborado por autor. Fuente: (Cardenas Muga, 2002)

Como podemos observar el mayor porcentaje de la industria cerámica se encuentra radicada en la provincia del Azuay (37%) y en la provincia de Pichincha (21%). La provincia del Guayas (13%) es la tercera en porcentaje y la principal de la región costa. De acuerdo a la clasificación dada se clasificaron las industrias según su tipo como se puede ver dando como resultado la tabla a continuación:

Tabla 13 Numero, porcentaje y tipo de industrias cerámicas.

Tipo de industria	Cantidad	Porcentaje
Cerámica blanca	15	35%
Cerámica roja	15	35%
Cemento	8	19%
Vidrios	4	9%
Refractarios	1	2%

Elaborado por autor. Fuente: (Cardenas Muga, 2002)

3.6.1 Cerámica blanca y roja

Analizando la tabla se puede concluir que en el país solo se ha desarrollado la industria de cerámica tradicional, y dentro de este segmento de la industria cerámica el mayor porcentaje corresponde a la industria de cerámica blanca (35%) y cerámica roja (35%). De acuerdo a la clasificación dada por la CIIU3, de acuerdo al tipo de producto elaborado por cada una de las empresas tenemos como resultado las tablas:

Tabla 14 Industrias de cerámica blanca y roja en el país

Provincia	Cantón	Nombre de la industria	Tipo de industria
Pichincha	Quito	Cerámicas Arsílco Cía. Ltda.	Cerámica blanca
Pichincha	Quito	Edesa S.A	Cerámica blanca
Pichincha	Quito	Franz Viegner S.A	Cerámica blanca
Pichincha	Quito	Silicatos y óxidos Siloxydos S.A	Cerámica roja
Chimborazo	Riobamba	C.A. Ecuatoriana de Cerámica	Cerámica roja
Azuay	Cuenca	Graiman Cía. Ltda.	Cerámica roja
Azuay	Cuenca	Cerámica andina C.A.	Cerámica blanca
Azuay	Cuenca	Cerámica Alfarero C.A.	Cerámica blanca
Azuay	Cuenca	Artesa cía. Ltda.	Cerámica blanca
Azuay	Cuenca	Cevicerámica	Cerámica blanca
Azuay	Cuenca	Yapacunchi S.A.	Cerámica blanca
Azuay	Cuenca	Cerámica Monteturi Cía. Ltda.	Cerámica roja
Azuay	Cuenca	Hegagres	Cerámica roja
Azuay	Cuenca	Ladrillos y cerámica s.a. Lacesa	Cerámica blanca
Azuay	Cuenca	Cerámica Yanuncay	Cerámica roja
Azuay	Cuenca	Iprosan S.A.	Cerámica blanca
Azuay	Cuenca	Cerámica Cuenca S.A.	Cerámica blanca/roja
Azuay	Cuenca	Cerámica Rialto S.A	Cerámica blanca/roja
Azuay	Cuenca	Italpisos S.A.	Cerámica blanca
Azuay	Cuenca	Fabrica Sinincay	Cerámica roja
Cañar	Azogues	Industrias ladrillosa	Cerámica roja
Loja	Catamayo	Fca. De ladrillo y teja de Luis tuza	Cerámica roja
Loja	Catamayo	Arteja	Cerámica roja
Loja	Catamayo	Decorteja	Cerámica roja
Loja	Saraguro	Industria cerámica pionero	Cerámica roja
Guayas	Guayaquil	Dolmen s.a.	Refractarios
Guayas	Guayaquil	Agrícola industrial Alfadomus C.l.	Cerámica roja

Elaborado por autor. Fuente: (Cardenas Muga, 2002)

3.6.2 Productos de cerámica blanca y roja

Las industrias de cerámica blanca y roja del ecuador manufacturan los siguientes productos, entre estos podemos ver las más importantes empresas fabricantes de baldosas cerámicas

Tabla 15 Productos fabricados en cerámica blanca y roja

Nombre de la industria	**Productos**
Cerámicas Arsílco Cía. Ltda.	Vajillas de porcelana
Edesa S.A	Porcelana sanitaria y accesorios para baños
Franz Viegner S.A	Porcelana sanitaria y accesorios para baños
Silicatos y Óxidos Siloxydos S.A	Tejas, baldosas, baldosas de gres
C.A. Ecuatoriana de Cerámica	Baldosas de gres, baldosas y bloques para pisos, bloques y azulejos para paredes
Graiman Cía. Ltda.	Baldosas y losas para pisos y azulejos para paredes
Cerámica andina C.A.	Vajillas de porcelana
Cerámica alfarero C.A.	Adornos decorativos
Artesa Cía. Ltda.	Vajillas y adornos cerámicos
Cevicerámica	Adornos decorativos
Yapacunchi S.A.[19]	Vajillas y adornos cerámicos
Cerámica Monteturi.	Accesorios para baños
Hegagres	Baldosas de gres
Ladrillos y cerámica s.a. Lacesa	Ladrillos, bloques de arcilla
Cerámica Yanuncay	Tejas, ladrillos, bloques de arcilla
Iprosan S.A.	Porcelana sanitaria
Cerámica Cuenca S.A.	Baldosas y azulejos para paredes
Cerámica Rialto S.A	Baldosas y bloques para pisos
Italpisos S.A.	Baldosas y azulejos decorativos
Fabrica Sinincay	Tejas
Industrias ladrillosa	Ladrillos y bloques
Fca. De ladrillo y teja de Luis Tuza	Ladrillos, bloques y tejas
Arteja	Baldosas de gres y tejas
Decorteja	Bloques para pisos y paredes
Industria cerámica pionero	Ladrillos y bloques
Dolmen s.a.	Ladrillos y bloques
Agrícola industrial Alfadomus C.l.	Tejas, bloques para paredes y losa, baldosas de gres, bloques para paredes vistas, baldosas y adoquines

Elaborado por autor. Fuente: (Cardenas Muga, 2002)

[19] (*Ver 3.6.3 Sobre el sector cerámico de la ciudad de Loja)*

3.6.3 Sobre el sector cerámico en la ciudad de Loja

De las 27 industrias cerámicas mencionadas, 8 pertenecen al Grupo Eljuri, dentro de las cuales se encuentran: C.A. Ecuatoriana de Cerámica, Industria de porcelana sanitaria S.A.; Cerámica Andina C.A.; Artesa Cía. Ltda., Cerámica Monte Turi Cía. Ltda., Italpisos S.A., Cerámica Cuenca S.A., Cerámica Rialto S.A., y Cerámica Cuenca S.A. Además, las compañías cuentan con la empresa Explominas que es la encargada de la concesión, exploración y explotación de minas que permite abastecer de materia prima a sus industrias y a terceros.

La Universidad Técnica Particular de Loja, promueve y genera diferentes actividades productivas en sus Centros de Transferencia de Tecnología. Es así que la Planta de Cerámica Cerart fue creada en el año de 1983 con el fin de ser un apoyo para los estudiantes de la Escuela de Bellas Artes, actualmente Escuela de Arte y Diseño, quienes aportan un valor artístico a la cerámica a través del aprovechamiento de los recursos naturales y culturales que se encuentran en torno a la ciudad de Loja y todo el país.

La utilización de los diferentes sellos y gráficos de las culturas precolombinas como la Valdivia, Esmeraldas, Manabí, Paltas y su elaboración manual, han sido el valor que se le agrega a cada pieza creada en arcilla roja recubierta de engobe negro o blanco. Los diseños son de tipo decorativo, utilitario, etc.

El 10 de Septiembre del 2002, Cerart adquiere Yapacunchi. A partir de entonces produce ésta línea de producción desde Loja - Ecuador.

Ñukanchik: Pasa a ser lo que por muchos es conocido como la cerámica precolombina que se fabrica en la anterior Planta Piloto Cerart, además se une a esta nueva línea todo lo referente a la investigación de los recursos gráficos que nos proporcionan nuestro entorno como por ejemplo la reproducción de aves, orquídeas, flores, petroglifos, paisajes acoplándose a través de nuevos diseños.

Es una línea reconocida en nuestro medio y fuera de este por su llamativa decoración y calidad. La técnica a utilizar son el bajo esmalte, lustres y calcomanía.

Yapacunchi: Esta fábrica fue fundada con un buen desarrollo tecnológico en 1968 bajo el nombre de Yapacunchi Artes del Azuay, ya que producía una variedad de artesanías

tales como ropa bordada a mano, muebles decorados, joyería en oro y plata, etc. En 1974, se decide producir únicamente artículos cerámicos decorativos para el hogar hechos a mano orientada además al mercado internacional.

Dentro de esta línea se encuentran las diferentes culturas existentes en nuestro país así como representaciones de la fauna en figuras zoomorfas de los principales animales que conocieron: iguanas, garzas, jaguares, lagartos, etc.

Estas interpretaciones son motivo también de los diseños que utiliza Cerart para sus productos en la fase de decoración por parte de sus artesanos, los mismos que generalmente se asocian con manifestaciones histórico-culturales y sociales de nuestros pueblos, algunas de los cuales perduran hasta la actualidad.

En conclusión podemos afirmar en base a los datos presentados, que la industria cerámica lojana tiene un desarrollo muy pequeño con respecto a la de otras ciudades, en especial si la comparamos con la industria cerámica cuencana.

Aunque en Catamayo exista un pequeño desarrollo en la producción de tejas y ladrillos, y la línea de adornos y utilitarios producida por Cerart en Loja, es aún muy poco lo que se produce en contraste con la cantidad de recursos minerales no metálicos propicios para la producción de cerámicos que la región posee y como se ha mencionado anteriormente, lo poco que se extrae, es utilizado en su mayoría para abastecer de materia prima a diferentes fábricas fuera de la región, perdiendo así la oportunidad de generar un valor agregado, así como también muchos otros beneficios para la ciudad como el ingreso de capitales de inversión y la generación de empleo.[20]

[20] *(Ver Anexo E: Principales fábricas productoras de cerámicos de acuerdo a la CIIU en el Ecuador)*

4 Introducción al proceso industrial de fabricación de baldosas cerámicas

4.1 Descripción general.

Las propiedades de las baldosas cerámicas son una manifestación de sus características micro estructurales, las cuales dependen a su vez de las propiedades físico-químicas de las materias primas de partida y de cada una de las etapas que comprenden su proceso de fabricación.

Así pues, dicho proceso de fabricación debe considerarse como un conjunto de etapas interconectadas que, progresivamente y de forma deliberada, van transformando unas materias primas de partida, a través de diferentes productos intermedios, en el producto final. En consecuencia, el desarrollo de cualquier etapa del proceso no solo afecta al producto resultante de dicha etapa, sino que además altera, en mayor o menor medida, el desarrollo de las etapas posteriores y, con toda probabilidad, las características del producto final.

4.2 Extracción de arcillas.

La mayoría de empresas dedicadas al sector cerámico obtienen la materia prima de canteras cercanas al emplazamiento donde se encuentran ubicadas (ya sean propias o ajenas). Esta arcilla sin tratar es transportada mediante camiones hasta el emplazamiento donde se descarga y se almacena hasta su posterior uso.

Se utilizan medios mecánicos simples al ser la arcilla una roca disgregada, aunque si esta húmeda dificulta su extracción. La explotación se realiza a cielo abierto con palas excavadoras de cuchara o de cangilones.

El transporte depende de la proximidad de la fábrica, pudiendo hacerse por vagonetas o cintas transportadoras si está cerca y con volquetas o dámper para mayores distancias.

En la explotación a cielo abierto es frecuente tener que desechar una capa de espesor más o menos grande de material que no es apto para su utilización, este material en gran parte está formado por; tierra vegetal, arenas, gravas, etc.

Antes de ser modelada, la arcilla debe someterse a diversos procesos de depuración encaminados a reducir la cantidad de elementos extraños (piedras, vegetación, conchas...) Que se encuentran en la pasta tras su extracción.

Ilustración 9 Depuración de las arcillas

Fuente: (Ceramitec, 2012)

Se trata de un conjunto de procedimientos de suma importancia, pues de ellos depende en buena medida que la arcilla tenga las características necesarias para ser modelada y resistir la cocción. La intensidad del proceso está determinado por la calidad del objeto que se pretende obtener: así, la cerámica de lujo necesita de una pasta muy depurada, mientras que los trabajos domésticos como el hecho de hacer ladrillos requieren de un menor esfuerzo de limpieza.

En general las materias primas se pueden utilizar, tal como provienen de las minas de explotación o se le puede dar un tratamiento previo si es necesario, (homogeneización, trituración, tamizado, eliminación de hierro metálico, etc.). Las materias primas rara vez son sustancias puras, por lo cual, se debe conocer su composición química y mineralógica, su comportamiento en el proceso de fabricación y las propiedades que le confiere al producto terminado, en resumen se debe realizar una caracterización de cada materia prima.

Ilustración 10 Silos de materias primas

Elaborado por autor. Fuente: (Ceramitec, 2012)

Los materiales depurados son almacenados en silos de acuerdo a un sencillo sistema de numeración que clasifica los diferentes tipos de materia prima que serán utilizados para una posterior dosificación

4.3 Formulación de pastas cerámicas

En la fabricación de baldosas cerámicas o cualquier otro material cerámico como lo son la alfarería, la fabricación de ladrillos, loza y porcelana. Debe cumplir necesariamente una dosificación determinada, para llegar a las características del producto deseado, por ejemplo, para obtener una pasta, es necesario realizar una mezcla equilibrada de materias primas.[21]

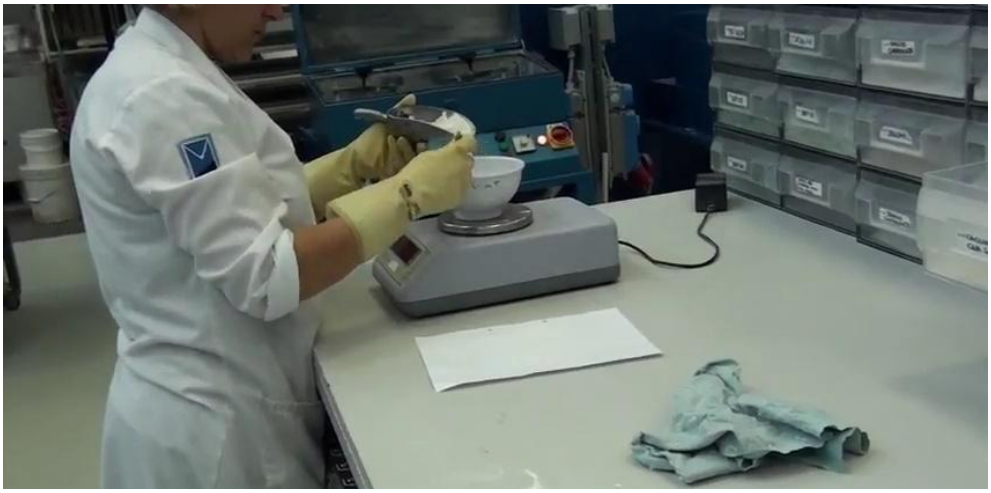
La mezcla de las diferentes materias primas es entregada por el departamento técnico el cual es responsable de dar una formulación que cumpla con los requerimientos del producto que se desea fabricar, una vez realizada esta receta, se envía al sector de molienda donde se llevara a cabo el pesaje de los distintos componentes a nivel industrial. El rol que cumple el departamento técnico es de suma importancia ya que de ellos depende, que la dosificación enviada a producción, no provoque algún tipo de alteración durante el proceso de fabricación, cabe destacar que los defectos solo pueden ser identificados una vez hecha la cocción del material ya que es muy difícil detectar imperfección en crudo.

[21] (Asociación Española de Fabricantes de Azulejos y Pavimentos Cerámicos (ASCER), 2002)

La formulación a nivel de laboratorio, tiene por objetivo determinar cómo será el comportamiento de la arcilla durante el proceso de fabricación del producto, dentro de los ensayos que se efectúan a nivel de laboratorio se debe mencionar principalmente:

- Capacidad de desfloculación
- Prensabilidad
- Comportamiento en seco: dimensiones, resistencia mecánica.
- Comportamiento en cocido, dimensiones, resistencia mecánica, porcentaje de dilatación y contracción.

Ilustración 11 Pesaje y dosificación en pruebas para formulación de soporte cerámico



Elaborado por autor. Fuente: (Ceramitec, 2012)

Para lograr una buena dosificación el departamento técnico debe buscar un producto que reúna una serie de requisitos:

- La relación entre materiales plásticos y materiales no plásticos debe ser tal, que confiera a la pasta una plasticidad suficiente para facilitar un buen prensado, con una aceptable resistencia mecánica en verde y en seco. Hay que tener en cuenta que los materiales no plásticos reducen la resistencia mecánica.
- La pasta debe ser fácilmente desfloculable
- Debe poseer una composición químico-mineralógica equilibrada, con el objetivo de que tras la cocción, el producto presente las características tecnológicas exigidas como lo son la dilatación, resistencia mecánica, dimensiones.

- Dentro de ciertos límites debe ser insensible a las posibles variaciones de temperatura de cocción. En otras palabras debe poseer un amplio rango de cocción.

Tabla 16 Formulaciones típicas en las principales familias de baldosas

Gres esmaltado			
Soporte rojo		**Soporte blanco**	
Arcilla no calcárea	100	Arcilla silícea	45-60
		Arcilla plástica	0-15
		Feldespato	25-35
		Arena silícea	0-15
		Talco	0-10
Azulejo			
Soporte rojo		**Soporte blanco**	
Arcilla calcárea	40-60	Arcilla silícea	40-60
Arcilla no calcárea	60-40	Arcilla plástica	0-15
		Caolín	0-20
		Carbonatos	10-15
		Arena silícea	15-25
Gres porcelánico esmaltado			
		Soporte blanco	
		Arcilla silícea	40-60
		Arcilla plástica	10-20
		Feldespato	30-40
		Talco	0-3
Gres porcelánico no esmaltado			
		Soporte blanco	
		Arcilla plástica	30-45
		Caolín	15-25
		Feldespato	35-45
		Arena silícea	0-10
		Zirconio	2-6

Elaborado por autor. Fuente: (Asociación Española de Fabricantes de Azulejos y Pavimentos Cerámicos (ASCER), 2002)

Cada empresa productora de baldosas cerámicas dispone de sus propias formulaciones, optimizadas según la naturaleza de las materias primas que utiliza y sus propios procesos productivos.

No obstante, existen unas características comunes a todas ellas, que son las que se describe a continuación:

- Las composiciones de los soportes de cocción roja para pavimento y revestimiento se formulan, generalmente, a partir de mezclas de arcillas naturales de alto contenido en hierro y de distinta plasticidad.
- Las composiciones de los soportes de cocción blanca, sin embargo, suelen formularse con una relación próxima al 50% de minerales plásticos y de materiales desgrasantes. Las arcillas elegidas deben poseer bajos contenidos de óxidos colorantes, y suele emplearse el caolín como material plástico de elevada blancura.
- Para la fabricación de azulejos se emplean arcillas con altos contenidos de carbonato de calcio, pero estas se evitan en la fabricación de gres, ya que dicho compuesto es el responsable de la porosidad final de la pieza, propiedad necesaria en los azulejos pero opuesta a la naturaleza compacta de las baldosas de gres esmaltado y gres porcelánico.
- Las composiciones de gres porcelánico son similares a las de gres esmaltado, pero en este caso las materias primas se deben elegir de manera que den lugar a un elevado grado de blancura y a una baja porosidad (inferior al 0.5% de absorción de agua) en las piezas cocidas, minimizando, al tiempo, la contracción de cocción.

4.4 Procesos

Aunque cada uno de los distintos tipos de baldosas cerámicas es fruto de procesos de fabricación diferentes, que pueden llegar a diferir sustancialmente entre sí dependiendo de las especificaciones propias de cada una de aquellas y de su destino último, se puede dividir el proceso general de fabricación de las baldosas cerámicas en las etapas indicadas a continuación:

Preparación de la composición: Una vez elegidas las materias primas a emplear, y determinada la proporción en la que va a intervenir cada una de ellas (formulación), se realiza el pesaje y la dosificación de las mismas.

Preparación de las pastas: El material pesado es triturado para garantizar su total homogeneización y obtener una distribución de tamaños de partícula óptima para que las diferentes materias primas interactúen adecuadamente en las etapas posteriores del proceso. Esta homogeneización y trituración puede realizarse en seco (vía seca) o bien poniéndolas en suspensión acuosa (vía húmeda). En este segundo caso es necesario un posterior secado de la suspensión resultante, que se lleva a cabo generalmente mediante un proceso de atomización.

Conformado de piezas: Con la mezcla de materias primas homogeneizada y en condiciones de humedad determinadas, se da forma al producto mediante procesos de prensado o de extrusión.

Secado: Las piezas recién moldeadas se introducen en un secadero continuo (vertical u horizontal) para reducir su humedad, duplicando o triplicando así su resistencia mecánica, lo que permite su procesado posterior.

Esmaltado y decoración: Muchas baldosas cerámicas son recubiertas por una o varias capas de esmalte y posteriormente decoradas, bien por necesidades únicamente estéticas, bien para conferirles ciertas propiedades fisicoquímicas. Este proceso puede realizarse sobre el soporte crudo o sobre el soporte previamente cocido (bizcocho).

Cocción: Las piezas conformadas secas y, en su caso, esmaltadas y decoradas, son introducidas en un horno donde son sometidas a un ciclo térmico a alta temperatura que conduce al producto final deseado.

Clasificación y embalaje: La clasificación de las baldosas se realiza al final del proceso de forma automática mediante equipos mecánicos y observación superficial. El resultado es un producto perfectamente controlado en cuanto a su regularidad dimensional, aspecto superficial y características mecánicas y químicas.

4.4.1 Esquemas de proceso en las principales familias de baldosas

Como se había mencionado anteriormente, los diferentes tipos de baldosas cerámicas existentes en el mercado son fruto de la combinación de distintas materias primas y diferentes procesos de fabricación, se pueden clasificar de una forma sencilla, para diferenciarlos, en función del proceso con el que se han conformado y de la cantidad de agua que pueden absorber.[22]

Aunque las diferentes clasificaciones pueden incluir una gran variedad de productos, podemos diferenciar que las principales familias de baldosas cerámicas son:

- Azulejos
- Gres esmaltado

[22] (Centro de Tecnologias Limpias (CTL), 2012)

- Gres porcelánico
- Gres rustico

4.4.1.1 Azulejos

La gran familia de los azulejos o baldosas cerámicas destinadas a revestimiento, denominados comercialmente azulejos de pasta roja y azulejos de pasta blanca. Son productos porosos con superficie vista recubierta con uno o varios vidriados.

Obtenido por prensado en seco, con alta absorción de agua (11-15%), esmaltado y empleado generalmente para revestimientos de interior.

Proceso: En el caso de los azulejos el procedimiento de conformado de pieza que se utiliza es exclusivamente el prensado, debido a la alta estabilidad dimensional requerida en este tipo de productos. Cuando se emplea la molienda vía seca, la cocción del soporte y del esmalte se realiza generalmente de forma independiente, en un proceso de bicocción, debido al retraso en las desgasificaciones de las materias primas e impurezas de mayor tamaño presentes; tras un primera cocción lenta del soporte, con piezas apiladas, se aplica el esmalte y las piezas se someten a una segunda cocción que puede ser lenta o rápida.

Cuando la preparación de la pasta se efectúa por vía húmeda, la cocción del soporte y del esmalte suele ser simultánea (monococción), debido a la menor incidencia de las impurezas sobre la calidad del producto acabado, y que son de menor tamaño. No obstante, en algunos casos la fabricación se realiza mediante un proceso de bicocción, en el cual la primera cocción puede ser rápida o lenta, siendo la segunda cocción rápida en la mayoría de las ocasiones.

4.4.1.2 Gres esmaltado

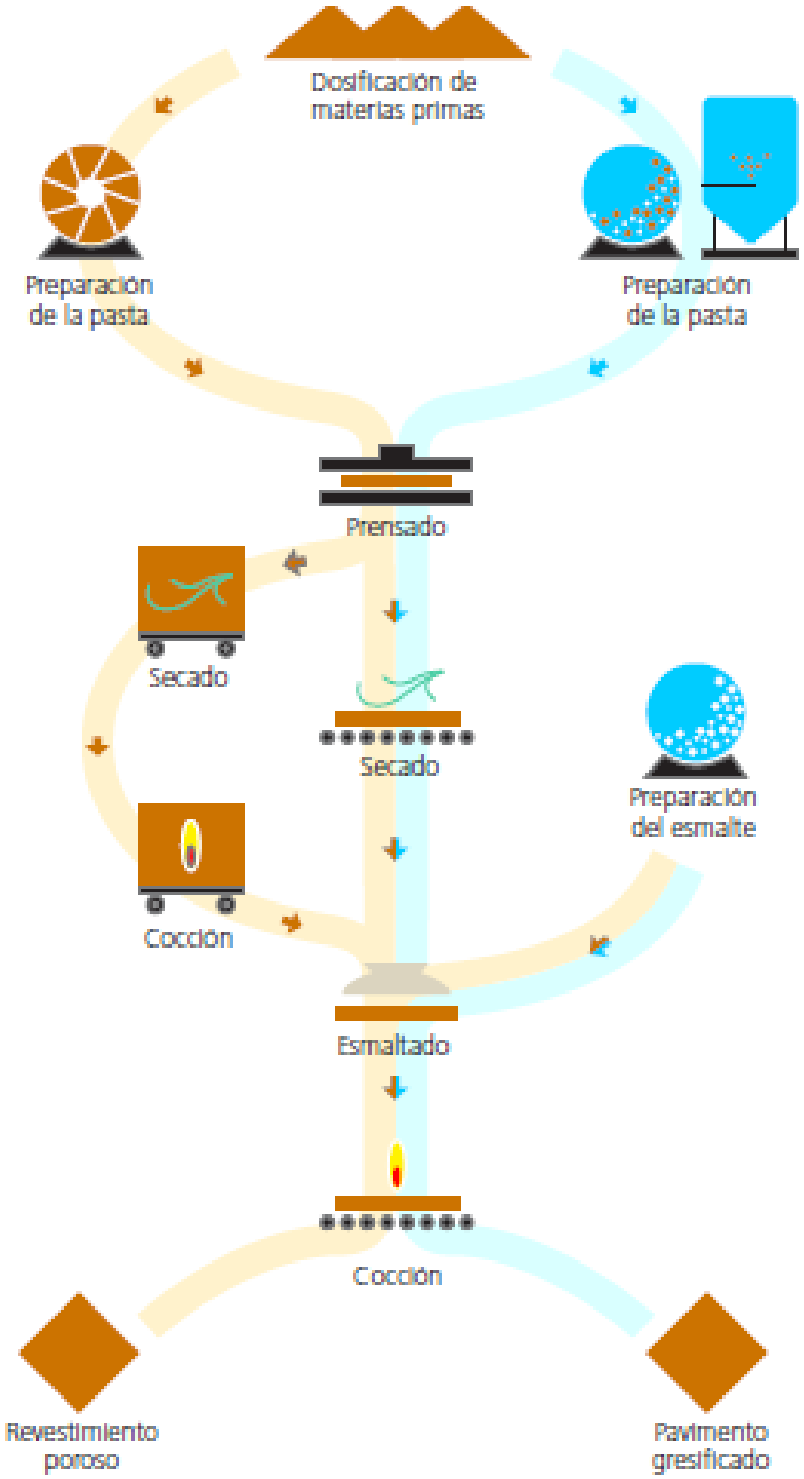
La amplísima familia de los greses o baldosas de gres, que constituye el gran grupo de baldosas de baja o muy baja porosidad, especialmente las esmaltadas para pavimento. Las baldosas de gres de porosidad media están a caballo entre los azulejos y pavimentos esmaltados y los verdaderos greses, debiendo considerarse como tales los que tienen capacidad de absorción de agua igual o inferior al 3%.

Es una familia muy amplia porque abarca, un buen número de baldosas cerámicas esmaltadas y no esmaltadas, con texturas lisas o en relieve, decoradas y no decoradas, con el soporte blanco o con diferentes coloraciones.

Proceso: En este tipo de productos la molienda se realiza mayoritariamente por vía húmeda, ya que el gránulo atomizado que se obtiene es más apto para la carga de prensas. La extrusión se emplea poco debido a los problemas de estabilidad dimensional que se derivan de la elevada contracción de secado del producto extruido y, cuando se utiliza, va precedida por molienda vía seca.

En todos los casos se utiliza una cocción simultánea de esmalte y soporte, debido a los problemas que ocasiona el esmaltado de una pieza cocida poco porosa. En la siguiente figura se resumen los procedimientos seguidos para la fabricación de baldosas de pavimento gresificado y revestimiento poroso.

Ilustración 12 Esquema de fabricación de azulejos y gres esmaltado



Elaborado por autor. Fuente: (Centro de Tecnologias Limpias (CTL), 2012)

4.4.1.3 Gres porcelánico

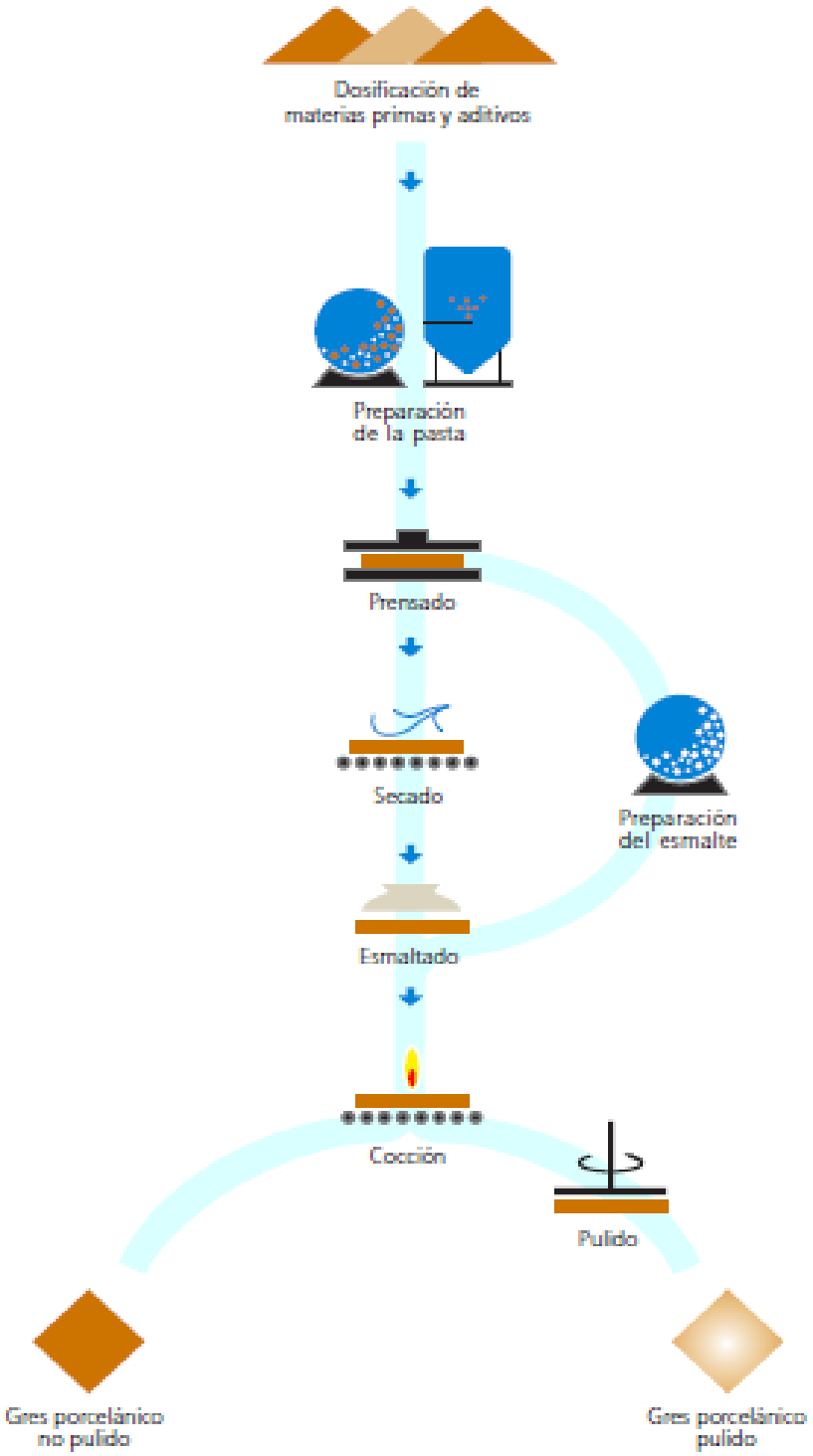
El gres porcelánico, como una subfamilia de los greses, que se caracteriza por la muy baja porosidad del cuerpo cerámico.

Obtenido generalmente por prensado en seco, con muy baja absorción de agua. El más extendido es el gres porcelánico esmaltado, con una absorción de agua máxima del 0.5%, aunque también puede encontrarse no esmaltado, conocido como porcelánico técnico que presenta una absorción de agua inferior al 0.1%.

Presenta, además de la porosidad extremadamente baja, otras muy buenas prestaciones técnicas (excelentes propiedades mecánicas y químicas, gran resistencia a la helada, a los agentes químicos y a los productos de limpieza, buena resistencia a la abrasión y elevado módulo de rotura), por lo que puede ser empleado tanto para pavimentos como revestimientos interiores y exteriores.

Proceso: En este producto, la molienda es siempre vía húmeda, debido al tamaño de partícula tan fino y al riguroso tamizado requerido para alcanzar las características deseadas. El procedimiento de conformado utilizado es el prensado como consecuencia de la mayor estabilidad dimensional que proporciona. El producto puede decorarse en la propia prensa mediante aplicaciones en seco, o como el resto de baldosas cerámicas, tras el secado en la línea de esmaltado. Una parte del gres porcelánico denominado técnico (no esmaltado) se somete a un proceso de pulido con el objeto de abrillantar la superficie de la pieza. El esquema de fabricación utilizado es el correspondiente a la figura siguiente.

Ilustración 13 Esquema de fabricación del gres porcelánico



Elaborado por autor. Fuente: (Centro de Tecnologias Limpias (CTL), 2012)

4.4.1.4 Gres Rústico

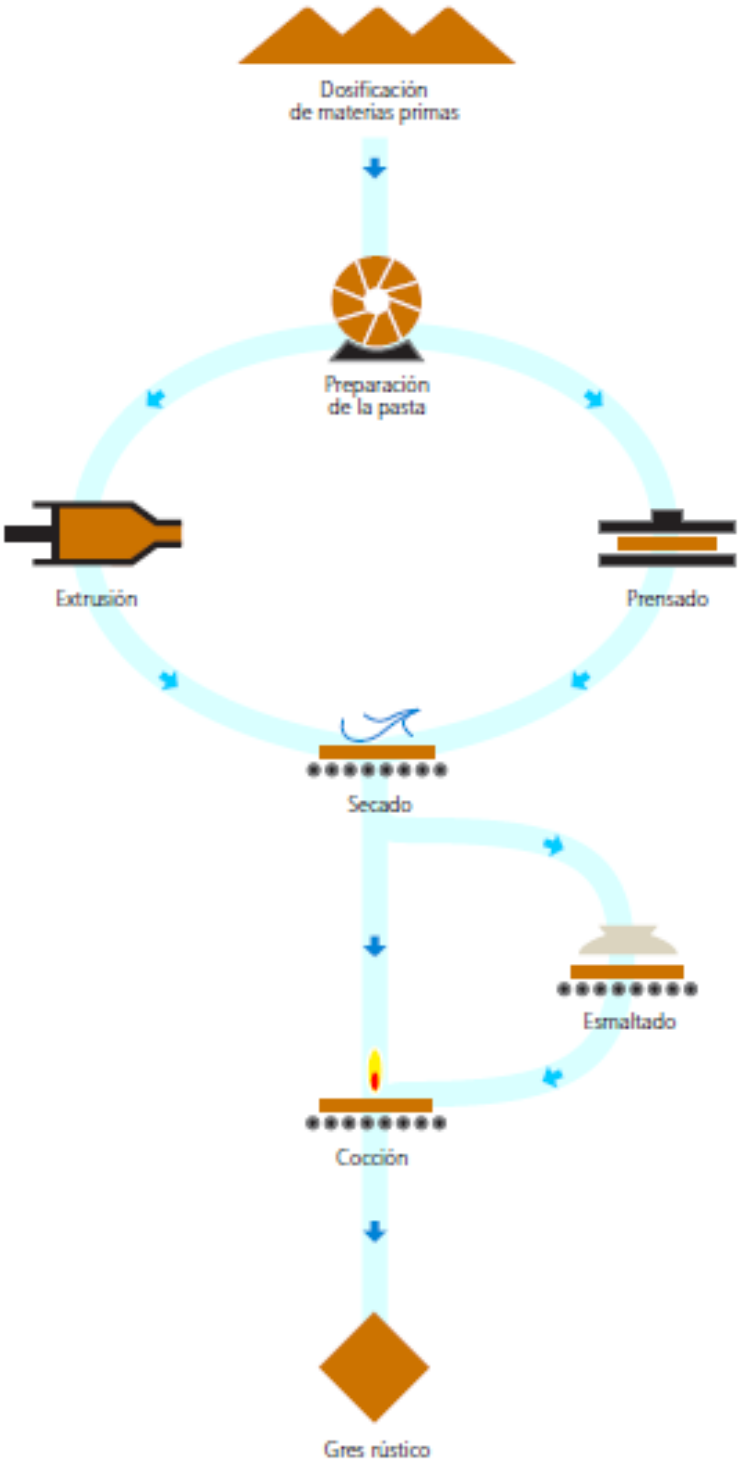
Obtenido por extrusión, con absorción de agua de media a alta, puede ser esmaltado y no esmaltado. Se usa principalmente en pavimentos de interior y exterior siempre que se desee obtener un claro ambiente rustico.

Las baldosas cerámicas deben cumplir con una serie de requisitos técnicos, algunos comunes para todas ellas, y otros específicos. Así, las características dimensionales (dimensiones propiamente dichas, rectitud de lados, ortogonalidad y planitud), las características mecánicas (capacidad para soportar peso, resistencia al desgaste) y otras características adicionales (resistencia al deslizamiento y resistencia química), son las que determinan la aptitud de las piezas producidas y, por tanto, el uso más apropiado para cada una de ellas.

Proceso: Para la fabricación de este producto se utiliza normalmente la molienda vía seca. Este hecho unido a la necesidad de añadir chamotas de tamaño de partícula gruesa, da a las baldosas el aspecto rústico requerido.

La extrusión es el procedimiento mayoritariamente utilizado para el moldeo, debido a la superficie más áspera y rústica que se obtiene en la pieza cocida, al ser menor la estabilidad dimensional requerida y a la gran productividad que es posible alcanzar. La piezas pueden esmaltarse o no, aunque en ambos casos se fabrican por mono cocción

Ilustración 14 Esquema del proceso de fabricación del gres rústico



Elaborado por autor. Fuente: (Centro de Tecnologias Limpias (CTL), 2012)

4.5 Preparación de materia prima para el proceso

En el presente apartado se evalúan cada una de las tecnologías de proceso disponibles en cada etapa de fabricación de baldosas cerámicas mencionadas en los apartados anteriores. Para ello, se han analizado las ventajas e inconvenientes de la aplicación de las mismas a partir de los siguientes criterios: medioambientales, tecnológicos y económicos.

4.5.1 Dosificación de materias primas

Ilustración 15 Dosificación y pesaje de materias primas

Elaborado por autor. Fuente: (Ceramitec, 2012)

En la actualidad, las materias primas son suministradas desde su origen tras haber sido sometidas a tratamientos de eliminación del hierro metálico, cribadas (separando partículas gruesas >15cm) y homogeneizadas. Son transportadas en camiones y descargadas en tolvas desde donde se llevan a los silos de almacenamiento.[23]

La mezcla se dosifica gravimétricamente mediante basculas instaladas en la parte inferior de los silos, garantizando una mayor continuidad en la composición de la formula prefijada.

4.5.2 Preparación de la pasta

[23] (Instituto de Tecnologia Cerámica (ITC), 2007)

Cuando se habla de molienda de sólidos, se entiende toda una serie de operaciones tendentes a la reducción de las dimensiones de los materiales, que va desde la pre-trituración gruesa hasta una pulverización extrema.

La molienda no pretende solamente obtener pequeñas partículas de un tamaño de partida aproximado, sino más bien de producir un material con un determinado diámetro medio de partícula y una distribución granulométrica adecuada para el producto que se quiere obtener.

En general, los objetivos finales del proceso de reducción de las dimensiones de los sólidos son varios, pero se puede considerar que el aumento de la superficie específica de los materiales permite conseguir una elevada homogeneidad de la masa y, además la obtención, a continuación, de las reacciones químicas más completas en tiempos breves.

El material resultante del proceso de la molturación presenta unas características diferentes si se efectúa por vía seca o por vía húmeda. En líneas generales podemos decir que, se elige la molienda en húmedo para obtener una mayor reducción granulométrica de los materiales que componen la mezcla y para una mejor homogenización, mientras que la tecnología de molienda en seco puede utilizarse cuando se trata de materias primas muy homogéneas desde un punto de vista morfológico y de dureza, o cuando se deben elaborar materiales de calidad no excesivamente elevada o productos de bicocción en general.

La molturación vía seca, es más habitual en el caso de los productos de "cerámica estructural". Ésta se realiza mediante molinos de martillos o pendulares, con el fin de reducir las dimensiones de los materiales arcillosos y de las impurezas. A continuación, se pasa a la etapa de mezclado y humectación, cuyo objetivo es reunir elementos de diferentes características para formar una única pieza que sea en todo momento homogénea.[24]

4.6 Molienda por vía seca / humectación

En la molturación por vía seca, se produce una fragmentación del material, manteniéndose tanto los agregados como los aglomerados de partículas, siendo el tamaño de la partícula resultante (existen partículas superiores a 300 micras) superior al obtenido por vía húmeda (todas las partículas son inferiores a 200 micras). Al elegir el

[24] (Centro de Tecnologias Limpias (CTL), 2012)

tipo de molturación a emplear, un factor decisivo lo constituye el coste de inversión a realizar en cada caso.

4.6.1 Amasado y humectación

El material molido vía seca se somete a un primer amasado con un 10-15% de agua y, generalmente es almacenado por un cierto tiempo. Posteriormente, y justo antes de ser introducido en la extrusora, es amasado de nuevo hasta obtener un 15-20% de agua total.

4.6.2 Conformado de piezas por vía seca (extrusión)

El proceso de extrusión consiste en hacer pasar una columna de pasta, en estado plástico, a través de una matriz, mediante el empuje de un sistema propulsor. Una vez realizada la extrusión, el material obtenido se corta o troquela para obtener la dimensión de la pieza requerida.

El sistema propulsor puede ser de hélice, de cilindros o a pistón, pero el más empleado en la fabricación de baldosas cerámicas es el de hélice, por su elevada productividad y por su posibilidad de trabajar en régimen continuo.

Este tipo de conformado de pieza se emplea en la fabricación de objetos de sección constante, como son por ejemplo las piezas de gres rustico.

4.7 Molienda por vía húmeda

En este proceso, las arcillas se introducen total o parcialmente en trituradoras de mandíbulas, y posteriormente se le añade agua. Esta composición se moltura en molinos de bolas o se deslía directamente. A la suspensión resultante (barbotina) se le elimina parte del agua que contiene, hasta alcanzar el contenido en humedad requerido (secado por atomización).

Ilustración 16 Molinos de bolas para fabricación de soporte cerámico

Elaborado por autor. Fuente: (Certech, 2013)

La molturación vía húmeda se lleva a cabo en un molino de bolas que trabaja en continuo. Se trata de un cuerpo cilíndrico o cilíndrico-cónico, cuyas paredes interiores están protegidas, y que gira alrededor de un eje horizontal. En el interior del tambor se coloca una carga de molienda (que suelen ser bolos de sílex o bolas de alúmina), con una distribución de tamaños apropiados para optimizar la molturación.

Ilustración 17 Interior de un molino de bolas

Elaborado por autor. Fuente: (Certech, 2013)

Por un lado del molino se introduce los sólidos mezclados con un 35% de agua aproximadamente y el aditivo desfloculante que ayuda a mantener aquellos en suspensión y, por tanto, la molturación.

Por efecto de la rotación del tambor, las bolas son arrastradas a lo largo de las paredes hasta que caen en cascada, por lo que someten al material a moler a innumerables acciones de presión, de rozamiento y de choque por las mismas bolas y con las paredes del tambor.

Por el otro extremo del molino se obtiene el producto molturado en forma de suspensión, habitualmente denominado barbotina, y que resultara con un tamaño de partícula medio mayor o menor en función del tiempo que permanezca en el interior, de la velocidad de rotación y de la longitud del molino. La barbotina obtenida se pasa a través de un vibrotamiz para eliminar las partículas superiores a 125-200 μm y posteriormente, se mantiene en unos depósitos provistos de agitadores (balsas) para homogeneizar el producto y evitar que sedimente.

Ilustración 18 Salida de la arcilla molturada (barbotina)

Elaborado por autor. Fuente (Ceramitec, 2012)

4.7.1 Secado por atomización

En el secado por atomización, la barbotina es pulverizada en finas gotas y entra en contacto con una corriente de aire caliente para obtener un producto sólido granular de bajo contenido en agua. El tiempo de contacto entre la suspensión pulverizada y el gas

caliente (proveniente de un quemador convencional o de los gases de escape de una turbina de cogeneración) es pequeño, por lo que se produce una evaporación violenta del agua que contiene cada gota.

En líneas generales, los secaderos por atomización (atomizadores) se pueden subdividir en tres grandes categorías:

Centrífugos: la suspensión se introduce en una boquilla en forma de disco, la cual gira a una determinada velocidad. La fuerza centrífuga es la encargada de pulverizar la suspensión.

Neumáticos: en la boquilla se inyecta la suspensión junto con aire a presión. Este aire consigue pulverizar la suspensión.

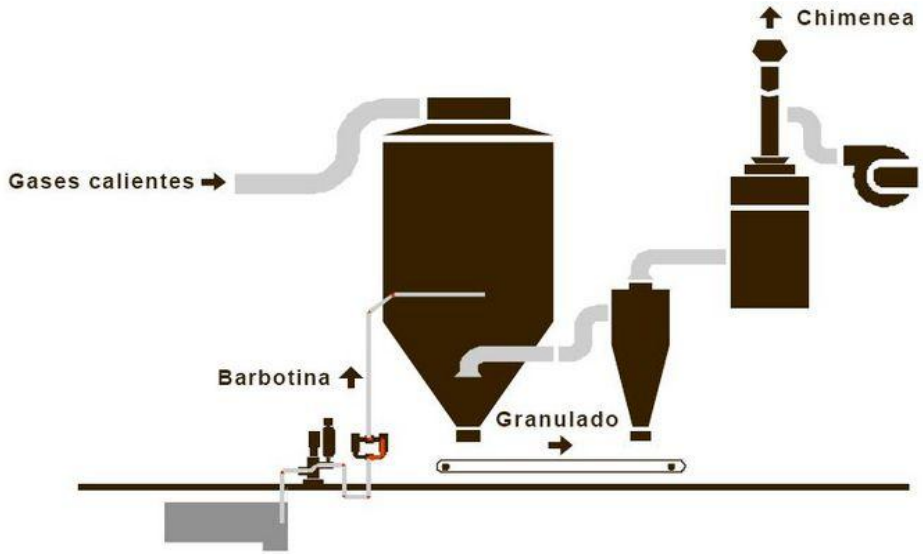
De presión: En estos tipos de boquilla, la diferencia de presión entre la salida de la boquilla y su interior se encarga de realizar la pulverización.

El proceso de secado por atomización se desarrolla según el esquema de la que comprende las siguientes operaciones:

- Bombeo y pulverización de la suspensión.
- Generación y alimentación de los gases calientes.
- Secado por contacto gas caliente-gota suspensión.
- Separación del polvo atomizado de los gases.

Los atomizadores operan siguiendo la siguiente secuencia: la barbotina procedente de las balsas de almacenamiento de las plantas de molienda, con un contenido en sólidos entre el 60 y el 70 % y con una viscosidad adecuada (alrededor de 1000 cp.), es bombeada por medio de bombas de pistón al sistema de pulverización de la barbotina.

Ilustración 19 Esquema de secado por atomización



Elaborado por autor. Fuente: (Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Minas, 2013)

La barbotina finamente nebulizada y dividida, se seca poniéndola en contacto con una corriente de gases calientes. Estos gases provienen de un quemador convencional aire-gas natural o son los gases de escape de una turbina de cogeneración.

Ilustración 20 Interior de un atomizador (corona expulsando la barbotina a presión)

Elaborado por autor. Fuente (Certech, 2013)

El granulado, con una humedad entre el 5.5 y el 7%, es descargado en una cinta transportadora y llevado a los silos para su posterior prensado. La corriente de gases

utilizada para secar la barbotina y obtener el polvo atomizado es eliminada por la parte superior del atomizador conteniendo un elevado grado de humedad y partículas de polvo muy finas en suspensión.

Ilustración 21 Barbotina convertida en polvo cerámico luego del proceso de atomización

Elaborado por autor. Fuente (Ceramitec, 2012)

Ilustración 22. Silos de almacenamiento de polvo atomizado

Elaborado por autor. Fuente: (Ceramitec, 2012)

4.7.2 Prensado

El proceso de conformado más habitual y con mayor grado de implantación en la fabricación de baldosas cerámicas, es el prensado mediante prensas oleodinámicas, siendo ampliamente usado por motivos de productividad y la posibilidad de producir productos dentro de un amplio rango de tamaños y estrechas tolerancias y sin, prácticamente, contracción durante el proceso de secado. Debido a su flexibilidad y bajo coste es la técnica más utilizada para producciones de altas capacidades.

Ilustración 23 Prensa hidráulica par polvo atomizado

Elaborado por autor. Fuente (Ceramitec, 2012)

El prensado es la compactación y conformado simultáneos de un polvo cerámico o material granular (premezclado con los ligantes y lubricantes adecuados y pre consolidado de tal modo que tenga una fluidez elevada) y se lleva a cabo confinando el material en un molde rígido o flexible y aplicando una presión elevada para lograr la compactación. Existen dos tipos de prensado: **uniaxial e isostático.**

El prensado uniaxial, es usado, comúnmente, para obtener piezas de espesor mayor de 0.5 mm y con relieves en la superficie en la dirección de prensado. Por su parte, el prensado isostático se usa para la obtención de productos con relieves en dos o tres dimensiones, formas alargadas como barras y tubos y productos muy masivos con una sección transversal de gran espesor, pero ambos utilizan el polvo cerámico preparado por los mismos procedimientos. El polvo se alimenta en forma de gránulos de dimensiones y deformabilidad controladas.

Ilustración 24. Entrada del polvo atomizado en la prensa

Elaborado por autor. Fuente (Ceramitec, 2012)

El moldeo de las piezas planas, debido a su forma sencilla (rectangular, cuadrada, etc.), y a la pequeña relación espesor/superficie, se realiza por prensado unidireccional en seco en prensas de efecto simple, donde la presión se realiza solo en una de las superficies de la pieza. La sencillez de este método facilita su automatización y permite alcanzar producciones más elevadas que con otros tipos de prensado.

Tabla 17 Humedad, presión y densidad aparente en baldosas prensadas.

Etapa	Variable	Azulejo	Gres esmaltado	Gres porcelánico
Prensado	Humedad (%)	4.5 - 6.0	4.5 - 6.0	4.5 - 6.0
	Presión (kg/cm^3)	230 - 250	250 - 280	350 - 450
	Densidad aparente en seco (g/cm^3)	1.95 - 2.01	1.95 - 2.02	1.90 - 1.95

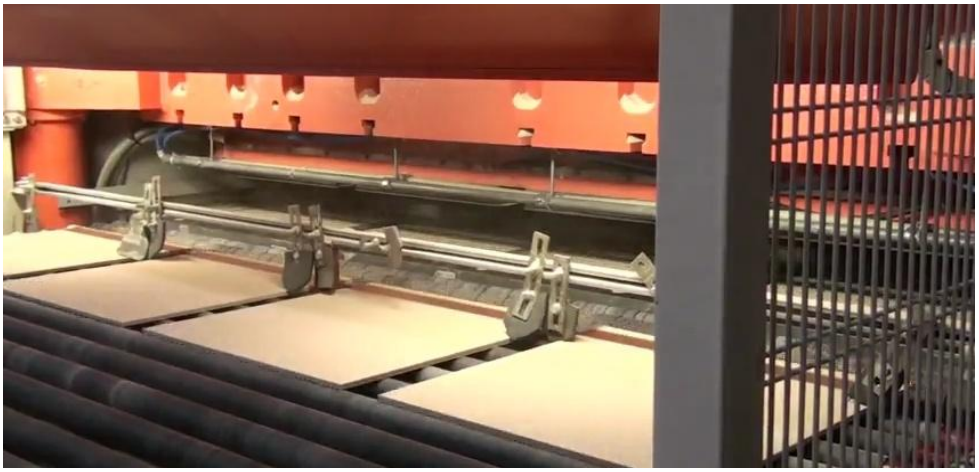
Elaborado por autor. Fuente: (Asociación Española de Fabricantes de Azulejos y Pavimentos Cerámicos (ASCER), 2002)

Esta operación se realiza generalmente con prensas hidráulicas, debido a que son las más indicadas para controlar el ciclo de prensado. La potencia de las prensas a utilizar (fuerza de prensado), depende del tamaño de las piezas: para formatos superiores a 200x200mm2, que son los fabricados más habitualmente, se utilizan prensas de 500 a 800 T, en las que suelen obtenerse entre 3 y 4 piezas por prensada.

Ilustración 25 Compresión y moldeo polvo atomizado

Elaborado por autor. Fuente (Ceramitec, 2012)

Ilustración 26 Salida de las baldosas conformadas



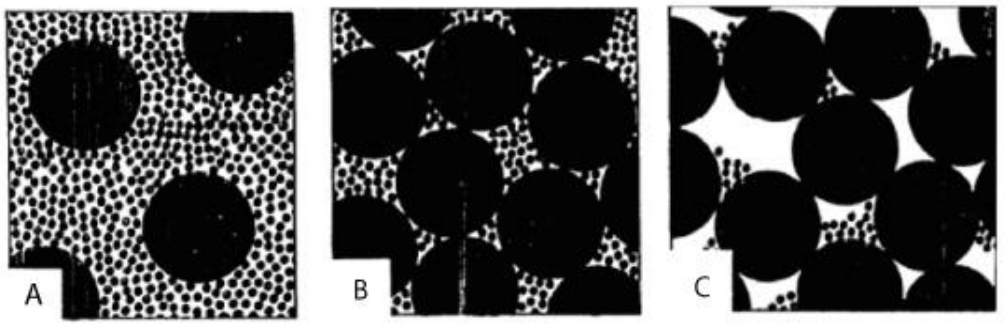
Elaborado por autor. Fuente (Ceramitec, 2012)

Los polvos cerámicos deben tener una distribución granulométrica y porcentaje de tamaños tal, que den lugar al menor número posible de huecos entre ellos, después de la compactación mediante prensado. Con ello se consigue una mayor compacidad y, por tanto, la máxima densidad en verde.

La compacidad de conjunto del polvo cerámico es la relación entre el volumen del mismo y su volumen de conjunto, que es el volumen interior del recipiente que lo contiene. A mayor compacidad menor volumen de huecos y, por tanto, menor

porosidad, que será más fácil de eliminar en el posterior proceso de cocción, el cual determina la porosidad final del producto.[25]

Ilustración 27. Ejemplo de diferentes granulometrías luego del prensado



Fuente: (Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Minas, 2013)

Las granulometrías obtenidas por análisis indican la distribución por tamaños de las partículas que componen el polvo cerámico y permiten determinar en qué proporciones se han de mezclar para obtener una granulometría resultante que se parezca lo más posible a una curva granulométrica ideal de compacidad máxima. El estudio del empaquetamiento debe ser optimizado de modo que se obtenga la mínima porosidad y máximas propiedades del material cerámico.

4.7.3 Determinación del tipo de molienda adecuado

De lo expuesto anteriormente, se observa que desde el punto de vista puramente tecnológico no existe ninguna cuestión de competitividad o dualismo entre la vía seca y la vía húmeda, sino que deben ser considerados planteamientos alternativos. Si las materias primas se eligen adecuadamente, teniendo en cuenta debidamente las características técnicas de los productos que se quieren obtener, existe simplemente una selección obligatoria, sin alternativa.[26]

Los factores que condicionan la selección de los diferentes procesos (molienda en seco o húmedo) son:

- Características técnicas del producto acabado.

[25] (Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Minas, 2013)
[26] (Centro de Tecnologias Limpias (CTL), 2012)

- Tipo de materia prima.
- Proporciones de los componentes complementarios.
- Características morfológicas de las materias primas disponibles.
- Coste del producto acabado.
- Inversión global.

4.7.3.1 Ventajas de la molienda vía seca

- Bajo consumo de agua.
- Bajo consumo de energía.
- Baja inversión económica.
- Simplicidad del sistema.

4.7.3.2 Inconvenientes

- Tamaño de la partícula relativamente grande (existen partículas mayores de 300 micras), lo que implica tener limitaciones en el producto acabado (limitaciones en el conformado de piezas de grandes dimensiones, debido a la disminución de la resistencia mecánica).
- Baja fluidez, lo que implica dificultad en el llenado de los moldes de prensas y por tanto, limita el conformado por prensado de piezas de grandes dimensiones.
- Dificultad en el desarrollo de las siguientes etapas de fabricación.
- Emisiones atmosféricas
- Las emisiones que se generan en la etapa de molienda son mayoritariamente de material particulado, tanto por focos canalizados como difusos:
- Emisiones canalizadas de partículas recogidas por los sistemas de aspiración, situados en el interior de la planta procedente de las trituradoras y de la manipulación del material seco.
- Emisiones difusas generadas por las actividades de almacenamiento, transporte, trituración y manipulación de las materias primas.

4.7.3.3 Ventajas de la molienda vía húmeda

- Se obtiene un tamaño pequeño de las partículas (menores de 200 mm), lo que implica una menor probabilidad de defectos asociados a impurezas de gran tamaño.

- Favorece los fenómenos de transferencia energética y materia, disminuyendo el tiempo y la cantidad de energía necesaria para el secado de la suspensión.
- A menor tamaño de la partícula, la superficie específica es mayor, lo que permite conseguir una mayor homogeneidad de la masa y la obtención de reacciones químicas más completas en tiempos breves.
- Favorece el desarrollo de las siguientes etapas del proceso de fabricación.
- Aumenta la fluidez, facilitando el llenado de los moldes de prensas y prensado de piezas de gran formato.
- Aumenta la resistencia mecánica del producto acabado.
- Pueden instalarse sistemas de cogeneración para aumentar la eficiencia energética.
- Posibilidad de reciclar los fangos generados en otras etapas de proceso (como limpieza de las líneas de esmaltado), introduciéndolos en el proceso de molienda previo al secado por atomización.

4.7.3.4 Inconvenientes

- Consumo de agua.
- Consumo de energía térmica (gas natural) para el secado por atomización.
- Aumento del coste energético, aunque pueden instalarse sistemas de cogeneración.
- Elevada inversión económica inicial.
- Operaciones de funcionamiento limitadas por las características geométricas y constructivas de la instalación.
- Emisiones atmosféricas
- Los procesos que dan lugar a las emisiones son:
- Emisiones difusas generadas en las operaciones de almacenamiento, transporte y manipulación de las materias primas en las eras.
- Sistemas de aspiración del ambiente interno del trabajo y de otros puntos, como por ejemplo, carga y descarga de molinos.
- Foco del propio proceso de atomización.

4.8 Secado

Una vez se ha conformado el soporte de la baldosa cerámica, es necesario realizar el secado de la pieza, de esta forma se consigue reducir el contenido en humedad e incrementar la temperatura de las piezas lo suficiente, para que la operación posterior de esmaltado y/o cocción se desarrolle adecuadamente.

Ilustración 28 Secadero horizontal

Elaborado por autor. Fuente: (Instituto de Tecnologia Cerámica (ITC), 2007)

En el caso del secado de baldosas cerámicas, éste se realiza en secaderos verticales u horizontales. Las piezas se introducen en el interior del secadero, donde se ponen en contacto con gases calientes en contracorriente aportados por un quemador o por gases calientes procedentes de la chimenea de enfriamiento del horno o de un sistema de cogeneración.

Un secado correcto requiere una cuidadosa evaluación de los parámetros termo-higrométricos del proceso y una correcta formulación de la pasta. Estas condiciones se traducen en una limitación de la contracción para contener las deformaciones y en conferir al objeto la resistencia mecánica adecuada para resistir las tensiones de secado y permitir la manipulación en las siguientes fases.

Aunque los principios tecnológicos básicos inherentes al secado son equivalentes entre un secadero vertical y uno horizontal, al ser diferentes los ciclos, varían notablemente los tiempos en los cuales las tensiones (contracción, aumento de la resistencia mecánica, etc.) Se desarrollan. Por lo tanto, las condiciones de trabajo de la máquina y las condiciones físicas del aire (temperatura máxima, velocidad, volumen y estado higrométrico) deben ser necesariamente diferentes para los dos tipos de secaderos, tal y como se indica a continuación.

4.8.1 Secadero horizontal

Ilustración 29 Entrada de baldosas en secadero horizontal

Elaborado por autor. Fuente: (Ceramitec, 2012)

Los secaderos horizontales se componen de estructuras metálicas modulares completas de paneles aislantes y tuberías externas aisladas, utilizadas para la recirculación del aire. Las piezas recorren la longitud del secadero sobre planos de rodillos de velocidad regulable. La máquina está constituida por módulos iguales e independientes desde el punto de vista de las condiciones termo-higrométricas y del caudal de aire de ventilación. Cada zona está equipada con sus propios generadores de aire caliente. Normalmente, el módulo final del secadero está diseñado con vistas a estabilizar la temperatura de las piezas a la salida del mismo. Los ciclos de los secaderos horizontales son mucho más rápidos, de 15 a 25 minutos, con una temperatura de alrededor de los 350ºc, sin embargo, la duración, al igual que en los secaderos verticales, depende del tipo de composición, de la dimensión y del espesor de las piezas.

4.8.2 Secadero vertical

Un secadero vertical se compone esencialmente de un armazón vertical, dentro del cual se desplazan, arrastradas por dos cadenas, las cestas compuestas por diferentes planos de rodillos o bastidores donde se sitúan las baldosas a secar. Las baldosas se cargan automáticamente sobre los planos de las cestas mediante la rotación de los rodillos que las componen. El secado se realiza por un flujo de aire caliente generado por quemadores de gas natural que, aprovechando el intercambio de calor por convección con las baldosas, permite obtener un producto adecuado para las siguientes fases de

elaboración con baja humedad, buena resistencia mecánica y determinados valores de temperatura. Normalmente, los ciclos de los secaderos verticales son de 35-60 minutos, con una temperatura inferior de 200ºc, sin embargo, la duración depende del tipo de composición, de la dimensión y del espesor de las piezas.

Ilustración 30 Secaderos verticales

Elaborado por autor. Fuente: (Certech, 2013)

4.8.3 Ventajas e inconvenientes

4.8.3.1 Ventajas del secadero vertical

- Apropiado para incorporar en líneas automáticas para la fabricación de baldosas.
- Diseñado para realizar ciclos compatibles con productos delicados, ya que permite controlar el calentamiento gradual.
- El recorrido de las cestas por raíles asegura siempre su posicionamiento correcto.
- Elevado espesor del material aislante de los paneles termoaislantes, reduciendo al mínimo la dispersión térmica.
- Poco espacio requerido (aunque se necesita una determinada altura de la planta).
- Elevada inercia térmica que mantiene constante la temperatura de las piezas a la salida del secadero.

4.8.3.2 Inconvenientes

- Ciclo largo del secadero 35-60 min a 200ºc aproximadamente.
- Requiere más altura de nave industrial.
- Inconvenientes del secadero horizontal
- Secado más rápido, disminuye la resistencia mecánica de las piezas.
- Requerimientos de mayor superficie de nave industrial.

4.8.3.3 Ventajas del secadero horizontal

- Ciclos muy rápidos, de 15 a 25 minutos a unos 350 º C.
- Calentamiento y extracción de vapor homogéneo de la pieza.
- Permite trabajar con variaciones de humedad relativa, sobre todo durante ciclos de arranque y parada, debido a que la humedad no desempeña un papel fundamental en las piezas con humedad del 5-7% o más bajos.
- Velocidad regulable.

4.8.3.4 Inconvenientes

- Secado más rápido, disminuye la resistencia mecánica de las piezas.
- Requerimientos de mayor superficie de nave industrial.

4.9 Preparación de esmaltes

El esmaltado consiste en la aplicación por distintos métodos de una o varias capas de vidriado con un espesor comprendido entre 75-500 micras en total, que cubre la superficie de la pieza. Este tratamiento se realiza para conferir al producto cocido una serie de propiedades técnicas y estéticas, tales como: impermeabilidad, facilidad de limpieza, brillo, color, textura superficial y resistencia química y mecánica. La naturaleza de la capa resultante es esencialmente vítrea, aunque incluye en muchas ocasiones elementos cristalinos en su estructura.

4.9.1 Esmaltes, fritas y engobes[27]

El vidriado, al igual que la pasta cerámica, está compuesto por una serie de materias primas inorgánicas. Contiene sílice como componente fundamental (formador de vidrio), así como otros elementos que actúan como fundentes (alcalinos, alcalinotérreos, boro, cinc, etc.), como opacificantes (circonio, titanio, etc.), como colorantes (hierro, cromo, cobalto, manganeso, etc.).

Dependiendo del tipo de producto, de su temperatura de cocción, y de los efectos y propiedades a conseguir en el producto acabado, se formula una amplia variedad de esmaltes, ya que deben acoplarse a los diferentes soportes y a las distintas temperaturas de cocción, exhibir propiedades especificas muy diversas, y mostrar diferentes aspectos: transparentes, brillantes, opacos, mates, coloreados, etc.

Las composiciones de los esmaltes deben ser tales que den lugar a unas capas vidriadas con las características solicitadas a las baldosas cerámicas que recubren: así, los esmaltes destinados a pavimento cerámico deben ser capaces de soportar un elevado desgaste mecánico, producido básicamente por la acción del tránsito de personas y el desplazamiento de objetos pesados, y además deben ser antideslizantes, mientras que a los esmaltes destinados a revestimiento se les exigen más bien requisitos estéticos: blancura, transparencia, brillo y tersura superficial.

Los esmaltes se formulan eligiendo, a partir de una composición en óxidos determinada, las materias primas adecuadas, cuya composición química y estructura mineralógica van a influir significativamente en las propiedades finales de aquellos.

[27] (Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Minas, 2013)

Tabla 18 materia prima típica en los esmaltes cerámicos

Óxidos	Nombre	Formula
SiO_2	Cuarzo	SiO_2
	Caolín	$2SiO_2\ Al_2O\ 2H_2O$
	Feldespatos alcalinos	$6SiO_2\ Al_2O_2\ M_2O$ (M=Na, K)
	Wollastonita	$CaO\ SiO_2$
Na_2O	Feldespato sódico	$6SiO_2\ Al_2O_3\ Na_2O$
	Feldespato potásico	
	Nefelina	
K_2O	Feldespato potásico	$6SiO_2\ Al_2O_3\ K_2O$
	Nefelina	$4SiO_2\ Al_2O_3\ M_2O$ (M=Na, K)
Li_2O	Espodumeno	$4SiO_2\ Al_2O_3\ Li_2O$
MgO	Dolomita	$CaO\ MgO\ (CO_2)_2$
	Talco	$3MgO\ 4SiO_2\ H_2O$
	Magnesita	$MgO\ CO_2$
CaO	Carbonato cálcico	$CaO\ CO_2$
	Dolomita	$CaO\ MgO\ (CO_2)_2$
	Wollastonita	$CaO\ SiO_2$
ZnO	Óxido de cinc	ZnO
BaO	Carbonato de bario	$BaO\ CO_2$
Al_2O_3	Caolín	$2\ SiO_2\ Al_2O\ 2H_2O$
	Feldespatos alcalinos	$6SiO_2\ Al_2O_3\ M_2O$ (M=Na, K)
	Alumina calcinada	$\propto Al_2O_3$
ZrO_2	Circón	$ZrO_2\ SiO_2$
TiO_2	Anatasa	TiO_2

Elaborado por autor. Fuente (Asociación Española de Fabricantes de Azulejos y Pavimentos Cerámicos (ASCER), 2002)

Estas materias primas son mezcladas y molturadas habitualmente vía húmeda, obteniéndose una barbotina similar a la preparada para el soporte, pero con un tamaño de partícula medio menor y un mayor porcentaje de agua, si bien también pueden molturarse en seco y dispersarse posteriormente en agua, o ser aplicados en seco para provocar efectos especiales.

Ilustración 31 Molinos de bolas pequeños para esmaltes

Elaborado por autor. Fuente (Ceramitec, 2012)

En otros procesos cerámicos (porcelana artística, sanitarios) se utilizan en la formulación de vidriados única y exclusivamente materias primas cristalinas, naturales o de síntesis, que aportan los óxidos necesarios. En cambio, en el proceso de pavimentos y revestimientos cerámicos se vienen usando materias primas de naturaleza vítrea (fritas), preparadas a partir de los mismos materiales cristalinos sometidos previamente a un tratamiento térmico de alta temperatura.

Ilustración 32 Balsas agitadoras de esmaltes

Elaborado por autor. Fuente: (Ceramitec, 2012)

4.9.2 Fritas: naturaleza, ventajas, composición y fabricación

Las fritas son compuestos vítreos, insolubles en agua, que se obtienen por fusión a temperatura elevada (1500ºc) y posterior enfriamiento rápido de mezclas predeterminadas de materias primas. La gran mayoría de los esmaltes que se utilizan en la fabricación industrial de pavimentos y revestimientos cerámicos tienen una parte fritada en mayor o menor proporción en su composición, pudiéndose tratar en algunos casos de una sola frita o de mezclas de diferentes tipos de fritas.

Ilustración 33 Frita cristalizada

Elaborado por autor. Fuente (Ceramitec, 2012)

La utilización de fritas presenta los siguientes ciertas ventajas frente al empleo de materias primas sin fritar, para una composición química dada:

- Insolubilización de algunos elementos químicos,
- Disminución de la toxicidad, el material vítreo obtenido, por su tamaño y estructura, tiene menor tendencia a la formación de polvo ambiental que las materias primas de las que proviene, disminuyendo de esta forma el peligro asociado a su toxicidad.
- Ampliación del intervalo de temperaturas de trabajo del esmalte, debido a que no poseen puntos definidos de fusión.

El proceso de fabricación de fritas, comúnmente llamado fritado, tiene como objetivo la obtención de un material vítreo insoluble en agua, mediante fusión y posterior enfriamiento de mezclas diferentes materiales.

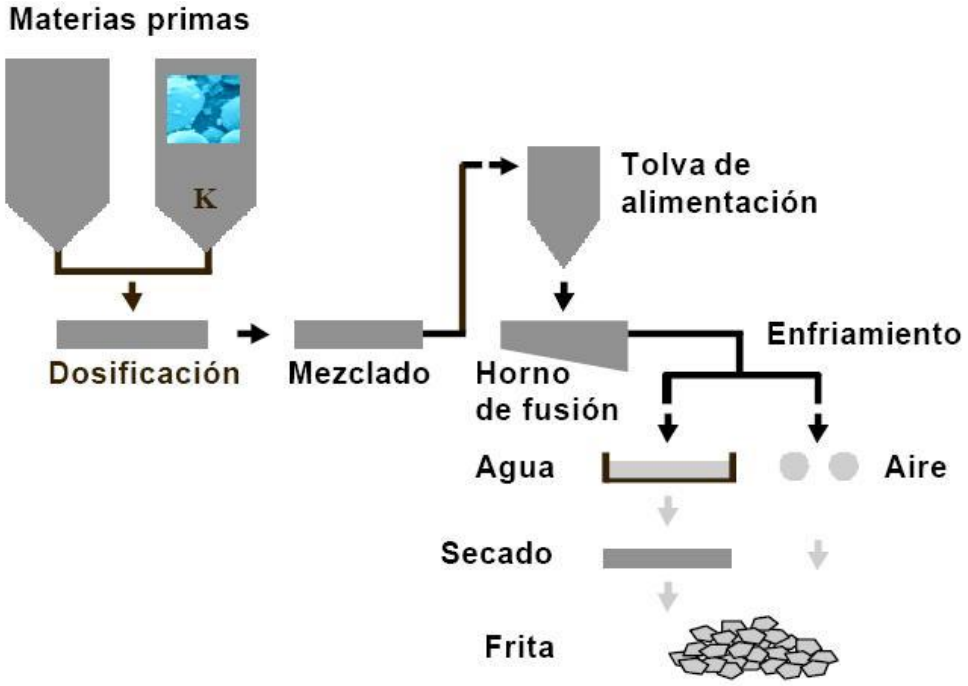
El proceso comienza con una dosificación de las materias primas, previamente seleccionadas y controladas, en la proporción establecida. Mediante transporte neumático se trasladan las diferentes materias primas a una mezcladora.

Existen gran variedad de fritas cerámicas, que difieren en su composición química y en las características físicas relacionadas con ésta. Como se ha explicado previamente, los componentes que por sí son solubles o tóxicos se aportan siempre en forma fritada para reducir considerablemente su solubilidad; así sucede con el plomo, el boro, los alcalinos y algunos otros elementos minoritarios. El resto de componentes pueden ser utilizados en forma fritada o como materia prima cristalina, dependiendo del efecto que se busca.

Las fritas pueden clasificarse atendiendo a muy diversos criterios: en función de su composición química (plúmbicas, bóricas, etc.), de sus características físicas (opacas, transparentes, etc.), de su intervalo de fusión (fundentes, duras), etc. En la actualidad se han desarrollado una serie de fritas, destinadas a determinados procesos de producción, que engloban varias de las características buscadas, y que hacen todavía más difícil la clasificación de las fritas cerámicas.

La mezcla de materias primas pasa a una tolva de alimentación, desde la que entra al horno, donde tiene lugar el fritado propiamente dicho. La alimentación del horno se lleva a cabo mediante un tornillo sin fin, cuya velocidad controla el flujo másico de material alimentado al horno. El tiempo de permanencia del material en el interior del horno viene definido por la velocidad de fusión de las materias primas y por la fluidez del material fundido.

Ilustración 34 Esquema del proceso de fabricación de fritas



Elaborado por autor. Fuente (Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Minas, 2013)

El horno está dotado de quemadores alimentados con gas natural, utilizándose como comburente aire u oxígeno. Estos sistemas permiten alcanzar temperaturas comprendidas entre 1400-1600 C, necesarias para llevar a cabo este tipo de procesos.

Los gases de combustión antes de ser expulsados al exterior a través de la chimenea se les hace pasar por un intercambiador de calor, con el fin de recuperar energía para precalentar el aire de combustión.

El proceso de fritado puede desarrollarse en continuo, empleándose hornos continuos con enfriamiento del fundido con agua o con aire y en discontinuo, con hornos rotatorios y enfriamiento por agua.

Los hornos continuos tienen su base está inclinada con el fin de facilitar el descenso de la masa fundida. En la salida se sitúa un rebosadero y un quemador que actúa directamente sobre el líquido viscoso en que se ha convertido la frita a la salida, evitando su brusco enfriamiento al contacto con el aire y facilitando el vaciado en continuo del horno, el enfriamiento puede realizarse:

Ilustración 35 Enfriamiento de frita con agua.

Elaborado por autor. Fuente: (Instituto de Tecnologia Cerámica (ITC), 2007)

Con agua: El material fundido cae directamente sobre agua, lo cual provoca su inmediato enfriamiento. Al mismo tiempo, y debido al choque térmico, se produce la rotura del vidrio en pequeños fragmentos de forma irregular. Estos se suelen extraer del agua mediante un tornillo sin fin, posteriormente transportándolos a un secadero para eliminarles la humedad del tratamiento anterior.

Con aire: En este caso la masa fundida se hace pasar a través de dos cilindros, enfriados en su interior por aire, obteniendo un sólido laminado muy frágil, que se rompe con facilidad en pequeñas escamas.

El proceso intermitente se lleva a cabo en el caso que se desee fabricar fritas de menor demanda. En este caso el proceso de fusión se realiza en un horno rotatorio y normalmente el enfriamiento de la frita se realiza por agua, siendo éstas las únicas diferencias con respecto al proceso continuo.

El horno rotatorio consiste en un cilindro de acero revestido interiormente con refractario y dotado de un sistema de movimentación que permite la homogeneización de la masa fundida. En un extremo del horno se sitúa un quemador que dirige la llama hacia el interior del horno.

Tanto en el proceso continuo como en el intermitente, los humos procedentes de la fusión, contienen compuestos gaseosos procedentes de la combustión, gases procedentes de las volatilizaciones de las materias primas alimentadas y partículas arrastradas por los gases de combustión en su salida del horno. Es importante destacar que la composición de estas partículas es parecida a la de la frita que se está produciendo en cada momento.

El proceso de preparación de los esmaltes consiste normalmente en someter a la frita y aditivos a una fase de molienda, en molino de bolas de alúmina, hasta obtener un rechazo prefijado. A continuación se ajustan las condiciones de la suspensión acuosa cuyas características dependen del método de aplicación que se vaya a utilizar.

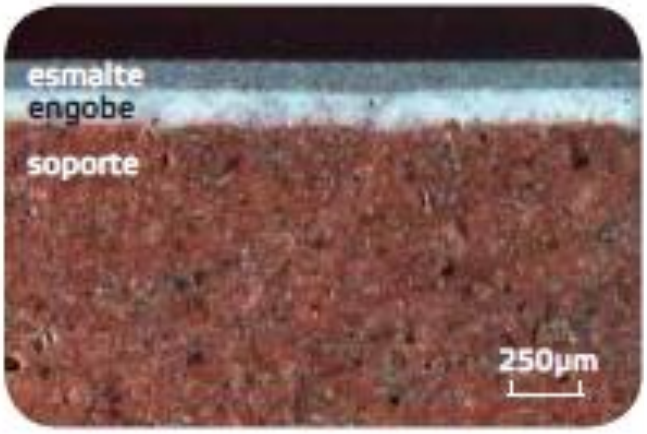
4.9.3 Engobes[28]

Debido a la diferente naturaleza química del soporte y del esmalte, se suele aplicar una capa de interface entre ellos, con una composición química intermedia entre ambos. Este producto es un tipo de esmalte que se denomina engobe, y cumple principalmente las siguientes funciones:

- Crear una interface entre el esmalte y el soporte que favorezca un adecuado acoplamiento entre ambos.
- Ocultar el color del soporte para permitir un desarrollo óptimo del esmalte y de las decoraciones aplicadas sobre él.
- Homogeneizar y eliminar las irregularidades superficiales del soporte para favorecer posteriores aplicaciones.
- Formar una capa impermeable que evite problemas derivados de la porosidad del soporte, sobre todo en las piezas de revestimiento en el que este presenta alta porosidad.

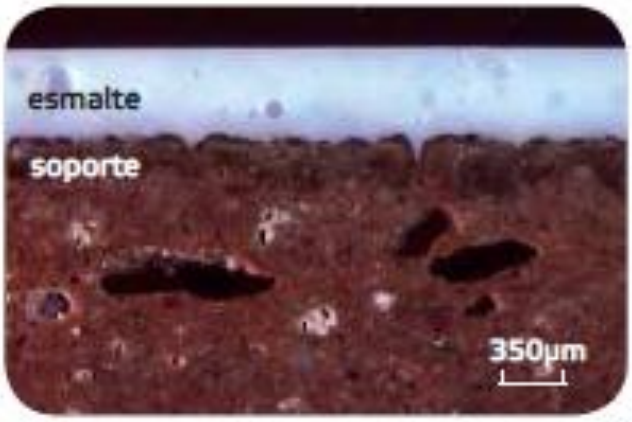
[28] (Instituto de Tecnologia Cerámica (ITC), 2007)

Ilustración 36 Baldosa engobada y esmaltada



Fuente (Asociación Española de Fabricantes de Azulejos y Pavimentos Cerámicos (ASCER), 2002)

Ilustración 37 Baldosa únicamente esmaltada



Fuente (Asociación Española de Fabricantes de Azulejos y Pavimentos Cerámicos (ASCER), 2002)

4.10 Diseño de baldosas

Al hablar de diseño gráfico para la industria cerámica debemos conocer que todos los procesos dentro de una producción en serie van ligados directamente a la correcta conceptualización de los motivos que irán en las baldosas, ya que de esta, depende que un producto elaborado para un determinado sector pueda surgir en el mercado, generando ingresos para la empresa, o estancarse y ser descontinuado, lo cual supone una pérdida de dinero así como también de recursos y tiempo.

Ilustración 38 Diseño de baldosa cerámica con motivo floral y detalles de oro a tercer fuego

Fuente: (CeraWiki, 2012)

La elección y posterior elaboración de los motivos que serán plasmados en los listelos parte con la investigación del mercado y sus tendencias, su correcta interpretación permite que el vendedor pueda saber cuáles son los productos con mayor acogida y cuáles son los que se venden poco en las distribuidoras y almacenes, estos datos se revisan y se marcan los requerimientos de los nuevos artes junto al diseñador en el comité de producto.

4.10.1 Comité de producto.

La decisión de los elementos artísticos que irán en los productos no es responsabilidad exclusiva del diseñador, detrás está un comité de producto conformado también por los directivos, área de desarrollo, y la parte comercializadora de la empresa, que en conjunto se encargan de marcar los lineamientos de los productos que saldrán al mercado en base a un análisis previo de las tendencias del mercado.

Dentro del comité, realizado de manera periódica en los tiempos que haya establecido la empresa, se presentan las nuevas propuestas de diseño así como también el resumen de las ventas de los productos realizados anteriormente, los más vendidos tendrán preferencia mientras que los productos con poca acogida en el mercado serán descontinuados, es importante saber además que aunque la calidad del producto siempre debe cumplir con las normas de calidad establecidas, el sector del mercado al que van dirigidos los listelos varia, ya que los diferentes sectores económicos de la población lo hacen también, depende entonces del diseño, de la simplicidad o complejidad del

producto, de los materiales utilizados, etc., que un determinado producto vaya dirigido hacia uno u otro sector de la población.

4.10.2 Comité de producción

Un comité de producción se desarrolla conjuntamente con el de producto, sin embargo aquí se plantean los tiempos y el plan de desarrollo de cada uno de los productos escogidos previamente, para ello, las responsabilades técnicas conferidas a las personas que conforman los más importantes departamentos se deben establecer para el óptimo cumplimiento de las metas propuestas en el tiempo previsto, de tal manera que la fábrica pueda mantener una producción continua durante todo el año; cabe recalcar que el mal funcionamiento de uno de los departamentos, ya sea por una falla mecánica o humana puede limitar el buen funcionamiento de cualquier cronograma establecido.

4.10.3 El estudio de diseño

Los componentes que conforman un estudio de diseño óptimo para el trabajo que una industria cerámica de producción en serie requiere incluyen tecnología actualizada que agilite el proceso de creación y el cumplimiento de los objetivos y tiempos propuestos al marcar los lineamientos de los motivos, así como también de programas de diseño gráfico vectorial con sus respectivas licencias.

4.10.4 Proceso digital

Diseñar baldosas cerámicas es un proceso relativamente complejo que requiere gran atención en los detalles, de hecho, lo que diferencia a los productos de baja calidad de los productos más refinados es el detalle y la complejidad de los diseños por parte del fabricante. Los diseñadores se encargan de recrear formas de la naturaleza al plasmar los patrones, textura, estructura y color, en la baldosa utilizando los programas de dibujo vectorial (Illustrator, Photoshop, etc.)

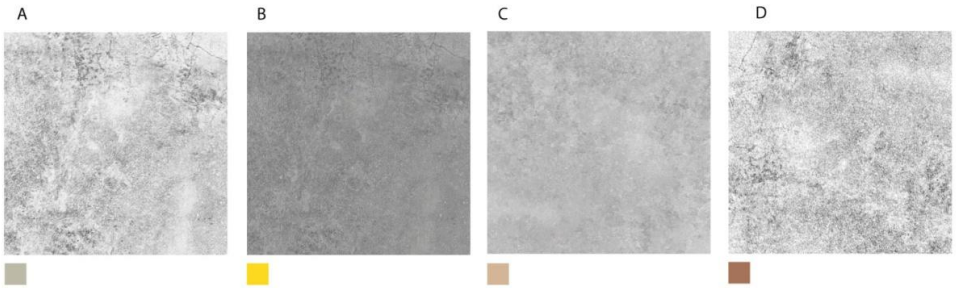
Adobe Illustrator, es el nombre o marca comercial oficial que recibe uno de los programas más populares de la casa Adobe, junto con sus programas hermanos Adobe Photoshop y Adobe Flash, y que se trata esencialmente de una aplicación de creación y manipulación vectorial en forma de taller de arte que trabaja sobre un tablero de dibujo, conocido como "mesa de trabajo" y está destinado a la creación artística de dibujo y

pintura para Ilustración (Ilustración como rama del Arte digital aplicado a la Ilustración técnica o el diseño gráfico, entre otros).

Adobe Photoshop es el nombre o marca comercial oficial que recibe uno de los programas más populares de la casa Adobe, junto con sus programas hermanos Adobe Illustrator y Adobe Flash, y que se trata esencialmente de una aplicación informática en forma de taller de pintura y fotografía que trabaja sobre un "lienzo" y que está destinado para la edición, retoque fotográfico y pintura a base de imágenes de mapa de bits (o gráficos rasterizados). Su nombre en español significa literalmente "tienda de Fotos" pero puede interpretarse como "taller de foto". Su capacidad de retoque y modificación de fotografías le ha dado el rubro de ser el programa de edición de imágenes más famoso del mundo.

4.10.5 Simulación grafica de producto

Ilustración 39 Separación de canales que simulan los diferentes colores



Elaborado por autor

El diseño se realiza simulado el ***proceso serigráfico*** cerámico mediante la opción de división de canales que proporciona Photoshop, superponiendo las texturas que formaran parte del diseño una sobre otra y asignándoles el color verdadero que cada una llevara en la baldosa de acuerdo a la paleta de colores proporcionada por el laboratorio de esmaltes, si se desea obtener un color nuevo para un determinado producto, los diseñadores e ingenieros químicos deben trabajar conjuntamente para desarrollar dicho color, realizando la simulación en computador y luego determinando la formulación para lograr determinado tono.

Ilustración 40 Impresión de cromalines

Elaborado por autor

Cuando se ha llegado al resultado deseado se imprimen los denominados "cromalines" que son representaciones impresas en papel fotográfico de la baldosa, tratando de ser en la medida de lo posible, lo más parecido al producto final. Los cromalines servirán como guía para el posterior desarrollo del producto en el laboratorio

Ilustración 41 Detalle de colores guía en cromalines para pruebas en laboratorio

Elaborado por autor

Si el producto se ve bien, los dibujos vectoriales que simulan el producto pasan a ser filmados mediante una máquina que transforma estos archivos y los codifica revelando el producto en fotolitos o planchas metálicas en un proceso de pre impresión.

El tipo de pre impresión utilizada dependerá del producto que se desea conseguir, como vimos anteriormente existen diferentes tipos de decoración para baldosas cerámicas, los cuales tendrán diferentes necesidades. Procesos de decoración modernos incluyen el uso de máquinas laser que graban directamente los motivos sobre rodillos de silicón o caucho en el caso de las decoraciones en base a flexografía o huecograbado.

En su mayoría, las empresas modernas utilizan justamente estos procesos en tecnologías patentadas como el rotocolor (huecograbado), para la producción industrial, gracias a sus múltiples ventajas en cuanto a su velocidad y definición en el detalle, el problema es que requieren de sistemas de pre impresión complejos y a la vez mucho más costosos.

En otros procesos como la decoración en prensa, se imprimen los diseños sobre planchas metálicas, las cuales permiten dar relieve a las baldosas, al aplicar sobre estas un material sintético que adquiere la forma del relieve y sirve luego como un molde que dará forma a las baldosas en el momento de su conformado.

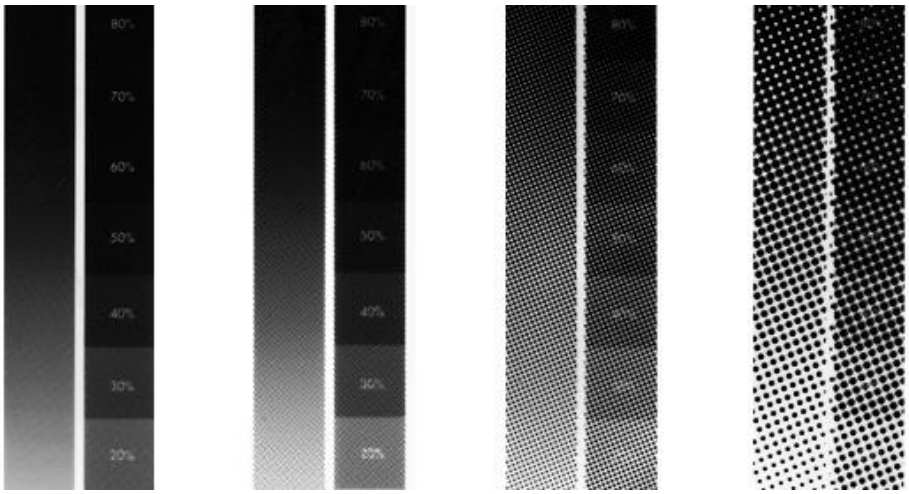
4.10.6 Proceso serigráfico

Como habíamos visto anteriormente la serigrafía es uno de los procesos más simples y económicos para el proceso decorativo de baldosas cerámicas, aunque tiene muchas limitaciones en planta, es una herramienta clave para realizar pruebas de productos nuevos antes de pasar a procesos de decoración más complejos.

4.10.6.1 Filmación de fotolitos para serigrafía.

Un fotolito es, en la impresión offset y huecograbado, el cliché que reproduce el objeto, o la tipografía, sobre película o soporte transparente.

Ilustración 42 Diferentes grados de puntos en un fotolito



Elaborado por autor

Una filmadora de fotolitos es una máquina compleja que se encarga de interpretar el archivo generado mediante una aplicación informática, como pueda ser Adobe Illustrator, Adobe Photoshop o cualquier programa de dibujos vectoriales y filmarlo en una superficie transparente (fotolito).

Para ello ha de interpretar el archivo que se generó en dicha aplicación, generalmente en formato PDF o Postscript y adecuar, mediante complejos cálculos las imágenes vectoriales y las fuentes de impresión vectorial que allí se encontraban, a la resolución del dispositivo de impresión de la filmadora. A este proceso se le conoce con el nombre de rasterizado, es decir, crear una imagen de mapas de bits a partir de una imagen vectorial para crear una imagen de aquel que, generalmente está formada por aproximaciones trapezoidales.

4.10.6.2 Pantallas serigráficas

La serigrafía es un proceso de impresión que utiliza formas planas y permeables llamadas pantallas. La superficie de impresión es de tela y la zona que imprime se encuentra al mismo nivel que el fondo (zona que no imprime), además está invertida y en negativo.

La serigrafía es un sistema de impresión industrial que deriva del estarcido. El estarcido es la impresión de contornos y siluetas a través de plantillas.

Para imprimir, la pantalla se carga por su parte posterior de tinta líquida o grasa y mediante una rasqueta se extiende sobre la zona a imprimir. Luego se presiona a lo largo y firmemente sobre la tela para que entre contacto con el soporte y la tinta la traspase, quedando depositada la tinta sobre el mismo.

La forma de serigrafía es plana y permeable. Consiste en un tamiz tensado al través del cual pasa la tinta por las zonas libres de emulsión. Este sistema de transferencia, sin sobrepresión, permite imprimir sobre cualquier superficie sin lesionarla.

Ilustración 43 Pantallas serigráficas impresas con motivos para baldosas

Elaborado por autor. Fuente: (Ceramitec, 2012)

La tinta que se puede utilizar en serigrafía es muy variada; desde la líquida acrílica o vinílica hasta la tinta grasa, pintura, etc. Incluso este sistema permite la estampación mediante cualquier tipo de fluido capaz de atravesar la tela de la pantalla.

Aunque el sistema de serigrafía permite la aplicación de diferentes grosores de tinta, el espesor de cada impresión es homogéneo. Por lo tanto es necesario emplear el tramado para representar los distintos niveles de entonación.

Las Plantillas de película (fotolitos) sirven para representar formas planas que se recortan sobre un material plástico. La película es traslúcida y tiene dos capas: una de plástico desprendible, que hace de soporte y otra de plástico más recio con pegamento para fijar a la pantalla. El procesado de una pantalla de serigrafía requiere las siguientes fases:

- Preparación de pantalla.
- Emulsionado.
- Insolado.
- Revelado.

La preparación de pantalla consiste en eliminar restos de grasa, polvo o incluso huellas dactilares, de la superficie de la tela, ya libre de emulsiones anteriores. Se realiza con desengrasante.

El emulsionado consiste en extender la emulsión fotosensible sobre la tela. Se imprima con emulsión las dos caras de la tela.

El insolado es una exposición de la emulsión a través del positivo tramado. Sirve para obtener la forma latente en la tela. Se realiza en la insoladora de pantallas, que es una insoladora especial con respaldo de goma elástica.

El revelado sirve para eliminar las partes de emulsión no endurecidas durante el insolado. De este modo queda sin emulsión la zona imagen, a través de la cual se imprime. El revelado se realiza con agua fría a presión normal.

4.10.6.3 Pigmentos cerámicos

El laboratorio, en un principio encargado de la formulación del soporte cerámico, en esta etapa del proceso, trabaja conjuntamente con los diseñadores para desarrollar los colores y esmaltes que darán el color y la apariencia texturizada a la pieza.

Se denomina Pigmento cerámico, a los componentes químicos que cumpliendo los requisitos de ser estables a alta temperatura, y estables en el vidrio fundido, dan el color de distintas formas al esmalte. Lo que tratamos es de dar una dispersión a estas pequeñas partículas de color uniforme y próximo que genere la sensación de color, continuo.[29]

El método cerámico se suele producir como calcinación a alta temperatura los distintos compuestos, como carbonatos, silicatos, óxidos, etc. En general el tamaño de la partícula es fundamental, tanto antes como una vez realizado la calcinación. Los óxidos

[29] (CeraWiki, 2012)

pueden reaccionar entre sí para dar formas complejas siendo nuevos compuestos más estables.

Ilustración 44 Pigmentos cerámicos.

Fuente: (CeraWiki, 2012)

Cada color de pigmento se logra por modificación de los óxidos colorantes (hierro, cobre, cobalto, cromo, manganeso, etc.) mediante su mezcla con agentes modificadores del color; alúmina, cuarzo, óxido de cinc, estaño, calcio, etc., en proporciones bien definidas según los colores a lograr.

La fabricación de un pigmento es en síntesis la fabricación de un mineral artificial o copia controlada de uno natural (cristales). Se consideran 14 tipos de estructuras minerales (sin incluir los actuales colores encapsulados de cadmio) y cada estructura tendrá un tamaño de cristal ideal dependiendo de proceso de fabricación y el color buscado

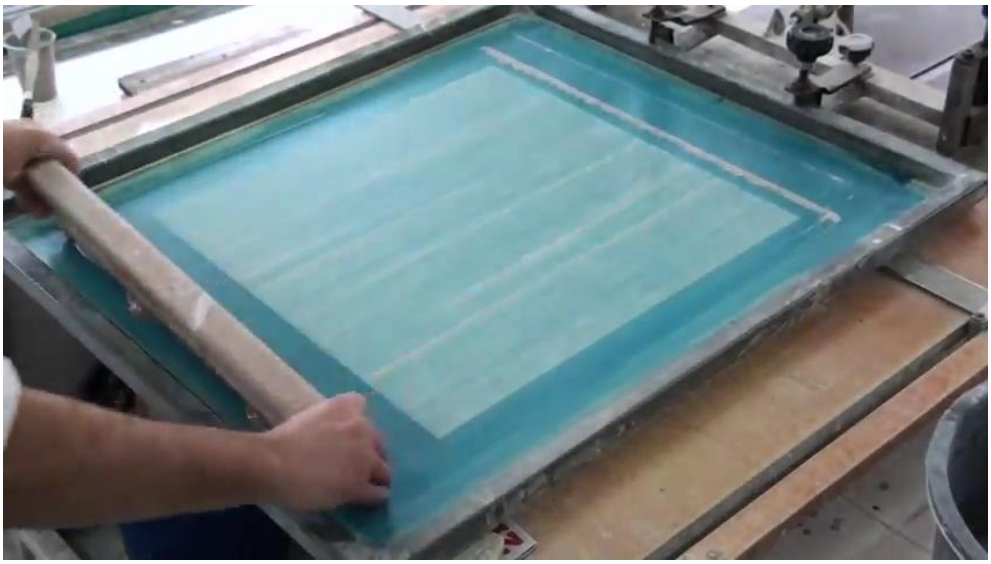
El pigmento en el procesado debe ser compatible con la temperatura, la atmósfera, vidriado, opacificante, aditivos y otros colores (pigmentos)

4.10.6.4 Pruebas de color y esmalte en laboratorio

Una vez las pantallas serigráficas han sido reveladas el personal de laboratorio se encarga de preparar los colores previamente seleccionados para conformar las texturas y motivos que fueron simulados en el computador. Dependiendo del producto que se

busca (monococción, bicocción), o si estos serán sometidos a una tercera quema (tercer fuego), los pigmentos molturados y diluidos se aplican sobre la baldosa a través de las pantallas.

Ilustración 45 Prueba de serigrafía en baldosas dentro de laboratorio



Elaborado por autor. Fuente (Ceramitec, 2012)

Las baldosas luego son esmaltadas mediante un aerógrafo, y quemadas en hornos de prueba bajo las mismas condiciones que tendrían en la producción normal, así al concluir todo el proceso se podrán ver los resultados en cuanto a textura, coloración, brillo, impermeabilidad y calidad superficial del esmalte.

Ilustración 46 Aplicación de esmalte en pruebas

Elaborado por autor. Fuente: (Ceramitec, 2012)

Si la baldosa cumple con las características buscadas por el comité de producto pasara a una producción industrial para su posterior comercialización.

Ilustración 47 Baldosa lista para quema en horno de pruebas

Elaborado por autor. Fuente (Ceramitec, 2012)

4.11 Técnicas de esmaltado y decoración[30]

Las diferentes técnicas de esmaltado y decoración mayormente implantadas actualmente en el sector de fabricación de baldosas cerámicas, se pueden dividir en dos grupos:

Tabla 19 Técnicas de esmaltado y decoración.

Técnicas de esmaltado	Esmaltado a cortina	Vela
		Campana
	Esmaltado mediante pulverización	Discos
		Aerógrafo
Técnicas de decoración	Decoración en seco	Granillas
		Decoración en prensa
	Decoración con tintas	Serigrafía
		Huecograbado
		Flexografía
		Inyección tinta

Elaborado por autor. Fuente (Centro de Tecnologias Limpias (CTL), 2012)

4.11.1 Técnicas de esmaltado

A continuación, se describen las técnicas de esmaltado aplicadas en la fabricación de baldosas cerámicas.

4.11.1.1 Esmaltado a cortina

Cuando una baldosa cerámica pasa por debajo de la cortina de esmalte generada, se aplica una capa de dicho material, cuyo espesor va a depender de la velocidad de paso de la baldosa y de la cortina generada por el sistema. Por tanto, el sistema de aplicación, es decir, de generación de cortina va a definir las características finales del producto.

Sistema "vela": En este sistema de aplicación de esmalte, la cortina se genera mediante presión con una bomba volumétrica.

[30] (Centro de Tecnologias Limpias (CTL), 2012)

Sistema campana: Sistema diseñado para crear un velo de esmalte por caída. Se compone de un plato de acero inoxidable pulido y rectificado, un sistema de alimentación mediante tolva anti burbujas, una llave de paso con aguja de aplicación, una bandeja de recogida de esmalte y postes de sujeción.

Ilustración 48 Esmaltado a cortina sistema de campana

Elaborado por autor. Fuente: (Ceramitec, 2012)

4.11.1.2 Esmaltado mediante pulverización

Pulverización a disco: Se trata de un sistema que aplica el esmalte por centrifugación mediante un juego de disco de diferente diámetro (120-180 mm), que giran a una velocidad variable a una distancia de aproximadamente 40-50 cm de la baldosa cerámica a esmaltar.

Pulverización mediante aerógrafo: Este sistema permite la aplicación de pequeñas cantidades de esmalte por medio de un nebulizador. El sistema de nebulización air-less se utiliza para la aplicación de esmaltes cerámicos: engobes, cristalinas y protecciones. Consta de una bomba de tipo volumétrico continuo, para una presión de (5 a 30 Bar), accionada por un motor eléctrico, comandado por un variador de velocidad electrónico.

4.11.2 Ventajas e Inconvenientes

De forma genérica, una de las ventajas que presentan las técnicas de esmaltado propuestas es la posible reutilización del material no aplicado en el propio proceso, minimizando la generación de residuos y el consumo de agua en la limpieza, así como una optimización en el consumo de material Para cada una de las técnicas de esmaltado descritas en el apartado anterior, se presentan las ventajas e inconvenientes:

Ilustración 49 Esmaltado por pulverización

Elaborado por autor. Fuente: (Ceramitec, 2012)

4.11.2.1 Ventajas en técnicas de esmaltado

Sistema "Vela": Fácil regulación del caudal debido a la generación de la cortina por presión y no por gravedad. El caudal de esmalte no se ve afectado por posibles variaciones de la viscosidad. Por esta razón, un solo operario sería capaz de llevar varios sistemas de aplicación a la vez, de una forma mucho más cómoda que con el sistema de "campana", reduciendo de esta forma el coste de mano de obra. Con esta tecnología es posible aplicar decoraciones superficiales muy estructuradas con buenos resultados en cuanto a rendimiento y estética.

Sistema campana: Apropiado para la obtención de acabados brillantes y confiere una gran calidad de estirada de los esmaltes a aplicar.

Pulverización a disco Es un sistema con notable flexibilidad de uso, capaz de aplicar esmaltes en cantidades muy variables y con características de densidad, viscosidad y carga muy diferentes.

Pulverización mediante aerógrafo Si el sistema elegido es el de alta presión, se minimizan los problemas de formación de gotas o grumos. La alta presión favorece la nebulización y finura de las gotas, con lo cual se pueden aplicar capas muy finas de esmalte y conseguir una buena estirada.

4.11.2.2 Inconvenientes

Sistema "Vela": Coste elevado

Sistema campana: Variaciones de caudal significativas debido a las posibles variaciones de la viscosidad del esmalte, a cambios de densidad (por evaporación del agua), y a cambios en temperatura por cambios ambientales o por el calentamiento de la bomba de impulsión, dando lugar a defectos como generación de burbujas o depresiones en la superficie del esmalte. El esmalte tiene tendencia a depositarse en cantidades ligeramente superiores en los bordes.

Pulverización a disco: La aplicación en disco está sujeta a algunos defectos característicos, como la posible presencia de gotas, grumos o rayas.

Pulverización mediante aerógrafo: Para la utilización de este sistema es necesario el uso de esmaltes con densidades bajas, y con una reología adecuada para evitar la formación de grumos y gotas, que pueden obturar la boquilla, y por tanto, sería necesario variar la aplicación o generar gotas grandes que darían lugar a defectos.

4.11.3 Técnicas de decoración

Los procesos de decoración utilizados en la fabricación de baldosas cerámicas han sufrido una importante evolución durante los últimos anos. Por un lado, la necesidad de lanzar al mercado productos con nuevos acabados estéticos y de mejorar la competitividad de las empresas, ha favorecido la irrupción de nuevos sistemas de decoración. Por otro, los factores económicos, que impulsan continuamente la obtención de productos de alta calidad al menor coste posible, han provocado la mejora

en los sistemas de fabricación, en los materiales y en los equipos utilizados para la decoración de las baldosas.

Aunque se pueden decorar las piezas en varias etapas del proceso productivo, como en el prensado (mediante la adición al soporte de diferentes materiales) o en etapas posteriores a la cocción (por deposición física de vapor o laser), en este apartado se tratan únicamente los sistemas que permiten plasmar motivos sobre la superficie de las piezas cerámicas en la línea de esmaltado, antes de la cocción, ya que son las aplicaciones mayoritarias.

4.11.3.1 Decoraciones en seco

Decoración en seco o granillas: Este sistema sirve para aplicar esmaltes en estado granular con una vasta gama de granulometrías. La recirculación puede realizarse a través de un circuito neumático, o a través de un elevador de tazas cerradas.

La alimentación de los granulados se produce mediante la carga de una tolva por la que cae el granulado, por medio de un extractor, a una cortina homogénea sobre un rodillo o cinta transportadora o sistema distribuidor. Las granillas caen sobre la baldosa recubierta quedando adheridas en las zonas deseadas, previa aplicación de un reactivo.

Decoración en prensa: El doble prensado es un sistema de decoración que se basa en un ciclo de prensado en dos fases para obtener piezas decoradas de gran tamaño.

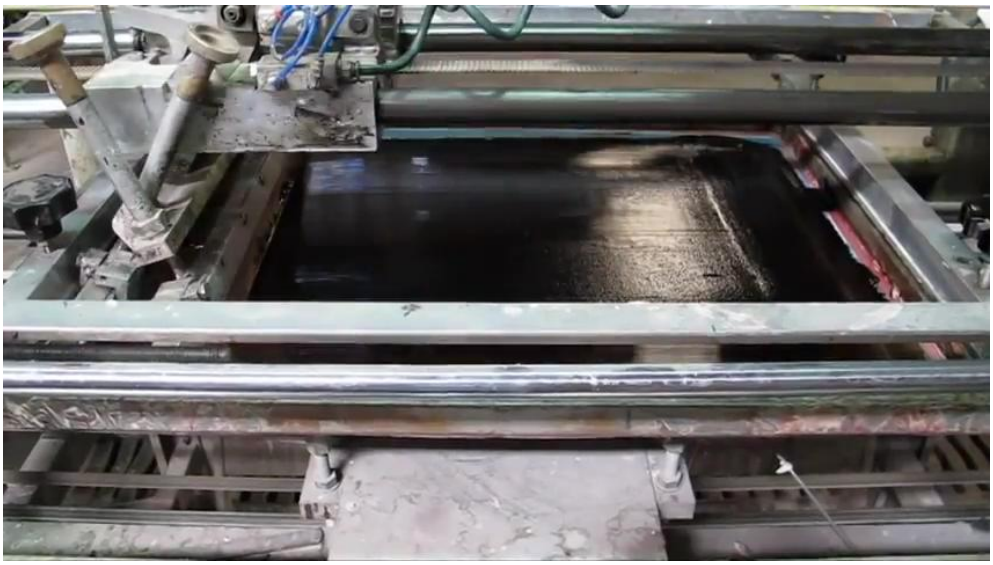
Primero, se instala una prensa de peso ligero en la línea para preparar el producto, ésta se alimenta con atomizados de varios colores para realizar el diseño. Posteriormente, la segunda prensa aplica la presión más alta, dando lugar a un producto en condiciones para ser secado y cocido. En la fase de decoración se utilizan rodillos especiales que tratan las capas del producto seco.

4.11.3.2 Sistemas de impresión por chorro de tinta

Las técnicas más ampliamente utilizadas en la decoración de baldosas cerámicas son aquellas capaces de imprimir diseños sobre la superficie de la baldosa. Normalmente, estas técnicas de impresión utilizan tintas, las cuales están compuestas por pigmentos, fritas y un vehículo de naturaleza orgánica. Las técnicas más extendidas son las técnicas de impresión indirecta, que necesitan de un medio de transferencia (pantalla,

rodillo, etc.) Para depositar las tintas en las zonas requeridas. Actualmente se está incorporando una nueva tecnología de impresión directa mediante inyección de tinta, en este tipo de técnica no es necesario un medio de transferencia, las tintas se depositan de forma controlada en la superficie de la baldosa cerámica.

Ilustración 50 Maquina serigráfica



Elaborado por autor. Fuente: (Ceramitec, 2012)

Serigrafía: La aplicación por serigrafía consiste en hacer pasar a través de los orificios de una pantalla, que forman un dibujo o diseño, una pasta o tinta, mediante la acción de un dispositivo mecánico, denominado habitualmente espátula o rasqueta. Dicha pantalla puede ser plana o curva. La tinta serigráfica se deposita sobre la superficie de la pantalla plana en uno de sus lados, se extiende sobre ella y, cuando la baldosa queda situada debajo, la espátula presiona a la tinta, la hace pasar a través de los orificios y la deposita sobre la pieza.

Huecograbado: Es una técnica basada en la utilización de un rodillo en cuya superficie se han practicado, mediante un sistema de impresión láser, una serie de cavidades que, en su conjunto, definen el dibujo que se desea transferir a la baldosa.

El diámetro y la profundidad de estas cavidades vienen determinados en el momento de su grabación y de ellas depende la cantidad de tinta depositada sobre la baldosa. La tinta es depositada en la parte superior del rodillo y extendida sobre la superficie del mismo con la ayuda de una espátula, que además, fuerza el llenado de las cavidades que presenta y limpia el resto de la superficie. Posteriormente, cuando el rodillo entra en

contacto con la baldosa, la tinta se transfiere de las cavidades en que se encuentra retenida a la superficie de aquella, debido a la mayor adherencia que presenta una superficie porosa, como es la de la baldosa cruda o bizcochada.

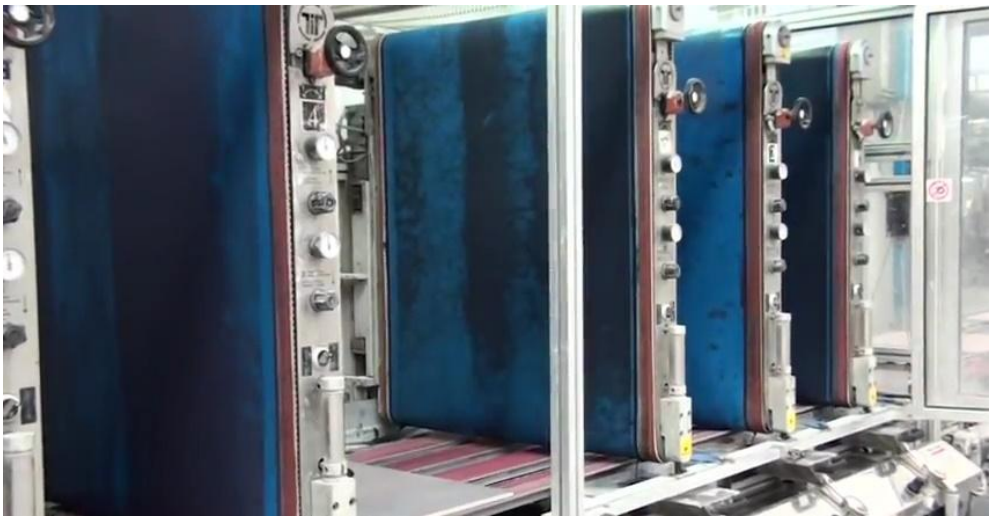
Ilustración 51 Decoración por huecograbado

Elaborado por autor. Fuente: (Ceramitec, 2012)

Flexografía: A semejanza del huecograbado, éste es un sistema basado en la transferencia de materia por contacto. No obstante, el principio de funcionamiento es justamente el opuesto. En este caso, la tinta no queda retenida en los huecos del rodillo, sino en el relieve del mismo. El equipo consta de un rodillo liso sobre el cual se fija una lámina de polímero, que presenta una zona en relieve, correspondientes al dibujo que se desea reproducir.

Una vez la lámina está dispuesta sobre el rodillo, ésta se pone en contacto con otro rodillo dosificador de la suspensión de modo que la parte en relieve de su superficie se impregne en la misma. Posteriormente, cuando el rodillo, debido a su propio giro, entra en contacto con la baldosa, transfiere a ésta la tinta de que es portador, produciéndose la impresión del diseño.

Ilustración 52 Decoración de baldosas por flexografía



Elaborado por autor. Fuente: (Ceramitec, 2012)

Inyección tinta: El proceso de decoración mediante inyección de tinta se basa en la misma técnica que la empleada en las impresoras de inyección de tinta. Es un sistema de impresión directa que se basa en la deposición de gotas de tinta en la superficie de la baldosa de forma controlada. Las máquinas disponen de unos cabezales que dispensan las gotas de tinta de varios colores al mismo tiempo, normalmente cuatro (cuatricromía).

Ilustración 53 Decoración de baldosas por impresión láser

Elaborado por autor. Fuente: (Ceramitec, 2012)

La velocidad de impresión depende del número de cabezales y, por lo tanto, del tipo de máquina. En los cabezales, la técnica de formación de gota puede ser distinta: demanda de gota o chorro continuo.

Esta es una tecnología novedosa y las tintas que se utilizan todavía se encuentran en vías de desarrollo. Primero se utilizaron tintas líquidas, sin sólidos en suspensión, pero en la actualidad ya se están utilizando tintas con pigmentos inorgánicos de pequeño tamaño de partícula.

4.11.4 Ventajas e inconvenientes

Para cada una de las técnicas de decoración descritas en el apartado anterior, se presentan las siguientes ventajas e inconvenientes:

4.11.4.1 Ventajas en técnicas de decoración

Granillas

- Toda la granilla que no se aplica se recoge y se vuelve a utilizar, con lo cual el residuo generado es mínimo.
- No se requiere una etapa previa de preparación del esmalte (molienda), por lo cual no se va a generar lodos.

Decoración en prensa

- La gran ventaja de este sistema es que no necesita de la etapa de esmaltado, por lo cual no va a generar lodos.

Serigrafía

- Es el sistema de decoración con tintas más económico.
- Facilidad de fabricación de pantallas, las cuales son también de precio asequible.
- Permite depositar gran variedad de gramajes modificando las características de las pantallas (tejido, emulsión, etc.).

- Sistema bastante robusto, las variaciones de viscosidad de la tinta afectan en menor medida que en otras técnicas.

Huecograbado

- Rapidez de decoración, dado que la pieza no se detiene en el momento de la impresión del diseño.
- Rodillo continuo, que permite la obtención, de forma sencilla, de diseños aleatorios.

Flexografía

- Rapidez de decoración, dado que la pieza no se detiene en el momento de la impresión del diseño.
- Rodillo continuo, que permite la obtención de diseños aleatorios.
- Las láminas de polímero pueden ser preparadas por la propia empresa. Se utilizan resinas curadas con ultravioleta, técnica similar a la utilizada en la fabricación de pantallas serigráficas.
- El precio de fabricación de una lámina de polímero es inferior al de un rodillo para huecograbado.
- Esta técnica se adapta mejor a zonas con depresiones que la técnica de huecograbado. Inyección tinta.
- Impresión digital directa, por lo que no necesita de ningún método de transferencia de la tinta (pantalla, rodillo, etc.).
- Se evita la etapa de preparación de los esmaltes en la planta de fabricación de baldosas cerámicas, reduciéndose el consumo de agua y la generación de lodos.
- Decoración sin contacto. Posibilidad de decorar superficies con un relieve acusado, lo cual no puede hacerse con otros sistemas de decoración.
- Versatilidad en la producción. Se pueden realizar cambios de diseño de forma muy sencilla, entre dos baldosas sin necesidad de parar la producción.
- Mayor control del proceso de impresión. El proceso depende en menor medida del operario debido a su nivel de automatización.

4.11.4.2 Inconvenientes

Decoración en prensa

- El coste de esta técnica es mayor por necesitar un doble prensado.

Serigrafía

- Sistema indirecto, por lo que para la fabricación de un modelo es necesaria la producción de tantas pantallas como tintas se deban depositar en el modelo, normalmente se utilizan entre dos y cuatro pantallas para la fabricación de un modelo.
- Aunque es una técnica que se adapta bien a las ondulaciones de la superficie (llega bien a los bordes de la pieza), no puede ser utilizada para decorar piezas con relieves acusados.
- Menor velocidad de decoración que otras técnicas debido a que la pieza debe pararse en el cabezal para realizar la decoración.

Huecograbado

- Sistema indirecto. Para la fabricación de un modelo es necesaria la producción de tantos rodillos como tintas se deban imprimir en el modelo, normalmente se utilizan entre dos y cuatro rodillos para la fabricación de un modelo.
- El precio de fabricación del rodillo es superior al de una pantalla y normalmente debe ser preparado por una entidad externa a la empresa, dado que se necesita un sistema de impresión láser.
- Es una técnica que no se adapta bien a las ondulaciones de la superficie, no permite imprimir en zonas con depresiones.
- La cantidad de tinta que se deposita es inferior a la depositada con la serigrafía, por lo que deben recurrirse a tintas con mayor cantidad en pigmento y en determinados casos no se llega a obtener las intensidades de color que se alcanzan con la serigrafía.
- Las variaciones de viscosidad de la tinta afectan en gran medida a la cantidad de tinta depositada, por lo que requiere un mayor control de las propiedades de las tintas utilizadas.

Flexografía

- Sistema indirecto. Para la fabricación de un modelo es necesaria la producción de tantos rodillos como tintas se deban imprimir en el modelo, normalmente se utilizan entre dos y cuatro rodillos para la fabricación de un modelo.
- Dado que es una lámina que se coloca en el rodillo, el diseño no es totalmente continuo, por tanto, a diferencia de lo que ocurre con la técnica de huecograbado, no es tan sencilla la obtención de diseños aleatorios.
- Aunque puede imprimir sobre pequeñas depresiones, no sirve para decorar grandes relieves.
- La cantidad de tinta que se deposita es inferior a la depositada con la serigrafía, por lo que deben recurrirse a tintas con mayor cantidad en pigmento y en determinados casos no se llega a obtener las intensidades de color que se alcanzan con la serigrafía.
- Las variaciones de viscosidad de la tinta afectan a la cantidad de tinta depositada, por lo que requiere un mayor control de las propiedades de las tintas utilizadas.

Inyección tinta

- La intensidad de los colores que se obtiene es muy baja debido a la pequeña cantidad de tinta que se deposita.
- Tecnología novedosa en proceso de desarrollo.
- Coste elevado de la máquina (aproximadamente 500.000 ¤).
- Coste elevado de las tintas, dado que son fabricadas por entidades externas.

4.12 Cocción

Ilustración 54 Hornos monoestrato de rodillos

Elaborado por autor. Fuente: (Instituto de Tecnologia Cerámica (ITC), 2007)

La cocción es la operación fundamental del proceso tecnológico, ya que da origen al material cerámico, transformando las materias primas de la pasta en nuevos compuestos cristalinos y vítreos que confieren al producto cocido unas propiedades concretas: insolubilidad y solidez que garantizan el mantenimiento de la forma, resistencia mecánica, porosidad o impermeabilidad, resistencia química, etc.

4.12.1 Tipos de cocción

Como se había descrito anteriormente, los materiales cerámicos pueden someterse a una, dos o más cocciones.

- **Proceso de cocción única:** Las baldosas no esmaltadas reciben una única cocción.
- **Proceso de monococcion:** El esmalte se aplica directamente sobre la pasta prensada y cruda, ambas se cuecen simultáneamente para dar el acabado final.
- **Proceso de bicocción:** En este proceso la pasta prensada y cruda, se cuece para formar el bizcocho y, posteriormente se aplica el esmalte sobre este, que se cuece nuevamente para dar el acabado final.
- **Tercer fuego:** En algunos materiales se aplica una tercera cocción a baja temperatura para finalizar el proceso de decoración.

4.12.2 Hornos

En la actualidad, los hornos más difundidos para la fabricación de baldosas cerámicas son los hornos monoestrato de rodillos, donde el material a cocer, transportado de diferentes maneras, principalmente rodillos con engranajes, pasa en un único estrato por la estructura del horno. También el horno de rodillos bicanal, aunque no es muy habitual, se utiliza por el menor espacio requerido.[31]

Ilustración 55 Entrada de baldosas al horno por medio de rodillos refractarios giratorios

Elaborado por autor. Fuente: (Instituto de Tecnologia Cerámica (ITC), 2007)

En todo caso, el material crudo avanza por el horno, encontrando sectores cada vez más calientes (zona de precalentamiento), hasta alcanzar la temperatura máxima (zona de cocción), que se extiende durante un cierto tramo (tiempo); el material continúa su desplazamiento encontrando una zona de enfriamiento fuerte y repentino, que se suaviza ligeramente para obviar los problemas debidos a la presencia de cuarzo, para luego, ser retomado de manera turbulenta hasta la salida del horno, a una temperatura que oscila entre 40-60ºc.

El tiempo empleado por el material en recorrer el canal corresponde a la duración del ciclo de cocción y, junto con el caudal de la sección transversal del horno y el número de capas de material, contribuye a determinar su productividad. La velocidad del avance del material es, de hecho, generalmente constante.

[31] (Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Minas, 2013)

A fin de realizar una buena cocción del producto cerámico deben fijarse y/o controlarse adecuadamente los siguientes parámetros:

- Intervalo de cocción: Es decir, rango de temperaturas entre el inicio de la vitrificación y el inicio de deformación. Este intervalo depende de las características de la pasta y debe ser los más amplio posible.
- Temperatura máxima: Depende del tipo de producto que se esté fabricando.
- Tiempo de permanencia a la máxima temperatura: Depende de la forma y dimensiones del producto, ya que es necesario un tiempo que permita la homogeneización de temperaturas en toda la masa de la pieza.
- Uniformidad de temperatura en el horno.
- Atmósfera del horno.
- Ciclo de cocción.

La determinación del ciclo de cocción para cada tipo de producto vendrá dada en función de la composición de pasta y esmalte, así como de la tecnología utilizada. Es importante, por tanto conocer la acción del calor sobre las materias primas cerámicas, a fin de diseñar un ciclo de cocción adecuado.[32]

4.12.3 Etapa de precalentamiento

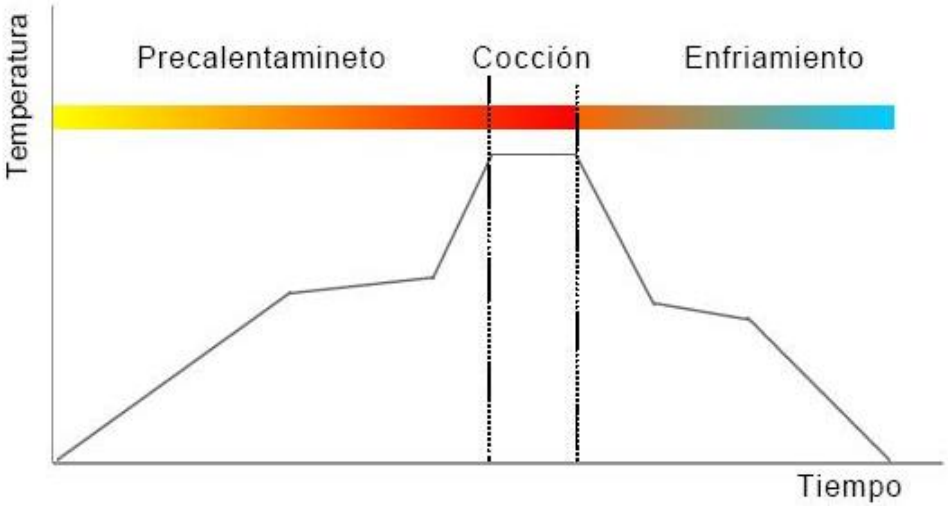
Abarca entre el 55 y 60% de la longitud total del horno y se puede diferenciar entre:

Etapa inicial de calentamiento En la entrada al horno el factor que limita la velocidad de calentamiento es el peligro de explosión de piezas, motivada por una eliminación violenta del exceso de humedad residual en forma de vapor. Esta humedad procede de la absorción de la humedad del ambiente de las piezas durante su almacenamiento, el agua que se aplica en el esmaltado, y la humedad residual a la salida del secadero.

En esta primera zona se inicia el calentamiento de las piezas de forma lenta hasta alcanzar aproximadamente los 400ºC para favorecer la eliminación de dicho exceso de humedad, y en ella se realiza la extracción de los humos producidos durante la combustión.

[32] (Instituto de Tecnologia Cerámica (ITC), 2007)

Ilustración 56 Esquema del proceso de cocción



Elaborado por autor. Fuente: (Instituto de Tecnologia Cerámica (ITC), 2007)

Calentamiento. En esta zona es donde tiene lugar el aporte energético que permite llevar a cabo la oxidación de la materia orgánica y de las impurezas, la eliminación de los productos gaseosos generados durante ellas, así como la descomposición de los carbonatos (sobre todo cálcico) presente en el soporte.

Para evitar la aparición de defectos superficiales, alteraciones en el color y texturas en el interior del producto acabado, es imprescindible que todas las reacciones indicadas, se completen antes de que la permeabilidad del esmalte y del soporte sean tan bajas, que prácticamente impidan la difusión de las especies gaseosas (CO2, O2, etc.) producidas en el interior de la pieza. Por ello, las temperaturas a las que transcurre esta etapa son ligeramente inferiores a las de reblandecimiento del esmalte (inicio de la transformación a estado viscoso), comprendidas generalmente entre 750 º C y 900ºC.

4.12.4Etapa de cocción.

Se considera como tal el momento en el que se produce la sinterización de las piezas.

El soporte, al irse calentando, comienza, de una manera progresiva, a producir fase vítrea (en el caso de composiciones de gres) o fases cristalinas estables (en composiciones de azulejos o revestimientos), y la mezcla de materias primas se va transformando en una única estructura química compleja.

En el caso de las piezas esmaltadas, los esmaltes sufren una transformación similar a la de la pasta, pero en general la cantidad de fase vítrea producida es mayor, presentando un mayor grado de vitrificación.

La zona de cocción debe corresponder al intervalo de temperaturas comprendido entre el inicio de la vitrificación (formación de fase vítrea) y el inicio de la deformación de la pieza por efecto del calor. Debe ser lo más amplio posible, debiendo estar la temperatura optima de cocción dentro de este intervalo, no demasiado cerca del inicio de la sinterización para que el material no sea demasiado poroso, y no demasiado cerca del inicio de la deformación para que la pieza no quede deformada.

El tiempo de permanencia de la pieza en esta zona debe ser lo suficientemente largo como para que toda la pieza pueda sufrir la vitrificación completa y así asegurar la estabilidad dimensional del producto.

Durante la etapa de cocción (y también durante el final del calentamiento) la pieza sufre una importante variación dimensional por dilatación térmica, que se invertirá durante el enfriamiento de la misma. Esta dilatación térmica debe ser considerada durante la formulación de la pasta, el engobe y el esmalte, ya que la falta de acoplamiento entre ellos puede provocar importantes problemas de curvatura en el producto final.

La temperatura máxima de cocción varía en función del tipo de producto, pero se puede decir que está comprendida entre 1130-1220ºC, y el tiempo de permanencia a dicha temperatura es de 2 o 3 minutos.

4.12.5 Etapa de enfriamiento

Abarca entre el 40 y el 50% restante de la longitud total del horno y se pueden diferenciar tres etapas:

Enfriamiento forzado a alta temperatura: Se realiza por convección forzada, haciendo incidir aire a temperatura ambiente en el interior del horno a poca distancia de las piezas.

La elevada resistencia al choque térmico de las piezas a alta temperatura, permite que estas puedan enfriarse de forma rápida sin que se produzcan roturas, a pesar del elevado gradiente térmico que se establece en su interior.

Enfriamiento natural: En este intervalo de temperaturas el enfriamiento de las piezas se realiza casi exclusivamente por radiación y convección natural.

Durante este periodo de enfriamiento se produce la transformación alotrópica que presenta el cuarzo a 537 º C, por la cual existe un cambio de estructura cristalina de cuarzo β → cuarzo α con una importante disminución de volumen (0.8%), lo que puede provocar roturas, falta de uniformidad y tensiones que minimicen la estabilidad final de la pieza. Esta transformación, que aunque no es la única que se produce si es la más significativa, condiciona a este tramo de enfriamiento lento.

Esta transformación del cuarzo es reversible, con lo cual también se ha producido en la etapa de calentamiento, pero en sentido contrario. Como la etapa de calentamiento es lenta y larga de por sí, no suele ser conflictiva en dicho tramo.

Ilustración 57 Salida del horno de baldosas esmaltadas

Elaborado por autor. Fuente: Fuente (Ceramitec, 2012)

Enfriamiento forzado a baja temperatura: Superado el anterior punto crítico, el material se hace nuevamente resistente al choque térmico, por lo que el enfriamiento final se hace otra vez por convección forzada, hasta una temperatura en la que el producto pueda ser manipulado (aproximadamente 100˚C).

Esta curva de cocción puede ser aplicada en líneas generales, tanto para los casos de bicocción como de monococcion, teniendo en cuenta que en monococcion la aparición de defectos generados por procesos de calentamiento o enfriamientos demasiado rápidos van a ser más probables (por el efecto de la cocción del esmalte sobre el soporte crudo),

por lo que deben tenerse más precauciones tanto en la etapa de calentamiento, como en la de cocción.

4.13 Tratamientos adicionales

Existe un amplio abanico de posibles tratamientos adicionales, que se aplican en diferentes puntos del proceso general de fabricación para obtener piezas diferenciadas, tanto desde un punto de vista estético como técnico, y aumentar así su valor añadido

La búsqueda de nuevos efectos en las baldosas cerámicas ha dado lugar a toda una serie de tratamientos adicionales de la pieza una vez cocida:

- Pre-corte.
- Pulidos superficiales.
- Aplicación de decoraciones especiales mediante tercer fuego y cuarto fuego
- Rectificados.
- Decoraciones por deposición física de vapor o laser.
- Biselado.
- Eliminación de las juntas laterales, etc.

4.14 Clasificación y embalaje

Con la etapa de clasificación y embalado finaliza el proceso de fabricación del producto cerámico. En el pasado, la clasificación de las baldosas cerámicas se realizaba de forma manual y visual por los operarios, de manera que a la salida de los hornos se eliminaban las piezas que se veían defectuosas y se hacían controles de calidad de manera puntual sobre piezas elegidas al azar.

Ilustración 58 Clasificación manual de baldosas a la salida de la línea de producción

Elaborado por autor. Fuente: (Ceramitec, 2012)

Hay que recordar también que los colores cambian de manera notable tras la cocción. Para conocer bien los colores y saber elegir los matices apropiados a una decoración, resultará muy útil construir una paleta (gradaciones y superposiciones de tonos diversos).

Ilustración 59 Paletizado de producto

Elaborado por autor. Fuente: (Ceramitec, 2012)

Hoy en día, estos controles de calidad final del producto se realizan de forma automática mediante maquinaria apropiada que es capaz de medir y controlar todos los parámetros requeridos para una total clasificación de las piezas. El resultado es un

producto controlado en cuanto a su rectangularidad dimensional, aspecto superficial y características mecánicas y químicas.[33]

Posteriormente se procede al embalaje de las piezas: envasado, paletizado y etiquetado, también de forma automatizada, para luego trasladarlas a los almacenes de carga.

[33] (Centro de Tecnologias Limpias (CTL), 2012)

5 Diseño de la producción.

5.1 Producción industrializada.

El establecimiento y puesta en marcha de una planta de producción de baldosas cerámicas es capaz de contribuir en gran manera al desarrollo económico de una región. Aparte de las obvias oportunidades de empleo, la planta puede proporcionar una serie de otros trabajos. Se necesitará de mucha gente para realizar la extracción desde la cantera y para el transporte de las materias primas hacia la planta para la producción. A sí mismo, más gente es contratada para la colocación de los revestimientos cerámicos, dentro del sector de la construcción.

A parte de las ganancias que los productos generen dentro del mercado, el ingreso generado por estos nuevos empleos podría estar dirigido a la construcción de albergues, escuelas, y otras construcciones dentro de las comunidades aledañas a la ciudad que servirán para fomentar la demanda de estas baldosas. El potencial de crecimiento de este ciclo es ilimitado, particularmente del capital ahorrado resultante de la discontinuidad de baldosas importadas, y de su exportación.

5.2 Proceso Keramos.

Este proceso de producción al cual se ha denominado Keramos (del griego *keramos* que significa quemar) se ha conceptualizado, diseñado y desarrollado con la finalidad de ilustrar cada una de las fases del proceso, organizándolas y esquematizando sus partes de una manera simple, moderna y automatizada.

El proceso keramos muestra un diseño de producción basado en las mejores técnicas disponibles para fabricación de baldosas cerámicas utilizadas en el mundo y tomando lo mejor de cada una para conformar y organizar una estructura única que permita la distribución de todo el proceso en planta.

Complementario a este documento guía, la conceptualización, ilustración y esquematización del proceso Keramos, cuenta además con:

- Diseño 3D de cada una de las maquinas utilizadas en el proceso en formato SKP (Trimble Sketchup, exportable a DWG u otros formatos).

- Diseño 3D del proceso completo en planta en formato SKP (Trimble Sketchup, exportable a DWG u otros formatos)
- 16 Laminas ilustrativas con esquemas y detalle de maquinaria en formato PDF.
- Video de la animación 3D del proceso en planta en formato mp4.

La animación del proceso combina el diseño 3D realizado con videos de fábricas reales, permitiendo así un completo y detallado conocimiento de la esquematización, zonificación y la distribución en planta de las diferentes maquinarias llevando al lector de la guía al interior mismo del proceso.[34]

Ilustración 60 Logo del proceso industrial diseñado Keramos

Elaborado por autor

5.3 Fases del proceso productivo en planta

La gran variedad de rutas para la producción de baldosas y la diversidad de productos obtenidos hace que sea difícil la clasificación y la esquematización de los diferentes procesos productivos. Sin embargo, con la información acumulada, puede esquematizarse en ocho fases básicas el proceso productivo de fabricación de azulejos, pavimentos y baldosas de cerámica:

[34] *(Ver archivos 3D, Laminas 1-16 y video "Guía del proceso industrial para la fabricación de baldosas cerámicas")*

- Control de materias primas
- Preparación de pastas (mezcla, molienda, atomización)
- Conformado (por prensado o extrusión)
- Secado
- Preparación de esmaltes
- Esmaltado y decoración
- Cocción
- Clasificación y embalaje

A estas ocho fases podríamos añadir alguna más que se realiza a lo largo de todo el proceso productivo, como son las de planificación y programación de la producción, control de calidad, mantenimiento mecánico, y otras que no pertenecen directamente al área de producción tales como la gestión administrativa y gestión comercial.[35]

[35] (INVIMARK, 2002)

Tabla 20 Características de las fases del proceso de fabricación

Fase		Producto de entrada	Descripción de la fase	Producto de salida
1	Control de materias primas	Materias primas para pasta y esmalte	Recepción de las materias primas, Trituración en grandes molinos trituradores. Control y almacenamiento de las materias primas según sea para pasta o esmalte.	Materias primas
2	Mezcla y molienda	Materias primas para pasta	Mezclado y molienda. Esta puede hacerse: Por vía seca (seguida o no por granulación) Por vía húmeda, que termina en un proceso de atomización de la arcilla, Molienda vía seca y amasado.	Polvo granulado, Polvo atomizado.
3	Conformado	Granulado, Atomizado, Masa plástica.	Conformado por prensado: conformación de piezas mediante prensado en seco con moldes del polvo granulado atomizado. Conformado por extrusión de masa plástica	Piezas crudas prensadas (5-7 agua). Piezas crudas extrudidas (12-17 agua)
4	Secado	Piezas crudas (5-7 agua).	Secado de las piezas obtenidas de las prensas en secaderos verticales u horizontales	Piezas secas (0,2-0,6 agua)
5	Preparación de esmaltes	Materias primas para esmaltes	Elaboración de fritas y esmaltes ajustados a las condiciones requeridas.	Fritas, engobes, esmaltes, tintas, etc.
6	Esmaltado y decoración	Esmaltes, engobes. Piezas crudas o cocidas.	Esmaltado previo o posterior a las cocciones Se da también una decoración de los productos terminados.	Piezas crudas o cocidas.
7	Cocción	Piezas crudas o cocidas	Horneo de las piezas. Puede darse una, dos y hasta tres cocciones, dependiendo del tipo de proceso.	Producto terminado resultante.
8	Clasificación y embalado	No esmaltado Esmaltado monococcion Esmaltado bicocción Decorado tercer fuego	Selección y clasificación del producto resultante según calidad y tono. Embalaje y preparación de expediciones	Producto terminado clasificado.

Elaborado por autor. Fuente: (INVIMARK, 2002)

Dependiendo del producto a fabricar, la secuencia del proceso puede variar significativamente, aun así los productores a nivel mundial recomiendan tres secuencias básicas del proceso de fabricación de baldosas atendiendo al producto a fabricar, a la tecnología utilizada, al acabado del producto, a su decoración final, etc. Las secuencias de fases de fabricación pueden ser las siguientes:

(A) Preparación de materias primas, molienda en húmedo, atomización, prensado, secado, cocción, esmaltado, cocción

(B) Preparación de materias primas, molienda en seco, granulación, prensado, cocción, esmaltado, cocción

(C) Preparación de materias primas, humectación, amasado, extrusión, esmaltado cocción.

Tabla 21 Secuencia de trabajo en las fases del proceso

Fase 1		Fase 2	Fase 3	Fase 4		Fase 5-6	Fase 7		Fase 8
Control de materias primas		Mezcla y molienda	Conformado	Secado	(Primera cocción)	Preparación esmaltes Esmaltado	Cocción	(Tratamientos adicionales)	Clasificación
A	Preparación de materias primas	Molienda en húmedo	Secado por atomización	Prensado en seco (5-7 agua)	(Cocción)	Esmaltado	Cocción	Variante sin esmaltado con o sin pulido	Clasificación
B	Preparación de materias primas	Molienda en seco	Granulación	Secado (0,2-0,5 agua)	(Cocción)	Esmaltado	Cocción		Clasificación
C	Preparación de materias primas	Molienda en seco	Humectación y amasado	Extrusión (12-17 agua)		(Esmaltado)	Cocción		Clasificación

Elaborado por autor. Fuente: (INVIMARK, 2002)

Tabla 22 Fase 1 Control de materias primas

1	Control de materias primas	Selección de materias primas para pasta y esmaltes. Recepción de materias primas para pasta y esmalte. Control de almacenamiento de materias primas.

Elaborado por autor. Fuente: (INVIMARK, 2002)

Tabla 23 Fase 2 Mezcla, molienda y atomización

2	Mezcla, molienda y atomización.	Homogenización de materias primas primera mezcla de los componentes de la pasta cerámica.	Mezcla homogénea
	Vía seca	Molturación por vía seca mediante molinos de martillos o pendulares de las materias primas. Regulación de la humectación de la mezcla Introducción de las mezcla en el molino Vaciado del molino Tamizado del granulado	Granulado
		Transporte del granulado en camiones o cinta Almacenamiento del granulado en silos en la planta de molienda	Granulado almacenado en silos
	Vía húmeda	Molturación por vía húmeda mediante molinos de bolas continuos o discontinuos Regulación de la humectación de la mezcla Introducción de la mezcla en el molino Accionar y controlar el molino Control de la suspensión elaborada Vaciado del molino	Suspensión o barbotina
		Almacenamiento de la barbotina en balsas en la planta de molienda	Barbotina en balsas
	Atomización	Atomización, secado y granulado de la barbotina mediante atomizador Programación, encendido y control del atomizador Bombeo y pulverización de la barbotina en el atomizador Generación y alimentación de gases calientes para secado de la pulverización Control del granulado elaborado	Polvo atomizado
		Transporte del granulado en cinta Almacenamiento del granulado en silos	
	Amasado	Mezclado de las materias primas con agua para pastas para conformado de piezas por extrusión.	Masa plástica

Elaborado por autor. Fuente: (INVIMARK, 2002)

Tabla 24 Fase 3 Conformado de piezas

3	Conformado		
	Prensado en seco	Conformación de piezas mediante prensado de polvo granulado (atomizado o no) dispuesto en moldes metálicos.	
		Control de las características requeridas de la mezcla de granulado (humedad, granulometría, fluidez) Regulación de la alimentación de la mezcla, según la dosificación requerida. Colocación, cambio y control de los moldes. Realización del conformado de la pieza accionando la prensa Regulación y control del ciclo de prensado preestablecido, controlando la constancia de la fuerza de compactación y del tiempo de prensado.	Piezas crudas conformadas en moldes
		Recogida del producto conformado y colocación en la zona de secado mediante bancos de rodillos.	Piezas crudas desmoldadas dispuestas en planos metálicos continuos
	Extrudido	Conformación de piezas por extrusión de pasta mediante una matriz que forma una pieza de sección constante	
		Control de las características requeridas de la pasta (humedad, plasticidad). Regulación de la alimentación de la mezcla, según la dosificación requerida. Colocación, cambio y control de boquillas de la matriz de la extrusora Realización del conformado de la pieza accionando la extrusora Regulación y control del ciclo preestablecido de la máquina, controlando la constancia del sistema de propulsión, y de la cortadora de pasta ya conformada.	Piezas crudas conformadas por extrusión
		Recogida del producto conformado y colocación en la zona de secado mediante cinta transportadora u otros sistemas de transporte interno.	Piezas crudas dispuestas en pallets

Elaborado por autor. Fuente: (INVIMARK, 2002)

Tabla 25 Fase 4 Secado de piezas

4	Secado	Secado de las piezas conformadas mediante secaderos	
	Secaderos verticales	Depósito de las piezas conformadas en planos metálicos horizontales Apilado de los planos Introducción de los planos en el secadero vertical Programación del ciclo de secado Generación y control de gases de secado a temperatura convenida Control de ciclo de secado programado Vaciado automático del secadero Entrada de las piezas secas a las líneas de esmaltado o colocación de las piezas en boxes o vagonetas para cocción.	Piezas secas dispuestas en boxes o vagonetas en planos horizontales
	Secaderos horizontales	Depósito de las piezas conformada en líneas de secado Apilado de las líneas de secado en diversos planos (secaderos bi estratos) Introducción de las líneas en el secadero horizontal (rodillos) Programación del ciclo de secado Generación y control de gases de secado a temperatura convenida Control de ciclo de secado programado Vaciado automático del secadero horizontal Transporte de las piezas secas en cinta al horno o a las líneas de esmaltado.	

Elaborado por autor. Fuente: (INVIMARK, 2002)

Tabla 26 Fase 5 Preparación de esmaltes

5	Preparación de esmaltes	Mezcla y molienda de los distintos compuestos que van a formar el esmalte (fundentes, opacificantes, colorantes, etc.) Parte fritada del esmalte (de una sola frita o mezclas de diferentes fritas) Parte no fritada(materias primas al natural) Compuestos vitrios insolubles en agua obtenidos por fusión y posterior enfriamiento: Selección y control de materias primas. Dosificación de materias primas en la proporción establecida para la composición mediante maquina dosificadora. Transporte de las materias primas a una maquina mezcladora mediante transporte neumático. Paso de la mezcla a una tolva de alimentación Introducción de la mezcla desde la tolva al horno (continuo o discontinuo) mediante un tornillo son fin Control del funcionamiento de la maquinaria de dosificación, de la mezcladora, la tolva y el tornillo Programación y control de los parámetros de fusión de la mezcla introducida en el horno (tiempo, velocidad y temperatura del horno).	
	Fritado	Horno continuo: salida en continuo del horno del líquido viscoso caliente (fritada) en que se ha convertido la mezcla. Enfriamiento de la fritada caliente por inmersión de agua Extracción de la fritada vidriada fragmentada mediante un tornillo sin fin Transporte a secadero para eliminar la humedad o enfriamiento de la fritada con aire mediante cilindros enfriados en su parte interior con agua. Horno rotatorio: (consiste en un cilindro de acero revestido interiormente con refractario y dotado de un sistema de movimentación que permite la homogenización de la masa fundida). Enfriamiento de la fritada caliente por inmersión de agua Extracción del agua mediante un tornillo sin fin de la fritada vidriada o fragmentada Transporte al secadero para eliminar la humedad Control de gases calientes procedentes de la combustión, de la volatilización de materias primas y de las partículas de combustión	Fritas en fragmentos irregulares de vidrio, seca. Fritas en pequeñas escamas secas.
	Elaboración de esmaltes	Molienda de la frita o las fritas y de los aditivos en molinos de bolas de alúmina hasta obtener un rechazo prefijado. Mezclado con agua de la molienda hasta obtener una suspensión acuosa de características variables según el método de esmaltado a utilizar.	Esmaltes en suspensión acuosa

Elaborado por autor. Fuente: (INVIMARK, 2002)

Tabla 27 Fase 6 Esmaltado y decoración

6	Esmaltado y decoración	Colocación de las piezas secas o cocidas en la línea de esmaltado (en continuo) Control de la calidad del esmalte Barnizado previo o posterior a las cocciones mediante Esmaltado en cortina Por pulverización En seco Decoraciones Técnica de serigrafía: Accionado de la máquina de serigrafía Cambio de pantallas de serigrafía Alimentación de tintas Limpieza de las pantallas Control de proceso de esmaltado y decoración Control de la disponibilidad de soportes, esmaltes y materias primas Traslado de las piezas esmaltadas desde las líneas de esmaltes a los hornos mediante boxes o vagonetas	Piezas esmaltadas dispuestas para ser cocidas

Elaborado por autor. Fuente: (INVIMARK, 2002)

Tabla 28 Fase 7 Cocción

7	Cocción	Entrada de las piezas (secas no esmaltadas o ya cocidas para esmaltar) al horno de cocción mediante descarga automática de boxes o vagonetas con las piezas mediante líneas continuas en los hornos mono estratos de rodillos. Cocción de las piezas según parámetros preestablecidos para cada ciclo térmico (temperatura, tiempo y atmosfera del horno) dependiendo de cada tipo de producto o tecnología utilizada Salida de las piezas de cocidas mediante evacuación de las líneas continuas de los hornos mono estrato de rodillos Control del funcionamiento de carga y descarga Supervisión de proceso de cocción Control de humos y gases calientes contaminantes procedentes del proceso de calentamiento y cocción del horno, y de otro lado del proceso de enfriamiento.	Piezas cocidas esmaltadas o sin esmaltar, dispuestas para ser clasificadas

Elaborado por autor. Fuente: (INVIMARK, 2002)

5.4 Capacidad de producción

A la exposición detallada de las fases del proceso productivo podemos incluir de manera general los aspectos técnicos del proceso de fabricación (materiales, maquinaria utilizada, etc.) entendiendo que a estos aspectos a los que podrían añadirse otros, perfilan el proceso productivo de una forma más completa al integrar los elementos técnicos y tecnológicos mayormente utilizados, así como también laborales del proceso.

El criterio más utilizado a la hora de clasificar los procesos de fabricación de los recubrimientos cerámicos, se basa en el número de cocciones que soporta la pieza durante el proceso, (monococcion, bicocción y tercer fuego) tipos de cocción explicadas anteriormente. El tamaño y el tipo de las baldosas pueden variar. Algunos de los tamaños más populares de baldosas para paredes y pisos incluyen:

Tabla 29 Formato de los principales tipos de baldosas cerámicas

Tipo de baldosas	Soporte	Conformado	Medidas usuales (cm)	Espesor (mm)	Esmalte	Cocción	Proceso
Azulejo	Poroso	Prensado en seco	10 x 10 a 45 x 60	< 10	Si	Mono o bicocción	Industrial
Gres esmaltado	No poroso	Prensado en seco	10 x 10 a 60 x 60	>8	Si	Monococcion generalmente	Industrial
Gres porcelánico	No poroso	Prensado en seco	15 x 15 a 60 x 60	>8	No-si	Cocción única	Industrial
Gres rustico	No poroso	Extrudido	12 x 12 a 40 x 40	>10	No-si	Cocción única o bicocción	Industrial

Elaborado por autor. Fuente (INVIMARK, 2002)

5.5 Esquema en planta y requerimientos básicos

Una pequeña industria con una capacidad de producción de 6000 m2/día de baldosas de cerámico (tomando en cuenta que las grandes fábricas podrían llegar a producir más de 100.000 m2/día) puede servir como ejemplo para ilustrar los requerimientos mínimos en cuanto a materia prima, área de terreno, maquinaria, personal de trabajo, entre otras, que una planta industrial para fabricación de baldosas cerámicas requiere. Los números de cada uno de los ítems en la siguiente lista de requerimientos básicos corresponden a la ubicación de estos en una distribución de planta tipo como se puede ver en la ilustración.

Tabla 30 Requerimientos de maquinaria en las diferentes partes del proceso

A. Manejo de materias primas	
1. Alimentador 8 Ton	1
2. Balanza electrónica	1
3. Banda transportadora 800mm	8
B. Molienda	
4. 10’ x 14’ Molino de Bola	8
5. Bomba de aire de diafragma	8
6. Tamiz vibratorio	8
7. Agitador de barbotina 10HP	12
B. Secado por atomización	
1. Atomizador	1
2. Tamiz vibratorio	2
3. Banda transportadora	10
4. Transportadora de cangilones 18M	1
5. Silo de almacenamiento de polvo atomizado (80 Ton)	8
6. Sistema colector de polvo	1
7. Mezcladora de aguas residuales	2
8.Transportadora de cangilones 12M	1
C. Conformado de piezas	
1. Prensa hidráulica PH#980	3
2. Moldes	12
3. Cubo de almacenamiento de polvo atomizado	3
4. Enfriadores	6
D. Secado	
Banda transportadora	2
Secadero horizontal	2
Maquina almacenadora de planos	2

Elaborado por autor

Tabla 31 Requerimientos de maquinaria en las diferentes partes del proceso (parte 2)

E. Preparación y manejo de esmaltes	
1. 5’ x 5’ Molino de Bola	8
2. 4’ x 4’ Molino de Bola	4
3. Levantador	1
4. Mezclador de esmalte 3 Ton	6
5. Mezclador de esmalte 5 Ton	2
6. Bomba de aire de diafragma	2
7. Agitadores	2
F. Lina de esmaltado	
1. Maquina cepilladora	2
2. Maquina esmaltadora	3
3. Mezcladores con bomba	3
4. Esmaltadora de spray	1
5. Esmaltadora de disco	1
6. Maquina almacenadora de planos	2
7. Maquina impresora de pantallas	2
G. Horneado	
1. Equipo de carga de horno	2
2. Equipo de ingreso al horno	2
3. Horno monoestrato de rodillos	2
4. Equipo de salida del horno	2
5. Maquina limpiadora de tubo	1
6. Maquina redireccionadora de tubo	2
H. Selección y empaque	
1. Línea de selección	1
2. maquina empacadora	2
3. maquina selladora	2
H. Equipo de almacenamiento	
1. Equipo de carga	2
2. Equipo de descarga	2
3. Carro de stock	40
4. Transportador	1

Elaborado por autor

Tabla 32 Requerimientos para el laboratorio de pruebas

Ítems	N° de máquinas
Horno de prueba	1
Molino de vasija	1
Molino de bola	1
Balanzas	1
Medidor de prueba del agua	1
Medidor de viscosidad	1
Hidrómetro	1
Prensa hidráulica	1
Densímetros del vidriado	1
Probador de humedad	1
Dilatómetro	1

Elaborado por autor

Tabla 33 Utilidades para requeridas para el proceso

Agua:
90 KL7dia para uso industrial y 10KL/día para uso de los trabajadores, en total 100 KL/día
Potencia:
Poder instalado: 1200 KVA
HP: 2642 HP
Consumo de electricidad: 3.21 KWH/M^2
Combustible:
Diesel: 5540 L/día
Gas líquido: 7340 KG/día

Elaborado por autor

Tabla 34 Mano de obra requerida

Trabajadores por dpto.	Turnos por día	Trabajadores por turno	Trabajadores por día
Pesado de cuerpo y esmaltes	2	2	4
Molienda y agitado	2	2	4
Secado por atomización	3	1	3
Conformación y secado	3	1	3
Elaboración de esmaltes	3	2	6
Esmaltado	3	4	12
Quema y carga	3	3	9
Selección	3	1	3
Empaque	3	3	9
Cargadores	2	8	16
Control de calidad	3	2	6
Químicos	1	2	2
Técnico electricista	3	1	3
Técnico mecánico	1	2	2
Jefe de sección		2	2
Jefe de planta		1	1

Elaborado por autor

Tabla 35 Materia prima utilizada por día en una producción de 6000m^2 Elaborado por autor

Nombre	Uso/Día
Feldespato	1.6 ton
Caolín	0.8 ton
Frita	5.6 ton
Arcilla esquisto	48 ton
Arcilla roja	80 ton
Feldespato	14.4 ton
Arena	1.6 ton
TOTAL	152 ton

Elaborado por autor

5.6 Generación de sectores ocupacionales en base a las fases del proceso productivo

Basándonos en los trabajos de campo de la investigación, se han elaborado los distintos perfiles profesionales de las ocupaciones del sector, entendiendo por perfil profesional la descripción de competencias, funciones, conocimientos, medios de trabajo y

capacidades requeridas para el desempeño de una ocupación así como las condiciones de trabajo de desarrollo de las mismas.[36]

Las diferentes ocupaciones deben adecuarse a las nuevas circunstancias del desarrollo de las ocupaciones del sector en los últimos años; esta redefinición de las funciones y la aparición de nuevas funciones laborales en el sector está cambiando la determinación de las necesidades de formación de las ocupaciones del sector, señalado así necesidades de readecuación de la oferta formativa específica para el sector, especialmente la de formación continua, en base a esto los perfiles definidos son:[37]

- Preparadores de pasta cerámica
- Conformadores de piezas
- Preparadores de esmaltes
- Esmaltadores-decoradores de cerámica
- Horneros de cerámica
- Técnicos del control de calidad
- Técnicos de mantenimiento
- Técnicos de marketing y comerciales
- Gestores y administrativos

5.7 Marco institucional referente a la extracción de materia prima

5.7.1 Fases de la actividad minera

Prospección: es la búsqueda de indicios de nuevas áreas mineralizadas.

Exploración: consiste en la determinación del tamaño y forma del yacimiento, así como del contenido y calidad del mineral en él existente. La exploración incluye también la evaluación económica del yacimiento.

Principales actividades de exploración:

- Mapeo geológico
- Muestreo geoquímico de sedimentos a lo largo de drenajes

[36] *(Ver Anexo F: Ocupaciones derivadas del proceso de fabricación diseñado)*
[37] (INVIMARK, 2002)

- Muestreo sistemático de suelo y líneas de geofísica
- Muestreo de afloramientos
- Sondajes

Explotación: comprende el conjunto de operaciones, trabajos y labores mineras destinadas a la preparación y desarrollo del yacimiento y a la extracción y transporte de los minerales.

5.7.1.1 Principales actividades de explotación (cielo abierto)

- Apertura y/o mejora de vías
- Instalación de campamentos y equipos de producción
- Extracción, triturado, transporte, molienda y concentración
- Construcción y operación de escombreras y depósito de relaves
- Transporte de concentrados a puerto marítimo
- Cierre de mina

Beneficio: consiste en el tratamiento de los minerales explotados para elevar el contenido útil o ley de los mismos.

Fundición: comprende los procedimientos técnicos destinados a separar los metales de los correspondientes minerales o concentrados producidos en el beneficio.

Refinación: consiste en los procedimientos técnicos destinados a convertir los productos metálicos en metales de alta pureza.

Comercialización: consiste en la compraventa de minerales o la celebración de otros contratos que tengan por objeto la negociación de cualquier producto resultante de la actividad minera.

Corresponde al viceministerio de minas la formulación, planificación y ejecución de la política minera nacional.

La administración de la política minera es realizada por la Agencia de Regulación y Control Minero (ARCOM) y el Instituto Nacional de Investigación Geológico Minero Metalúrgico (INIGEMM), los cuales gestionan los procesos de otorgamiento,

conservación y extinción de derechos mineros de conformidad con las regulaciones de la ley de minería.

Para el cumplimiento de sus funciones, el ministerio de energía y minas ha creado siete direcciones regionales de minería, que tienen jurisdicción y competencia de acuerdo a la siguiente distribución territorial:

5.7.1.2 Dirección regional provincias:

- Azuay, Cañar, Morona
- Chimborazo, Bolívar, Tungurahua, Pastaza
- El Oro
- Guayas, Manabí, Los Ríos, Galápagos
- Loja
- Pichincha, Carchi, Imbabura, Cotopaxi,
- Esmeraldas, Napo, Sucumbíos, Orellana
- Zamora

El servicio de catastro minero nacional y el servicio técnico nacional tienen a su cargo en todo el territorio nacional, los aspectos técnicos relativos a:

- Otorgamiento de derechos mineros
- Conservación de derechos mineros
- Extinción de derechos mineros
- Elaboración de catastro minero
- Mantenimiento del catastro minero
- Actualización el catastro minero

En cada una de las direcciones regionales de minería funciona un servicio técnico y de catastro minero regional.

5.7.1.3 Atribuciones y obligaciones de las direcciones regionales de minería:

- Otorgamiento de concesiones de exploración y explotación de: metálicos, no metálicos y materiales de construcción.
- Autorizaciones de libre aprovechamiento para materiales de construcción

- Catastro minero
- Control y seguimiento minero
- Multas y sanciones
- Informes de producción

Otorgamiento de concesiones.- la concesión minera es un derecho real e inmueble, distinto e independiente al de la propiedad de la tierra en que se encuentra aunque ambas pertenezcan a una misma persona (art. 7 lm). En función de esto las

5.7.1.4 Direcciones regionales de minería otorga 2 tipos de títulos de concesión:

Para metálicos y no metálicos.- título que le confiere en legal y debida forma el derecho real y exclusivo para prospectar, explorar, explotar, beneficiar, fundir, refinar y comercializar todas las sustancias minerales que puedan existir y obtenerse en el área. En este título se señala la prohibición expresa de explotar y comercializar materiales de construcción.

Para materiales de construcción.- título que se confiere para la explotación de materiales de construcción, mediante el cual se le confiere en legal y debida forma el derecho real y exclusivo para explotar y comercializar las arcillas superficiales, arenas, rocas y demás materiales de empleo directo en la industria de la construcción que puedan obtenerse en el área motivo de la adjudicación.

5.8 Marco institucional referente a la gestión ambiental en la producción

La norma ISO 14001, ofrece al empresario la oportunidad de cumplir con los compromisos ambientales requeridos por su mercado meta y partes terceras interesadas, asegurando el cumplimiento de su política ambiental, leyes y reglamentos aplicables a su operación y actividades que evidencien su responsabilidad y desempeño ambiental.

En nuestro país, varias empresas de los sectores: industrial y agroindustrial, han iniciado su preparación o están prontos a certificarse por la norma ISO 14001 de una manera voluntaria y visionaria, aunque sectores importantes y de interés mundial como el pesquero, no registran haberse iniciado en este proceso.

Algunas de las principales cuestiones ambientales relacionadas con la fabricación de baldosas cerámicas y artefactos sanitarios son las siguientes:

- Emisiones a la atmósfera
- Aguas residuales
- Residuos sólidos

5.8.1 Emisiones a la atmósfera

Las emisiones a la atmósfera pueden ocurrir como resultado del almacenamiento y la manipulación de materias primas y durante la cocción o el secado por atomización de artículos de cerámica. En este último caso, las emisiones pueden provenir de las materias primas y/o de los combustibles utilizados para producir calor y electricidad.

5.8.1.1 Partículas

Entre las principales fuentes de emisión de partículas se encuentran la manipulación de materias primas (por ejemplo, cribado, mezcla, pesaje y transporte/acarreo); la molienda/pulverización en seco (menos común que la molienda húmeda); el secado (por ejemplo, el secado por atomización); los procesos de esmaltado por pulverización (tanto para la producción de baldosas como de artefactos sanitarios); la decoración y cocción, y las actividades de terminación de las piezas cocidas.

Algunas de las técnicas de prevención y control utilizadas para reducir las emisiones fugitivas de partículas son las siguientes:

- Separar las zonas de almacenamiento de otras zonas de operaciones.
- Utilizar silos cerrados para almacenar grandes cantidades de materiales en polvo.
- Utilizar protección contra el viento, barreras para lograr esta protección (ya sean barreras artificiales o vegetación verticales, como árboles y arbustos frondosos) si las materias primas se acopian al aire libre.
- Sistemas cerrados de transporte de materias primas secas (por ejemplo, cintas transportadoras, alimentadores continuos cerrados y bandejas de alimentación bien aisladas).

- Equipos de extracción del polvo y cámaras de filtros de bolsa, especialmente para materiales secos en los puntos de carga y descarga y donde los productos se cortan/muelen y pulen.
- Reducir el número de pérdidas de aire y puntos de escape mediante actividades de mantenimiento;
- Mantener presión negativa en los sistemas cerrados que se utilizan para la manipulación de los materiales y extraer polvo del aire succionado, y
- Utilizar separadores de polvo húmedos para tratar las emisiones provenientes de los procesos de secado por atomización y esmaltado en la fabricación de cerámica fina. También pueden utilizarse filtros de láminas sinterizadas para separar el polvo húmedo del esmalte pulverizado y para eliminar gases de las cabinas de pulverización. Estos filtros presentan una alta resistencia a la abrasión y una eficiencia de recolección de hasta el 99,99%.

5.8.1.2 Óxido de azufre

La emisión de óxido de azufre (SO2) en los gases de escape de los hornos de cerámica depende del contenido de azufre del combustible y determinadas materias primas (como yeso, pirita y otros compuestos de azufre). No obstante, la presencia de carbonatos en las materias primas puede prevenir la formación de emisiones de azufre debido a su reacción con el SO2.

Algunas de las técnicas de prevención y control de la contaminación para la reducción de las emisiones de SO2 son:

- Utilizar combustibles con un bajo contenido de azufre, como el gas natural o el gas licuado de petróleo.
- Utilizar materias primas y aditivos con bajo contenido de azufre, a fin de reducir los niveles de este elemento en los materiales procesados.
- Optimizar el proceso de calentamiento y la temperatura de cocción, que debe reducirse al rango más bajo (por ejemplo, hasta 400°C).
- Utilizar lavadores de gases húmedos o en seco. Si la absorción seca no es capaz de producir una concentración suficiente de gas limpio, utilizar lavadores de gases húmedos (por ejemplo, lavadores reactivos o reactores de enfriamiento) agregando productos químicos reactivos básicos (por ejemplo, a base de calcio o de sodio) disueltos en el agua de lavado (reducción por vía húmeda).

5.8.1.3 Óxido de nitrógeno

Las principales fuentes de óxido de nitrógeno (NOx) son la generación de NOx térmico causada por las altas temperaturas de cocción (>1.200°C) en el horno, el contenido de nitrógeno de las materias primas y la oxidación del nitrógeno presente en los combustibles. Algunas de las medidas recomendadas para la reducción de emisiones de NOx son las siguientes:

- Optimizar la temperatura de la llama máxima en el horno y utilizar un control computarizado de la cocción.
- Reducir el contenido de nitrógeno en las materias primas y los aditivos.
- Utilizar quemadores de baja emisión de NOx.

5.8.1.4 Emisión de gases de efecto invernadero

Las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), en especial de dióxido de carbono (CO2), están asociadas principalmente a la utilización de energía en el horno y el secador por atomización. Las guías generales sobre medio ambiente, salud y seguridad proporcionan información adicional sobre estrategias de manejo de las emisiones de gases de efecto invernadero, incluida la conservación de energía. Para reducir el consumo de energía en este sector se pueden adoptar las siguientes medidas:

- Reemplazar los hornos ineficientes (por ejemplo, los hornos por tiro de aire) e instalar nuevos hornos de túnel o de vagoneta del tamaño adecuado u hornos de cocción rápida (por ejemplo, hornos de rodillos). En la industria de los artefactos sanitarios, considerar la instalación de hornos de rodillos, especialmente si se produce un número de modelos reducido.
- Sustituir el petróleo combustible pesado y los combustibles sólidos con combustibles limpios (como el gas natural o el gas licuado de petróleo).
- Mejorar el sellado de los hornos para reducir la pérdida de calor derivada del paso excesivo de aire (por ejemplo, cubiertas metálicas y sellos de arena o agua en los hornos intermitentes o de túnel).
- Mejorar el aislamiento térmico de los hornos para reducir la pérdida de calor.
- Utilizar aislamiento de baja masa térmica en hornos de cocción intermitente.
- Utilizar en el horno carros de baja masa térmica para mejorar la eficiencia general (por ejemplo, de materiales como cordierita-mullita, silimanita y carburo de silicio recristalizado) y minimizar otras cargas parasitarias.

- Utilizar quemadores de alta velocidad para obtener una mayor eficiencia de combustión y de transferencia de calor.
- Optimizar la temperatura de la llama máxima en el horno e instalar un control computarizado de la cocción.
- Optimizar la transferencia del material secado entre el secador y el horno; además, siempre que sea posible, utilizar la zona de calentamiento previo del horno para completar el proceso de secado (y así evitar un enfriamiento innecesario del artefacto secado antes de iniciar el proceso de cocción).
- Aprovechar el exceso de calor del horno, especialmente de la zona de enfriamiento, para calentar los secadores y realizar un secado previo de los productos.
- Aprovechar el calor de los gases de escape del horno para calentar previamente el aire de la combustión.

Para aumentar la eficiencia energética en los secadores por atomización se puede hacer lo siguiente:

- Seleccionar un secador por atomización con una boquilla mejorada.
- Instalar un sistema de aislamiento en el secador.
- Adecuar el tamaño de los ventiladores de escape e instalar controles de velocidad variable con inversor en lugar de ventiladores y reguladores de tiro de velocidad fija.

Otros medios para alcanzar la eficiencia energética son:

- Utilizar prensas hidráulicas de alta presión para las baldosas cerámicas.
- Utilizar el moldeado por inyección en las plantas de artefactos sanitarios.
- Optimizar el tiempo de los ciclos de pulverización de los molinos de bolas.
- Optimizar la cantidad de agua utilizada en la mezcla.
- Limitar la carga eléctrica de los molinos mediante el uso de motores eléctricos de dos velocidades o equipados con acoplamiento hidráulico.
- Utilizar sensores de humedad para controlar el grado de sequedad y el recubrimiento en la fabricación de baldosas cerámicas, y
- Aplicar la cogeneración de calor y electricidad para producir energía eléctrica a partir del calor residual del funcionamiento del secador por atomización con turbinas de gas.

5.8.1.5 Cloruros y fluoruros

Los cloruros y los fluoruros son contaminantes que se encuentran en los gases de desecho de los hornos de cerámica, generados por las impurezas de los materiales que conforman la arcilla. La utilización de aditivos y agua que contienen cloruros durante la preparación de las materias primas puede generar emisiones de ácido clorhídrico. El ácido fluorhídrico se puede generar por la descomposición de los fluorisilicatos de la arcilla. Algunas de las medidas recomendadas para prevenir y controlar las emisiones de cloruro y fluoruro son:

- Utilizar materias primas y aditivos con bajo contenido de flúor, que pueden utilizarse para diluir las emisiones en el material procesado.
- Utilizar lavadores de gas secos.

Tanto el ácido fluorídrico como el ácido clorhídrico se pueden controlar con absorbentes básicos, como el bicarbonato de sodio (NaHCO3), el hidróxido de calcio [Ca (OH)2] y la cal, en seco o con humedad.

5.8.1.6 Metales

El contenido de metales pesados de la mayoría de las materias primas de la cerámica suele ser bajo y poco importante, a excepción de algunos pigmentos para esmaltar. A fin de reducir las emisiones de metal, se debe:

- Utilizar esmaltes convencionales que no contengan plomo u otros metales tóxicos. Deberán evitarse los pigmentos y colorantes a base de cromo que contengan antimonio, bario, cobalto, plomo, litio, manganeso o vanadio;
- Utilizar compuestos coloreados (por ejemplo, pigmentos que contienen colorantes) que sean estables a altas temperaturas y, por lo general, inertes en los sistemas de silicato. El riesgo de la volatilidad de los metales con este tipo de esmalte se puede reducir aún más con ciclos de horneado cortos, y
- Utilizar técnicas altamente eficaces de reducción del polvo (por ejemplo, filtros de tela).

5.8.2 Aguas residuales de procesos industriales

Las aguas residuales de los procesos industriales se generan principalmente a partir del agua de limpieza utilizada en la preparación y moldeado de las unidades, así como de varias actividades del proceso (por ejemplo, esmaltado, decorado, pulido y pulverización húmeda). El agua residual de los procesos industriales se caracteriza por ser turbia y coloreada, debido a las minúsculas partículas de esmalte y minerales de arcilla en ella suspendidas. Algunos de los contaminantes que pueden llegar a ser peligrosos son los sólidos suspendidos (por ejemplo, arcillas y silicatos insolubles), metales pesados suspendidos y disueltos (por ejemplo, plomo y zinc), sulfatos, boro y restos de materia orgánica. Algunas medidas específicas del sector para prevenir y minimizar la generación de aguas residuales son las siguientes:

- Utilizar sistemas de eliminación de gases por medios secos en vez de húmedos.
- Cuando resulte práctico, instalar sistemas de recolección de residuos de esmalte.
- Instalar sistemas de tuberías de transporte por deslizamiento, y
- Separar las corrientes de aguas residuales de otros pasos del proceso y aplicar sistemas de reutilización del agua en circuitos cerrados.

5.8.2.1 Tratamiento de las aguas residuales de los procesos industriales

Algunas de las técnicas de tratamiento de las aguas residuales generadas por procesos industriales en este sector son: la compensación de flujo y carga con ajuste de pH; la sedimentación para reducir los sólidos en suspensión mediante el uso de balsas o depósitos de decantación; el filtrado multimedia para reducir los sólidos en suspensión no sedimentables; la separación del agua y la eliminación de los residuos en vertederos o, si esto resulta peligroso, en sitios de eliminación de desechos creados a tal fin. Pueden ser necesarios otros sistemas técnicos de control para la eliminación más avanzada de metales mediante la filtración por membrana u otras tecnologías de tratamiento físico/químico.

5.8.3 Residuos sólidos

Los residuos de los procesos industriales que se originan en la fabricación de los productos cerámicos son principalmente distintos tipos de lodo, como el resultante del tratamiento de aguas residuales y el lodo que queda de actividades de esmaltado, enyesado y pulverización. Otros residuos de estos procesos son los artefactos que se rompen en alguna etapa de la fabricación (por ejemplo, moldeado, secado y cocción);

material refractario roto; sólidos del tratamiento del polvo (por ejemplo, eliminación del polvo y depuración de los gases de chimenea); moldes de yeso desgastados; agentes de absorción desgastados (por ejemplo, cal granulada y polvo de cal), y residuos de embalaje (por ejemplo, plástico, madera, metal, papel).

Algunas de las recomendaciones para el manejo de los residuos sólidos son las siguientes:

- Reducir la producción de residuos mediante el mejoramiento de los procesos:
    - Reemplazar, para el colaje con barbotina, los moldes de yeso por unidades de presión (prensas isostáticas) con moldes de polímero.
    - Aumentar la vida útil de los moldes de yeso (por ejemplo, utilizando moldes de yeso más resistentes, fabricados con mezcladores automáticos o de vacío).
    - Instalar controles electrónicos de la curva de cocción (a fin de optimizar el proceso y reducir la cantidad de piezas que se rompen).
    - Instalar cabinas de esmaltado con aerógrafo que permitan recuperar el exceso de esmalte.
- Reducir la generación de residuos mediante el reciclado y la reutilización interna de recortes, artefactos rotos, moldes de yeso usados y otros subproductos, incluido el lodo, aplicando las siguientes técnicas:
    - Reciclar el lodo en los moldes de cerámica, especialmente en instalaciones donde se aplique la molienda en húmedo para la preparación de las materias primas.
    - Reutilizar el lodo de la fabricación de cerámica fina y artefactos sanitarios como materia prima o aditivo en la fabricación de ladrillos o agregados de arcilla expandida.

Reciclar, como materia prima, el polvo recogido en los sistemas de reducción y mediante distintas actividades del proceso, además de los recortes y otras pérdidas.

5.8.4 Esquema para diferentes tecnologías de depuración[38]

Considerando los impactos medioambientales más significativos generados en el proceso de fabricación de baldosas cerámicas (emisiones a la atmósfera y generación de

[38] (Centro de Tecnologias Limpias (CTL), 2012)

aguas residuales), a continuación, se enumeran las tecnologías consideradas en el BREF de cerámica como Mejores Técnicas Disponibles (MTD):

Tabla 36 Tecnologías de depuración de los diferentes focos contaminantes

Tecnologías de depuración	
Partículas.	Filtro de mangas.
	Filtros de láminas.
	Separadores centrífugos.
	Separadores de partículas vía húmeda.
	Precipitadores electrostáticos (EPS).
Gases.	Adsorbedores de lecho tipo cascada.
	Adsorbedores de módulos.
	Filtros de mangas o EPS + reactivo.
Sistemas de tratamiento de aguas industriales.	Homogenización.
	Aireación.
	Sedimentación.
	Filtración.
	Absorción de carbón activo.
	Neutralización.
	Precipitación química.
	Coagulación y floculación.
	Intercambio iónico.
	Ósmosis inversa.

Elaborado por autor. Fuente (Centro de Tecnologias Limpias (CTL), 2012)

5.8.5 Sistemas de depuración de emisiones de material particulado a través de focos canalizados

5.8.5.1 Filtros de mangas

En estos sistemas, la corriente de gases a limpiar pasa a través de unas mangas filtrantes (estas mangas pueden ser de diferentes materiales como por ejemplo, poliéster, Nomex,

teflón, etc.), de esta forma las partículas son depositadas en la superficie de las mangas formando a su vez una capa filtrante. Los filtros de mangas alcanzan una alta retención de partículas, generalmente por encima del 98% y hasta un 99% dependiendo del tamaño de partícula. Cabe destacar que este sistema de depuración es el más extendido en la industria valenciana de fabricación de baldosas cerámicas.

5.8.5.2 Filtros de láminas

Los principales elementos de este filtro son los medios filtrantes rígidos, que se montan como elementos compactos en el sistema filtrante; estos elementos filtrantes consisten normalmente en polietileno sinterizado recubierto de teflón.

5.8.5.3 Separadores centrífugos (Ciclones)

En estos sistemas, las partículas que van a ser eliminadas son empujadas hacia las paredes del equipo mediante acción centrífuga y son eliminadas por una apertura situada en la parte superior del equipo.

5.8.5.4 Separadores de partículas vía húmeda

En estos sistemas se pone en contacto la corriente gaseosa a depurar con un líquido que retiene las partículas que se encuentran suspendidas en ella, este líquido generalmente es agua.

5.8.5.5 Precipitadores electrostáticos (EPS)

Estos equipos son capaces de depurar las emisiones que contienen en su seno partículas sólidas y/o líquidas. Su empleo está especialmente indicado en los casos que requieran el tratamiento, con elevada eficacia, de grandes caudales con partículas pequeñas en su seno.

5.8.6 Sistemas de depuración para emisiones de gases

5.8.6.1 Adsorbedores de lecho tipo cascada

En este tipo de sistemas, la reacción entre el adsorbente (generalmente CaCO3) y los contaminantes (principalmente HF, SOx y HCl) presentes en la corriente gaseosa tienen lugar en una cámara, por donde circulan los gases y donde el adsorbente cae por gravedad.

5.8.6.2 Adsorbedores de módulos

Este sistema se utiliza principalmente para la depuración de HF. Se trata de una adsorción seca, en la cual se utilizan módulos conocidos como "honeycomb" de hidróxido cálcico. En este proceso, la corriente gaseosa pasa a través de un reactor de acero en cuyo interior se depositan dichos módulos. El mecanismo de reacción consiste en que al entrar en contacto el flúor presente en la corriente gaseosa con los módulos de Ca (OH), reacciona con éste formándose CaF.

5.8.6.3 Filtros de mangas o precipitadores electrostáticos + reactivo

Los gases procedentes de la chimenea de aspiración de humos de un horno monoestrato son conducidos hasta un filtro de mangas. Durante el camino, desde la chimenea del horno hasta el filtro de mangas, se inyecta un reactivo sólido afín a los contaminantes a depurar. Este reactivo se pulveriza en la propia conducción mediante un sistema neumático. Es importante que se introduzca antes del filtro de mangas, asegurando un tiempo de contacto necesario entre la fase gaseosa y la fase sólida.

5.8.7 Tratamiento de efluentes líquidos

5.8.7.1 Homogenización

Se utilizan tanques de homogeneización para obtener constancia en la composición del agua a tratar y evitar al máximo problemas originados por las variaciones de caudal. En la mayoría de los casos es conveniente el uso de dispositivos de agitación.

5.8.7.2 Aireación

Es un proceso físico que se utiliza muy frecuentemente en el tratamiento de aguas con distintas finalidades, como oxidación de materiales para facilitar una posterior floculación, eliminación de sulfuros, eliminación de grasas, aceites y sólidos por procesos de flotación, conseguir una turbulencia y mezclas adecuadas junto a un aporte de oxígeno, etc.

5.8.7.3 Agitadores superficiales

Son los más sencillos y los que se emplean corrientemente. Consisten en rotores fabricados de materiales resistentes a la corrosión que se hallan parcialmente sumergidos. Agitan el agua enérgicamente proyectándola fuera de la superficie del líquido a la vez que producen depresiones en la misma, favoreciendo la entrada de porciones de aire que crean una gran superficie específica por la elevada turbulencia.

5.8.7.4 Difusores

Capaces de producir gran cantidad de burbujas mediante el paso de una corriente de aire a través de medios porosos o toberas especiales. El flujo de gas se consigue mediante un compresor o soplante.

5.8.7.5 Sedimentación

Es la separación parcial de partículas sólidas suspendidas en un líquido por acción de la gravedad. Suele haber diferencias entre la sedimentación de partículas finas y gruesas, ya que en el primer caso se producen interacciones importantes entre las partículas, que dan lugar a estados coloidales de difícil sedimentación.

5.8.7.6 Filtración

Se denomina filtración a la separación de los sólidos suspendidos en un líquido mediante el paso de la suspensión a través de un medio poroso que retiene los sólidos y permite el paso del líquido.

5.8.7.7 Adsorción en carbón activo

Se basa en la propiedad que presenta el carbón de fijar en su superficie moléculas orgánicas disueltas en el agua. Es muy adecuado para separar sustancias orgánicas no biodegradables.

5.8.7.8 Intercambio iónico

El intercambio iónico es un proceso en el cual los iones, mantenidos por fuerzas electrostáticas a grupos funcionales cargados, situados en la superficie de un sólido, son cambiados por iones de carga similar de una disolución en la que el sólido está inmerso.

5.8.7.9 Ósmosis inversa

La ósmosis se define como el transporte espontáneo de un disolvente desde una disolución diluida a otra concentrada a través de una membrana semipermeable ideal que impide el paso del soluto pero deja pasar el disolvente. El proceso finalizará cuando se alcance el equilibrio entre las dos disoluciones.

5.9 Marco institucional referente a la calidad de producto

5.9.1 Normativas para la elaboración de baldosas cerámicas (Normas UNE EN ISO)

Cuando se establecieron estos criterios de clasificación, los usos de estos productos eran limitados (residencial e Industrial) y las tipologías estaban tácitamente enfocadas para un determinado destino del mercado (extrudidos=industrial/exterior, porosidad baja=pavimento, porosidad alta=revestimiento). Asimismo, se aplicaban diferentes especificaciones y métodos de ensayo, realizándose una asignación implícita, aunque no documentada, de baldosas no esmaltadas (UGL) para uso industrial y baldosas esmaltadas (GL) para uso residencial.

En 1998 se armonizó la normativa a nivel internacional, mediante la publicación de la norma de especificaciones ISO 13006 y de las normas de ensayo UNE EN ISO 10545. Ambas normas (ISO 13006 y UNEEN 14411) son equivalentes en su contenido técnico.

En la actual normativa persiste el mismo criterio de clasificación inicial, el cual hoy en día resulta insuficiente, ya que no permite relacionar los diferentes grupos de clasificación con los actuales usos previstos (fachadas, uso comercial y público, alto tránsito, equipamiento urbano, etc.), debido a la amplia diversificación existente del uso de las baldosas cerámicas.[39]

5.9.1.1 Características en función de uso

La decisión de elegir un determinado producto para el recubrimiento de un local debe basarse, no solamente en la adecuación de sus características a las condiciones de uso previstas, sino además, en la seguridad de que dichas características se mantendrán inalteradas durante un período de tiempo económicamente razonable.

Es por tanto imprescindible que las baldosas cerámicas cumplan con una serie de especificaciones técnicas, algunas de ellas comunes para todas ellas y otras específicas según el uso al que vayan destinadas.

5.9.1.2 Azulejos

Los azulejos están comprendidos dentro del grupo BIII, GL, de las normas ISO 13006 y EN-UNE 14111, Anexo L (baldosas cerámicas prensadas en seco con absorción de agua E>10%, esmaltadas).

5.9.1.3 Gres esmaltado

El gres esmaltado está comprendido dentro de los grupos BIb, GL (baldosas cerámicas prensadas en seco con absorción de agua baja E<3%, esmaltadas) y BIIa, GL (baldosas cerámicas prensadas en seco con absorción de agua media-baja 3%≤E<6%, esmaltadas) de las normas ISO 13006 y EN-UNE 14111, Anexos H y J.

En ocasiones esta denominación se utiliza para designar baldosas moldeadas por extrusión, las cuales presentan una absorción de agua en torno al 3%. Es conveniente, por lo tanto cerciorarse de qué material se trata.

[39] (Asociación Española de Fabricantes de Azulejos y Pavimentos Cerámicos (ASCER), 2002)

5.9.1.4 Gres porcelánico

El gres porcelánico prensado en seco está comprendido dentro de grupo BIa (baldosas cerámicas prensadas en seco con absorción de agua E<0,5%) de la norma ISO 13006 y EN-UNE 14411, Anexos G y A. España ha propuesto crear y normalizar un grupo AIa (baldosas cerámicas extrudidas con absorción de agua E<0,5%).

5.9.1.5 Gres rústico

El gres rústico está mayoritariamente comprendido en los grupos AI, UGL (baldosas cerámicas extrudidas con absorción de agua E<3%, no esmaltadas), o AIIa (baldosas cerámicas extrudidas con absorción de agua 3%≤E<6%, no esmaltadas) de las normas ISO 13006 y EN-UNE 14411, Anexos A, B o C.

En ocasiones esta denominación se utiliza para designar baldosas moldeadas por prensado en seco. Es conveniente, por lo tanto cerciorarse de qué material se trata.

5.10 Norma Técnica Ecuatoriana (NTE INEN) para productos definidos como baldosas cerámicas.

El Instituto Ecuatoriano de Normalización INEN tiene como principal función el formular las Normas Técnicas Ecuatorianas que definan las características de materias primas, productos intermedios y productos terminados que se comercialicen en el Ecuador, así como, los métodos de ensayo, la inspección, el análisis, la medida, la clasificación y la denominación de esos materiales y productos.[40]

En cuanto a las normas de calidad para baldosas cerámicas en el Ecuador, estas se basan enteramente en las normativas internacionales mencionadas antes. La primera a tomar en cuenta, y la más importante es la **NTE INEN 644** que nos brinda los conceptos generales así como las definiciones clave que nos dan un marco de referencia a ser aplicado en los diferentes tipos de baldosas existentes en nuestro mercado.

De acuerdo a esta clasificación se pueden definir los requerimientos, especificaciones y métodos de ensayo a seguir para las demás normativas de control de calidad. Así

[40] (Norma Técnica Ecuatoriana (NTE INEN), 2013)

también, los parámetros para la completa regulación y aprobación de un lote de baldosas, están incluidos en la **NTE INEN 654.**

5.10.1 NTE INEN 644: Definiciones, clasificación y características

La Norma Técnica Ecuatoriana (NTE) del Instituto Ecuatoriano de Normalización INEN en la NTE INEN 644 establece las definiciones, clasificaciones y características para aplicaciones de baldosas cerámicas.

5.10.1.1 Definiciones

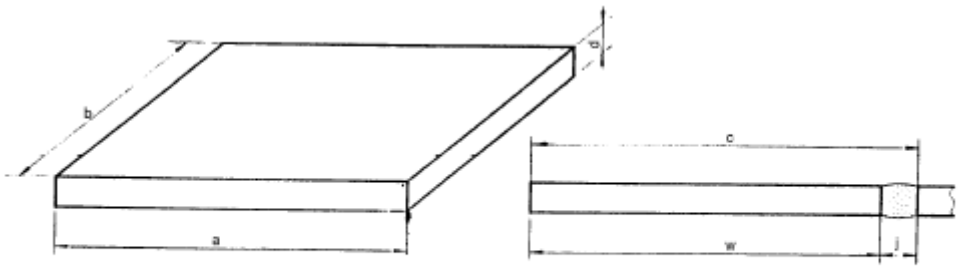
Para los efectos de esta norma, se adoptan las definiciones contempladas en la Norma ISO 13006 las que a continuación se detallan:

- **Baldosas cerámicas**: Placas de poco grosor de arcilla y/u otras materias generalmente utilizadas como revestimientos de pisos y paredes, usualmente moldeadas por extrucción A o prensado B a temperatura ambiente pero también pueden ser moldeadas por otros procesos C seguidamente son secadas y posteriormente cocidas a suficiente temperatura para que se desarrollen las propiedades requeridas; las baldosas pueden ser esmaltadas GL o no esmaltadas UGL y son incombustibles e inalterables por la luz.
- **Esmalte**: Cubierta Vitrificada que es impermeable.
- **Superficie engobada**: Cubierta a base de arcilla con un acabado mate que puede ser permeable o impermeable
- **Superficie pulida**: Superficie de una baldosa no esmaltada a la cual se le ha dado un acabado brillante por pulido mecánico como la última etapa de fabricación.
- **Baldosa extruida:** (designada como A): Baldosas cuyo cuerpo es moldeado en estado plástico un extrusor, la columna obtenida se corta en baldosas de dimensiones predeterminadas
- **Baldosas prensadas en seco:** (designada como B): Baldosas formadas por un cuerpo de una mezcla perfectamente molida y moldeada en moldes de alta presión.
- **Baldosas fabricadas por otros procesos:** (designadas como C): Baldosas fabricadas por otros procesos que los conceptuales normales, por ejemplo extruido o prensado en seco
- **Espaciadores**: Proyecciones que están dispuestas a lo largo de ciertos lados de las baldosas de tal manera que cuando dos baldosas se colocan juntas, en línea,

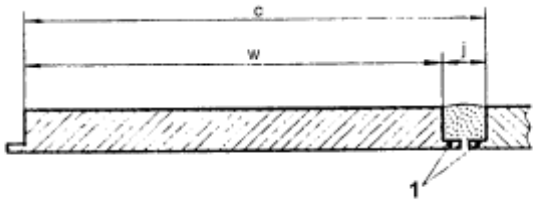
los espaciadores en los lados adyacentes separan las baldosas a una distancia no menor que el ancho especificado de la junta

- **Absorción de agua:** (símbolo E): Porcentaje de agua por masa, medido de acuerdo con lo especificado en la NTE INEN 651.
- **Descripción de las dimensiones:**

Ilustración 61 Descripción de las dimensiones de baldosa cerámica según la norma.



Dimensión de coordinación (c) = Dimensión de fabricación (W) + Junta (J)
Dimensión de fabricación (W) = Dimensión de la cara vista (a), (b) y el espesor (d)



Clave
1 Espaciadores

Dimensión de coordinación (c) = Dimensión de fabricación (W) + Junta (J)
Dimensión de fabricación (W) = Dimensión de la cara vista (a), (b) y el espesor (d)

Elaborado por autor. Fuente: (Norma Técnica Ecuatoriana (NTE INEN), 2013)

- **Dimensión Nominal**: Dimensión usada para describir el producto.
- **Dimensión de fabricación:** (símbolo w): Dimensión de una baldosa especificada por el fabricante a la cual debe ajustarse la dimensión real dentro de las desviaciones permisibles especificadas
- **Dimensión real**: La dimensión obtenida por la medición de la cara de la baldosa de acuerdo a lo especificado en la NTE INEN 650.
- **Dimensión de coordinación:** (símbolo C): Dimensión de fabricación más el ancho de la junta.

- **Dimensión modular**: Baldosas y dimensiones basadas en el módulo M, 2M, 3M y 5 M y también sus múltiplos y subdivisiones, excepto para las baldosas con una superficie de área inferior a 9000 mm^2
- **Dimensiones no modulares**: Dimensiones no basadas en el módulo M
- **Tolerancia**: La diferencia entre los límites permisibles de dimensión.

5.10.1.2 Clasificación

Bases de clasificación: Las baldosas cerámicas se dividen en grupos de acuerdo a su método de fabricación y su absorción de agua. Los grupos no presuponen la utilización de los productos.

Métodos de fabricación: Hay tres métodos de fabricación que son los siguientes:

- Método A, baldosas extruidas
- Método B, baldosas prensadas en seco
- Método C, baldosas fabricadas por otros procesos

Tabla 37 Grupos de baldosas cerámicas de acuerdo al tipo de fabricación y absorción.

Moldeo	**Grupo I** **E ≤ 3%**	**Grupo II_a** **3% ≤ E < 6%**	**Grupo II_b** **6% ≤ E < 10%**	**Grupo III** **E>10%**
A **Extruido**	**Grupo AI** (ver anexo A de la NTE INEN 654)	**Grupo AII_{a-1}** (ver anexo B de la NTE INEN 654) **Grupo AII_{a-2}** (ver anexo C de la NTE INEN 654)	**Grupo AII_{b-1}** (ver anexo D de la NTE INEN 654) **Grupo AII_{b-2}** (ver anexo E de la NTE INEN 654)	**Grupo AIII** (ver anexo F de la NTE INEN 654)
B **Prensado en seco**	**Grupo BI_a E≤0,5%** (ver anexo G de la NTE INEN 654) **Grupo BI_b 0,5%<E ≤ 3%** (ver anexo H de la NTE INEN 654)	**Grupo BII_a** (ver anexo J de la NTE INEN 654)	**Grupo BII_b** (ver anexo K de la NTE INEN 654)	**Grupo BIII** (ver anexo L de la NTE INEN 654)
C **Baldosas fabricadas por otros procesos**	**Grupo CI**	**Grupo CII_a**	**Grupo CII_b**	**Grupo CIII**

Elaborado por autor. Fuente (Norma Técnica Ecuatoriana (NTE INEN), 2013)

Tabla 38 Normativas a cumplir para los diferentes tipos de baldosas cerámicas.

Características	Pisos		Paredes		Método de ensayo
	Interior	Exterior	Interior	Exterior	NTE INEN
Dimensiones y calidad de la superficie					
Longitud y ancho	x	x	x	x	650
Espesor	x	x	x	x	
Rectitud de los lados	x	x	x	x	
Rectangularidad	x	x	x	x	
Planitud de la superficie	x	x	x	x	
Calidad de la superficie	x	x	x	x	
Propiedades físicas					
Absorción de agua	x	x	x	x	651
Módulo de rotura	x	x	x	x	652
Resistencia a la rotura	x	x	x	x	652
Resistencia a la abrasión profunda baldosas no esmaltadas	x	x			2189
Resistencia a la abrasión superficial baldosas esmaltadas	x	x			2190
Coeficiente de fricción	x	x			2195
Resistencia al cuarteado – baldosas esmaltadas	x	x	x	x	647
Resistencia a la helada		x		x	2194
Resistencia al choque térmico	x	x	x	x	2192
Expansión por humedad	x	x	x	x	2193
Dilatación térmica lineal	x	x	x	x	2191
Pequeñas diferencias de color	x	x	x	x	2199
Resistencia al impacto	x	x			2188
Propiedades químicas					
Resistencia a ácidos y álcalis de baja concentración	x	x	x	x	648
Resistencia a ácidos y álcalis de alta concentración	x	x	x	x	648
Resistencia a limpiadores caseros y limpiadores de agua de piscina	x	x	x	x	648
Desprendimiento de plomo y cadmio baldosas esmaltadas	x	x	x	x	2196
Resistencia al manchado					
- baldosas esmaltadas	x	x	x	x	2198
- baldosas no esmaltadas	x	x	x	x	2198

Elaborado por autor. Fuente (Norma Técnica Ecuatoriana (NTE INEN), 2013)

5.10.2 NTE INEN 650: Determinación de las dimensiones y calidad superficial

Esta norma establece los métodos para determinar las dimensiones y la calidad superficial de las baldosas cerámicas.

La norma específica métodos para determinar las características dimensionales (largo, ancho, espesor, rectitud de los lados, rectangularidad, planitud de la superficie) y la calidad superficial de las baldosas cerámicas.

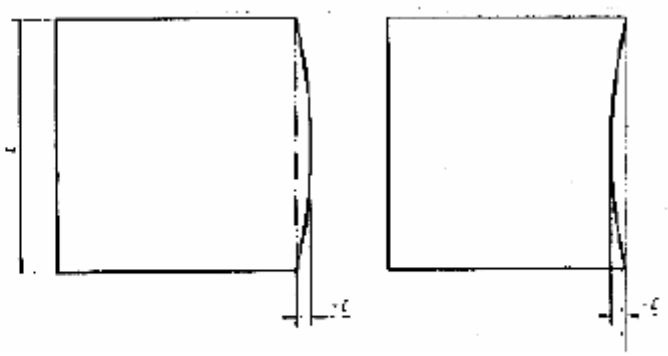
Espaciadores y gotas de esmalte y otras irregularidades en los lados se deben ignorar cuando se mida el largo, ancho, rectitud de los lados, rectangularidad, siempre que queden posteriormente ocultos en las juntas después de la colocación (instalación).

5.10.2.1 Definiciones

Para los efectos de ésta norma, se adoptan las siguientes definiciones:

- **Rectitud de los lados**: Es la medida de la desviación de la rectitud del centro del lado en el plano de la baldosa. La medida sólo es pertinente en los lados rectos de las baldosas.

Ilustración 62 Rectitud de los lados

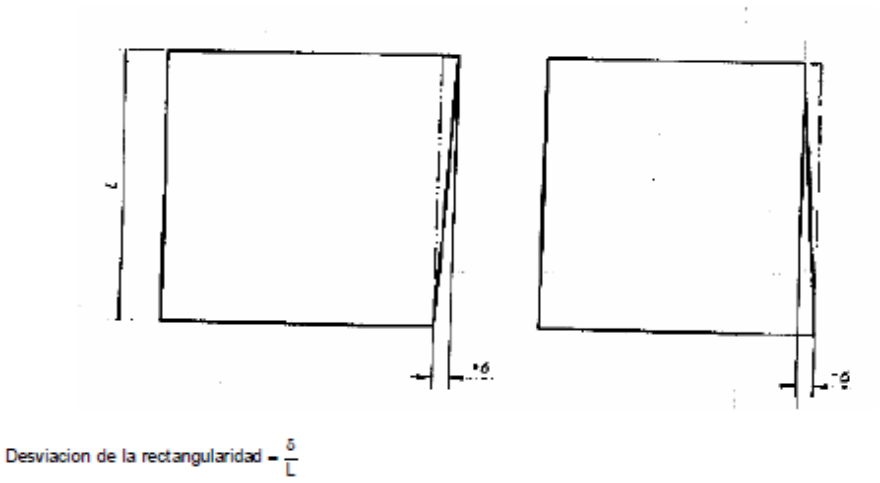


Desviacion de la rectitud = $\frac{C}{L}$

Elaborado por autor. Fuente (Norma Técnica Ecuatoriana (NTE INEN), 2013)

- **Desviación de la rectangularidad**: Si una esquina de la baldosa es colocada contra el ángulo de una cierta placa de calibración, la desviación de la rectangularidad se calcula en porcentaje.

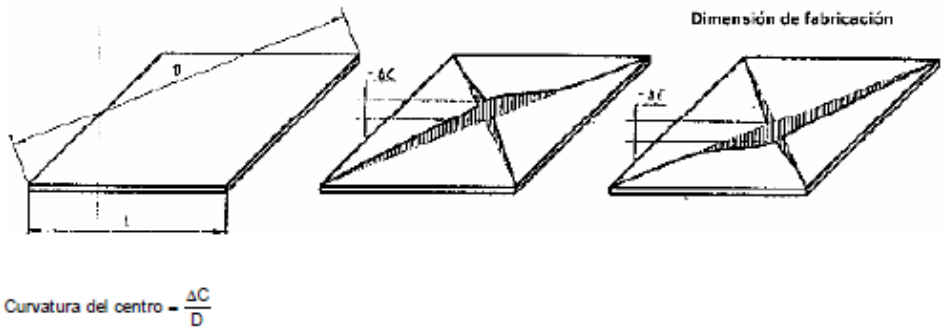
Ilustración 63 Desviación de la rectangularidad



Elaborado por autor. Fuente (Norma Técnica Ecuatoriana (NTE INEN), 2013)

- **Curvatura del centro**: Es la desviación del centro de la baldosa respecto del plano en el cual están tres de las cuatro esquinas.

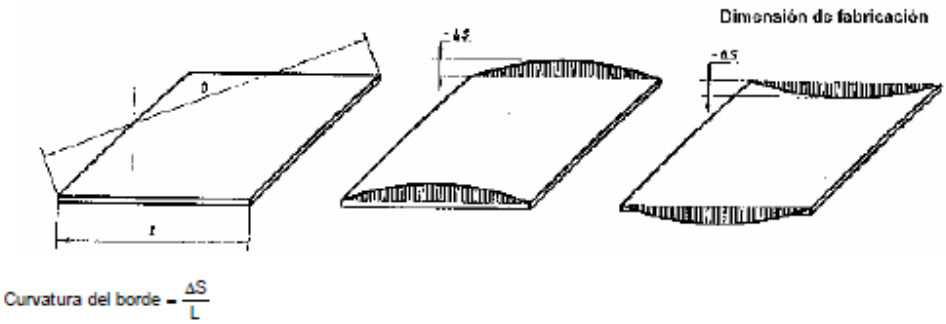
Ilustración 64 Curvatura del centro



Elaborado por autor. Fuente (Norma Técnica Ecuatoriana (NTE INEN), 2013)

- **Curvatura del borde**: Es la desviación del centro de uno de los lados de una baldosa respecto del plano en el cual están las tres, de las cuatro, esquinas.

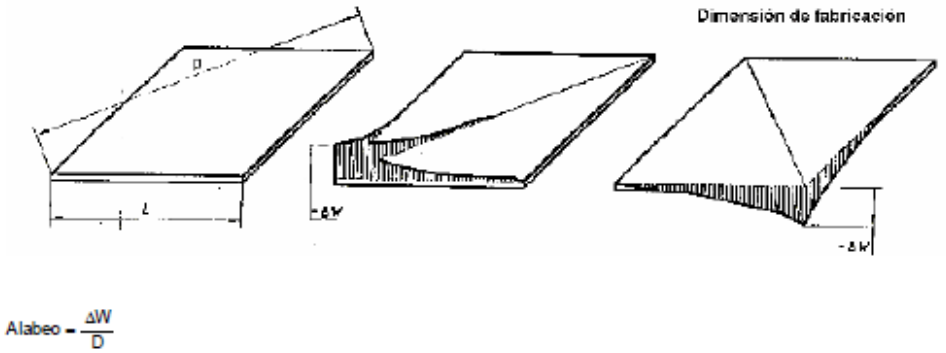
Ilustración 65 Curvatura del borde



Elaborado por autor. **Fuente** (Norma Técnica Ecuatoriana (NTE INEN), 2013)

- **Alabeo**: La desviación de la cuarta esquina de la baldosa del plano en el cual están las otras esquinas.

Ilustración 66 Alabeo



Elaborado por autor. **Fuente** (Norma Técnica Ecuatoriana (NTE INEN), 2013)

- **Rajadura**: Cualquier fractura en el cuerpo de la baldosa, visible en la cara o en la parte posterior o en ambos.
- **Cuarteado**: Fractura del esmalte que aparece como rajaduras en forma de líneas muy finas irregulares.
- **Manchas secas**: Áreas, en la cara de una baldosa esmaltada, que no tienen esmalte.
- **Desigualdad**: Una depresión no intencional en la superficie de una baldosa o un esmalte.
- **Puntos de alfiler**: Diminutos hoyos en la superficie de una baldosa esmaltada.
- **Desvitrificación del esmalte**: Cristalización no intencional del esmalte que es visualmente evidente.

- **Marcas o manchas**: Cualquier área visual de contrastación no intencional en la cara de la baldosa.
- **Defecto bajo esmalte**: Cualquier defecto evidente cubierto por el esmalte.
- **Defecto de decoración**: Cualquier defecto evidente en la decoración.
- **Desportilladura**: Fragmento roto de los lados, esquinas o de la superficie de una baldosa.
- **Ampolla**: Pequeña burbuja o sopladura en la superficie como resultado de la expulsión de gas durante la cocción.
- **Borde áspero**: Cualquier irregularidad no intencional a lo largo del borde de una baldosa.
- **Roncha**: Acumulación extraordinariamente gruesa de esmalte en la forma de un surco a lo largo del borde.

5.10.2.2 Método de ensayo

Principio.

- Medida de largo y ancho
- Medida del espesor
- Medida de la rectitud de los lados
- Medida de la rectangularidad
- Medida de la planitud de la superficie
- Calidad superficial

5.10.3 NTE INEN 651: Determinación de la absorción de agua, porosidad aparente, densidad relativa aparente y densidad total

Esta norma establece los métodos de ensayo para determinar la absorción de agua, porosidad aparente, densidad relativa aparente y densidad total en las baldosas cerámicas.

- La norma comprende dos métodos para obtener la impregnación con agua de los poros abiertos de las muestras: ebullición e inmersión bajo vacío. La ebullición impregnará los poros abiertos que se llenan fácilmente; el método de vacío llena casi todos los poros abiertos.
- El método de la ebullición se debe usar para la clasificación de las baldosas y la especificación de los productos. El método del vació se debe usar para la

porosidad aparente, densidad relativa aparente y absorción de agua, para otros propósitos que no sea la clasificación.

5.10.3.1 Método de ensayo

Principio. Impregnación de las baldosas secas con agua y luego la suspensión en agua. Cálculo de las propiedades de la lista usando la relación entre la masa seca y la masa saturada y suspendida.

5.10.4 NTE IENE 652: Determinación del módulo de rotura y la resistencia a la rotura.

Esta norma establece el método de ensayo para determinar el módulo de rotura y la resistencia a la rotura de todas las baldosas cerámicas.

5.10.4.1 Definiciones

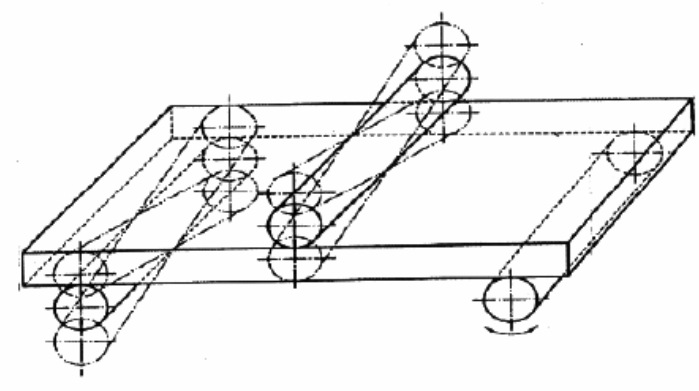
Para los efectos de esta norma, se adoptan las siguientes definiciones:

- **Carga de rotura**. Fuerza, expresada en néwtones e indicada en el medidor de presión, necesaria para causar la rotura del espécimen de ensayo.
- **Resistencia a la rotura**. Fuerza expresada en néwtones, obtenida al multiplicar la carga de rotura por la razón (espacio entre rodillos)/ (ancho de los especímenes de ensayo).
- **Módulo de rotura**. Cantidad, expresada en néwtones por milímetro cuadrado, obtenida de la división de la resistencia a la rotura calculada por el cuadrado del espesor mínimo a lo largo del lado roto.

5.10.4.2 Método de ensayo

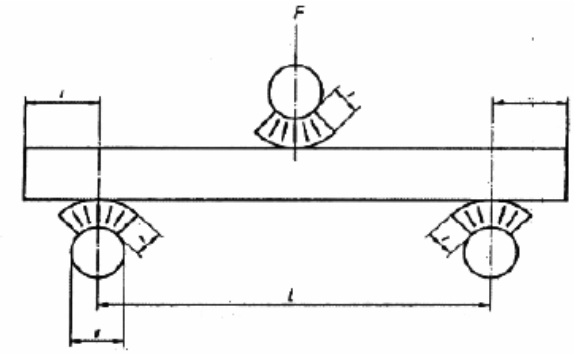
Principio. Determinación de la carga de rotura, la resistencia a la rotura y los módulos de rotura de una baldosa por la aplicación de una fuerza a una velocidad definida al centro de la baldosa, estando el punto de aplicación en contacto con la superficie apropiada de la baldosa.

Ilustración 67 Aparato para medir módulo de rotura



Elaborado por autor. Fuente (Norma Técnica Ecuatoriana (NTE INEN), 2013)

Ilustración 68 Sección de aparato de módulo de rotura



Elaborado por autor. Fuente (Norma Técnica Ecuatoriana (NTE INEN), 2013)

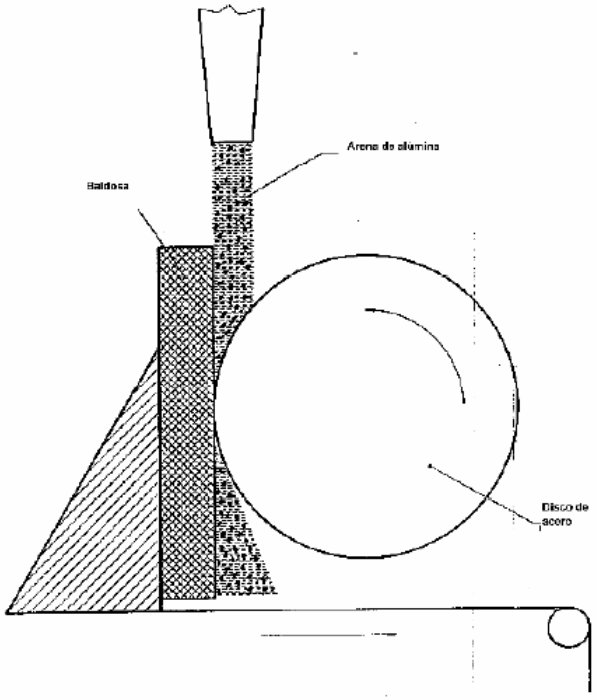
5.10.5 NTE INEN 2189: Determinación de resistencia a la abrasión profunda de todas las baldosas cerámicas sin esmaltado usadas para cubrir pisos

Esta norma establece el método de ensayo para determinar la resistencia a la abrasión profunda de todas las baldosas cerámicas sin esmaltado usadas para cubrir pisos.

5.10.5.1 Método de ensayo

Principio. Determinación de la resistencia a la abrasión de las baldosas sin esmaltado por la medición de la longitud de la huella producida en la cara vista por un disco de rotación, en condiciones definidas y con el uso de material abrasivo.

Ilustración 69 Esquema del equipo de abrasión profunda



Elaborado por autor. Fuente (Norma Técnica Ecuatoriana (NTE INEN), 2013)

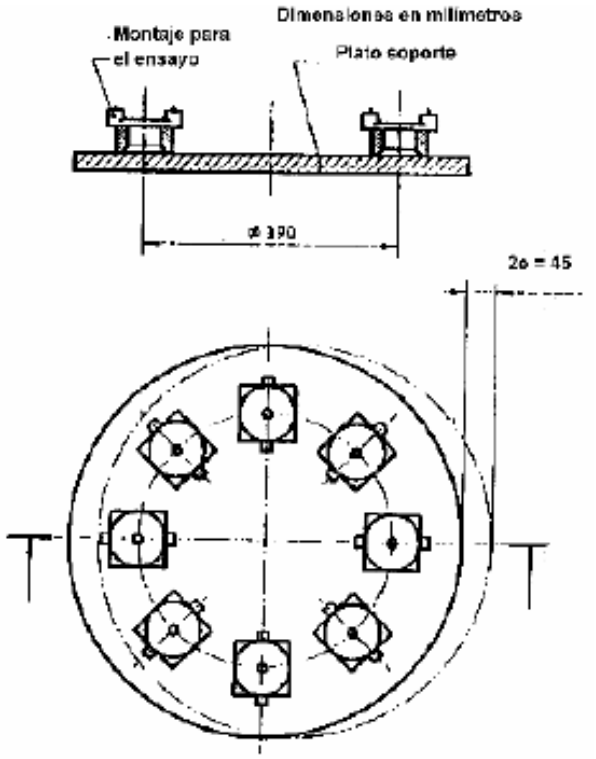
5.10.6 NTE INEN 2190: Determinación de resistencia a la abrasión superficial de baldosas esmaltadas

Esta norma establece el método de ensayo para determinar la resistencia a la abrasión superficial de todas las baldosas cerámicas esmaltadas. Esta norma se aplica a las baldosas cerámicas utilizadas en el revestimiento de pisos.

5.10.6.1 Método de ensayo

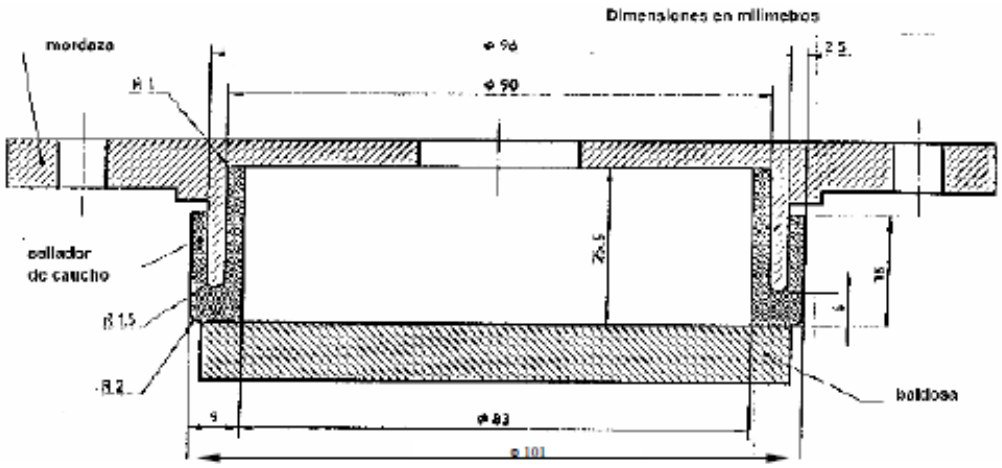
Principio. Determinación de la resistencia a la abrasión del esmalte de las baldosas por rotación de una carga abrasiva sobre la superficie y valoración del desgaste por comparación visual de especímenes de ensayo sometidos al ensayo y baldosas no sometidas al ensayo.

Ilustración 70 Equipo de abrasión superficial



Elaborado por autor. Fuente (Norma Técnica Ecuatoriana (NTE INEN), 2013)

Ilustración 71 Corte equipo de abrasión superficial



Elaborado por autor. Fuente (Norma Técnica Ecuatoriana (NTE INEN), 2013)

5.10.7NTE INEN 2195: Determinación del coeficiente de fricción

Esta norma establece el método de ensayo para el coeficiente de fricción de la superficie propiamente dicha de las baldosas cerámicas esmaltadas y no esmaltadas usadas para el revestimiento de pisos.

5.10.7.1 Definiciones

Para les efectos de esta norma, se adopta la siguiente definición:

Coeficiente de fricción. Es la razón de la fuerza tangencial a la carga vertical en el deslizador.

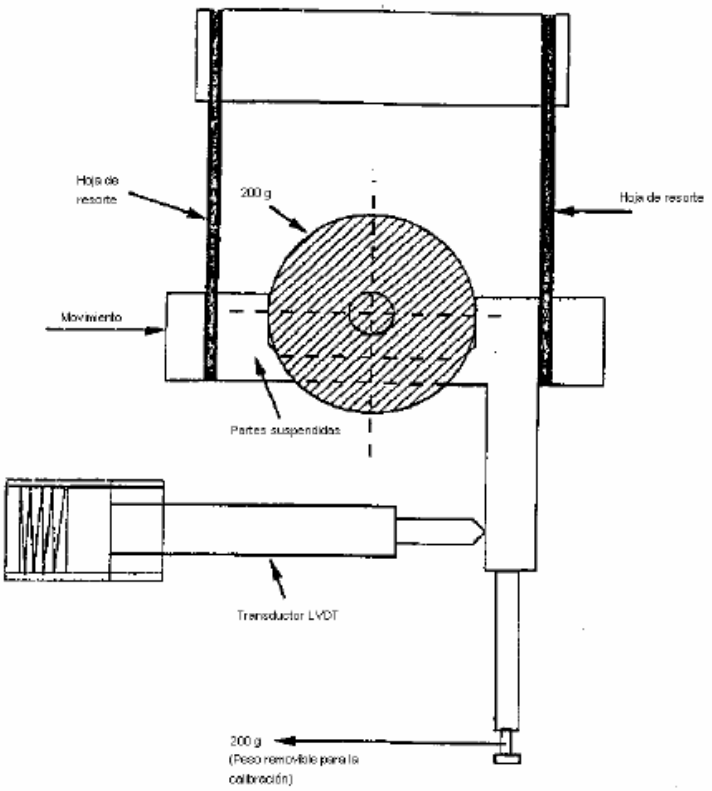
Para algunos métodos el coeficiente de fricción es equivalente a la tangente del Angulo entre la plataforma inclinada y la horizontal.

El Angulo crítico es donde ocurre el deslizamiento de un sujeto de prueba mientras está caminando en una plataforma inclinada lubricada.

5.10.7.2 Método de ensayo

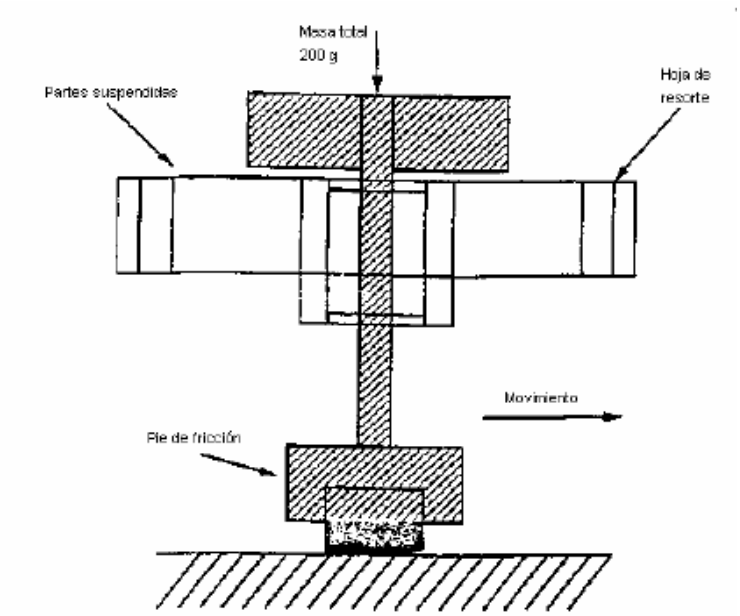
Principio. El coeficiente dinámico de fricción se mide por medio de un movimiento deslizante a velocidad constante sobre una superficie horizontal (método A)

Ilustración 72 Método A deslizador dinámico



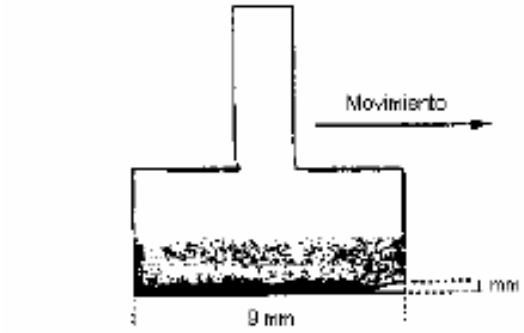
Elaborado por autor. Fuente (Norma Técnica Ecuatoriana (NTE INEN), 2013)

Ilustración 73 Método A2 deslizador dinámico



Elaborado por autor. Fuente (Norma Técnica Ecuatoriana (NTE INEN), 2013)

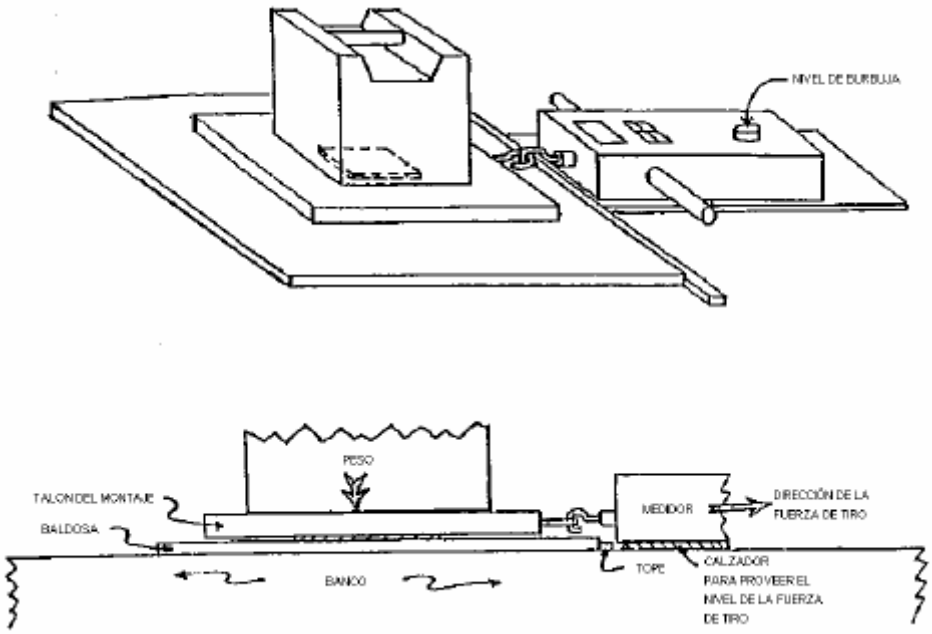
Ilustración 74 Método A3 deslizador dinámico



Elaborado por autor. Fuente (Norma Técnica Ecuatoriana (NTE INEN), 2013)

El coeficiente estático de fricción (método B) se mide determinando la fuerza requerida para mover un deslizador desde una posición estática en una superficie horizontal.

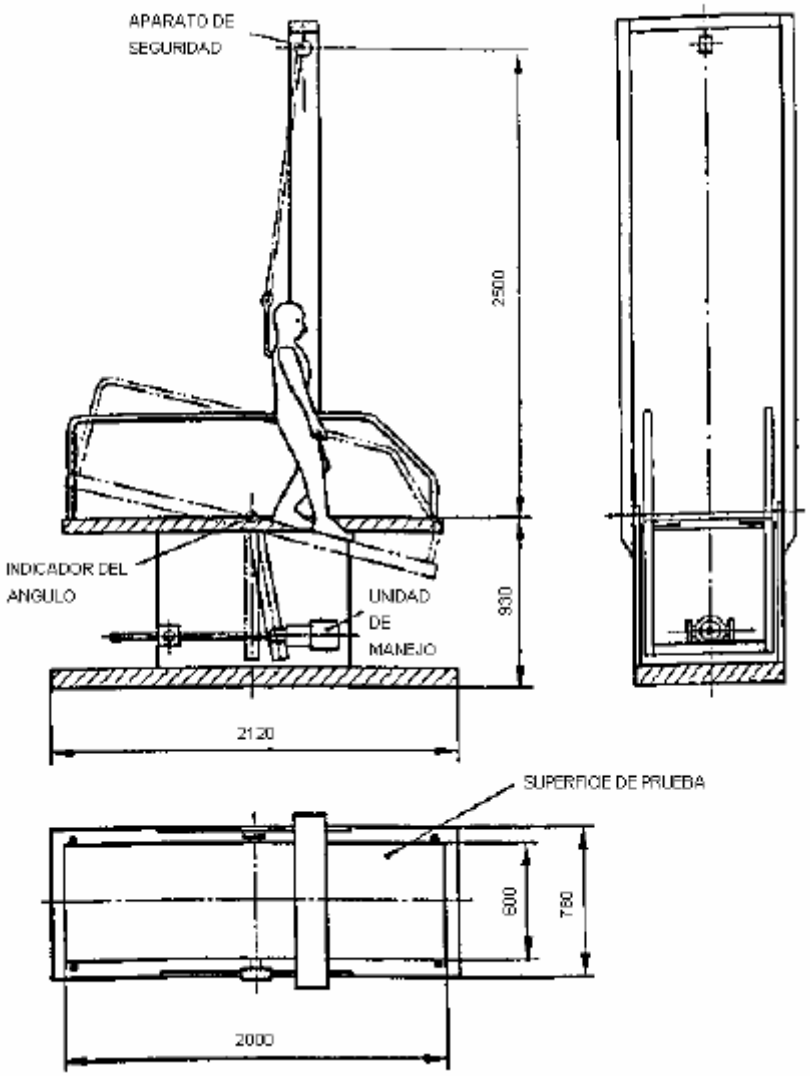
Ilustración 75 Método B deslizador estático



Elaborado por autor. **Fuente** (Norma Técnica Ecuatoriana (NTE INEN), 2013)

El ángulo critico dinámico se mide usando una plataforma inclinada que está ajustada a un gradiente donde ocurre el deslizamiento de una persona que camina sobre esta (método C)

Ilustración 76 Método C plataforma inclinada

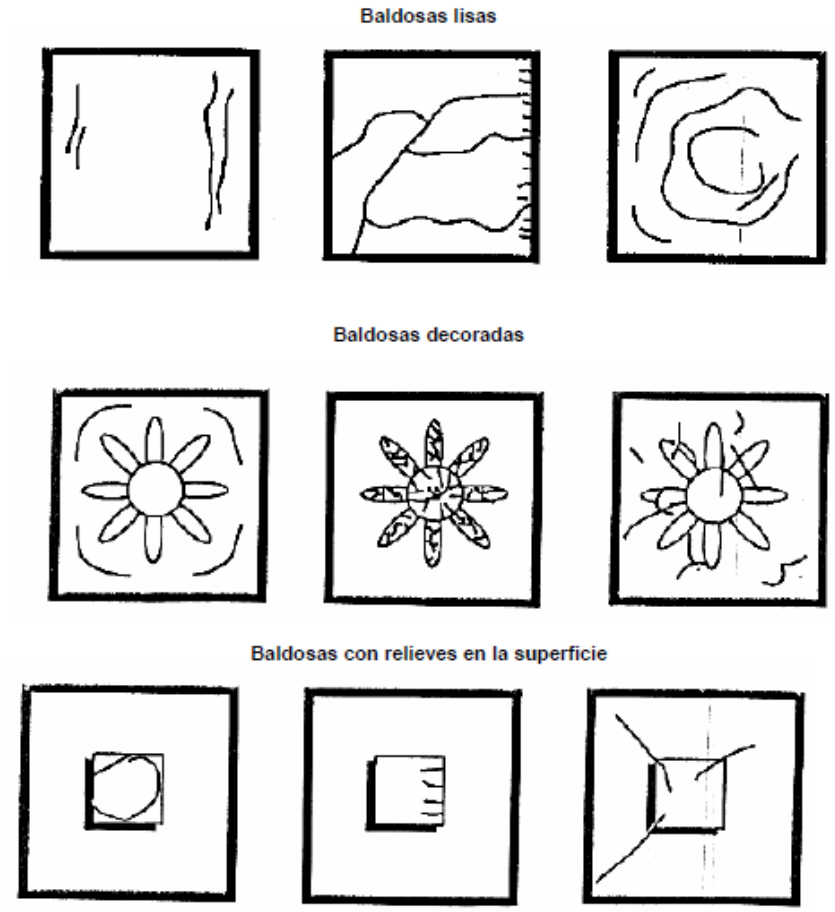


Elaborado por autor. Fuente: (Norma Técnica Ecuatoriana (NTE INEN), 2013)

5.10.8 NTE INEN 647: Determinación de la resistencia al cuarteado de baldosas esmaltadas

Esta norma establece el método de ensayo para determinar la resistencia al cuarteado de todas las baldosas cerámicas esmaltadas excepto cuando el cuarteado es un distintivo inherente a la decoración del producto.

Ilustración 77 Ejemplos de cuarteados



Elaborado por autor. Fuente (Norma Técnica Ecuatoriana (NTE INEN), 2013)

5.10.8.1 Definiciones

Para los efectos de ésta norma, se adoptan las definiciones contempladas en la **NTE INEN 644** y la que a continuación se detalla:

Cuarteado. Rotura que se muestra como una grieta fina, limitada a la superficie esmaltada de una baldosa.

5.10.8.2 Método de ensayo

Principio. Determinación de la resistencia a la formación de cuarteados mediante el sometimiento de baldosas enteras a vapor a alta presión en un autoclave seguido por un

examen de las baldosas para determinar los cuarteados con la aplicación de un tinte a las caras de la baldosa.

5.10.9 NTE INEN 2194: Determinación de la resistencia a la helada

Esta norma establece el método de ensayo para determinar la resistencia a la helada de todas las baldosas cerámicas destinadas a ser usadas en condiciones de helada en presencia de agua.

5.10.9.1 Método de ensayo

Principio. Después de la impregnación con agua, las baldosas son sometidas a ciclos entre +5°C y - 5°C, estando todos los lados de las baldosas expuestos a la helada durante un mínimo de 100 ciclos de congelación-deshielo

5.10.10 NTE INEN 2192: Determinación de la resistencia al choque térmico

Esta norma establece el método de ensayo para determinar la resistencia al choque térmico de todas las baldosas cerámicas bajo condiciones normales de uso.

Dependiendo de la absorción de agua de las baldosas, se deben usar diferentes procedimientos (ensayos con o sin inmersión), salvo que exista un acuerdo.

5.10.10.1 Método de ensayo

Principio. Determinación de la resistencia al choque térmico sometiendo una baldosa entera a 10 ciclos entre temperaturas de 15° C y 145°C.

5.10.11 NTE INEN 2193: Determinación de la expansión por humedad

Esta norma establece el método de ensayo para determinar la expansión por humedad de las baldosas cerámicas.

5.10.11.1 Definiciones

Para los efectos de esta norma, se adopta la siguiente definición:

Expansión por humedad. Es la expansión acelerada proporcional que resulta del sometimiento a recalentamiento de las baldosas a inmersión prolongada en agua a ebullición.

5.10.11.2 Método de ensayo

Principio. Determinación de la expansión acelerada por la humedad mediante el sometimiento a recalentamiento de la baldosa en agua a ebullición y estableciendo el cambio proporcional en la longitud.

5.10.12 NTE INEN 2191: Determinación de la dilatación térmica lineal

Esta norma establece el método de ensayo para determinar el coeficiente de dilatación térmica lineal de las baldosas cerámicas.

5.10.12.1 Método de ensayo

Principio. Determinación del coeficiente de dilatación térmica para el rango de temperatura desde temperatura ambiente hasta 100° C.

5.10.13 NTE INEN 2199: Determinación de pequeñas diferencias de color

Esta norma establece el método de ensayo para cuantificar las pequeñas diferencias de color, utilizando instrumentos de medida de color, en baldosa cerámicas esmaltadas diseñadas para tener color uniforme y constante. Este ensayo permite la especificación de un valor máximo aceptable que depende solo de la solidez del contraste y no del color involucrado, ni de la naturaleza de la diferencia de color.

5.10.13.1 Método de ensayo

Principio. Se determina la aceptabilidad del contraste de color, comparando la diferencia de color CMC calculada de una muestra de ensayo para un valor de referencia, utilizando un acuerdo previo sobre el factor comercial, o el comúnmente usado en la industria de baldosas.

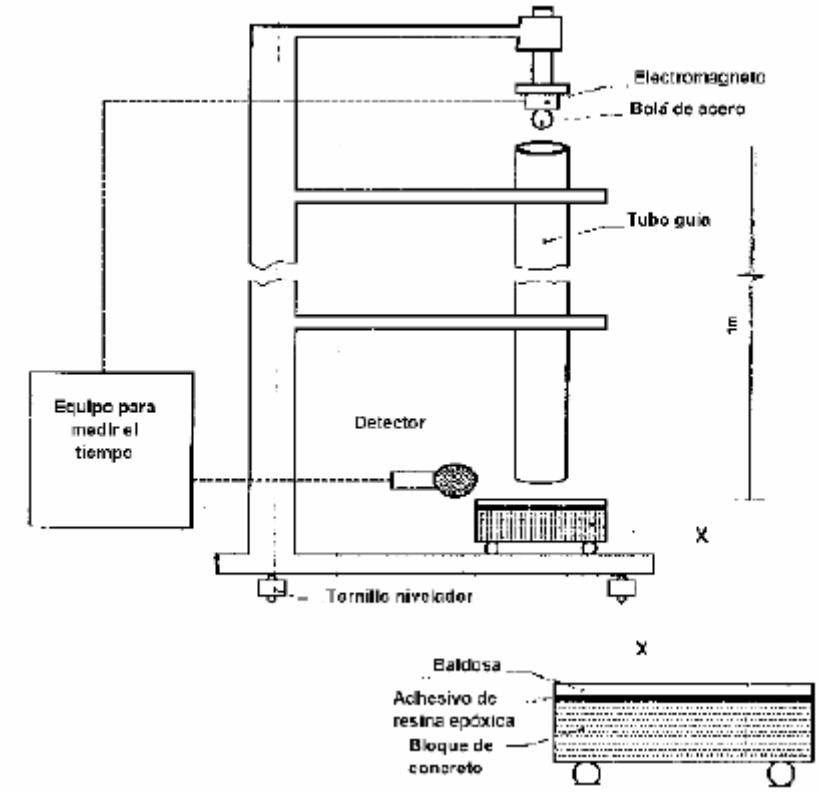
5.10.14 NTE INEN 2188: Determinación de la resistencia al impacto

Esta norma describe el método de ensayo para determinar la resistencia al impacto de baldosas cerámicas mediante la medición del coeficiente de restitución.

5.10.14.1 Método de ensayo

Principio. Determinación del coeficiente de restitución por la caída de una bola de acero desde una altura fijada sobre el espécimen de ensayo y la medición de la altura de rebote.

Ilustración 78 Aparato para descargar la bola



Elaborado por autor. Fuente (Norma Técnica Ecuatoriana (NTE INEN), 2013)

5.10.15 NTE INEN 648: Determinación de la resistencia a los agentes químicos

Esta norma describe el método de ensayo para determinar la resistencia de las baldosas cerámicas a los agentes químicos, a temperatura ambiente. El método se aplica a todos los tipos de baldosas cerámicas.

5.10.15.1 Método de ensayo

Principio. Sometimiento de los especímenes de ensayo a la acción de las soluciones de ensayo y determinación visual del ataque después de un período definido.

5.10.15.2 Soluciones acuosas de ensayo

- Agentes químicos caseros
- Solución de cloruro de amonio, 100 g/l.
- Sales para agua de piscinas
- Solución de hipoclorito de sodio, 20 mg/l, preparado a partir de hipoclorito de sodio de grado técnico con aproximadamente 13% (m/m) de cloro activo.

5.10.15.3 Ácidos y álcalis

Concentraciones bajas (L)

- Solución de ácido clorhídrico, 3% (V/V), preparado a partir de ácido clorhídrico concentrado (= 1,19 g/ml).
- Solución de ácido cítrico, 100g/l.
- Solución de hidróxido de potasio, 30g/l.

Concentraciones altas (H)

- Solución de ácido clorhídrico, 18 % (V/V), preparado a partir de ácido clorhídrico concentrado (= 1,19 g/ml).
- Solución de ácido láctico, 5 % (V/V).
- Solución de hidróxido de potasio, 100 g/l.

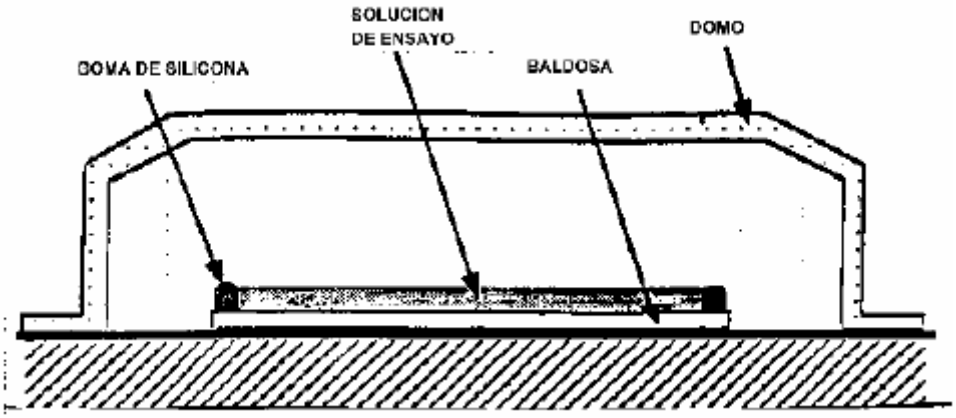
5.10.16 NTE INEN 2196: Determinación del desprendimiento de plomo y cadmio en baldosa esmaltada

Esta norma establece el método de ensayo para determinar el desprendimiento de plomo y cadmio del esmalte de las baldosas cerámicas.

5.10.16.1 Método de ensayo

Principio. Exposición de la superficie esmaltada de una baldosa cerámica a una solución de ácido acético. Determinación de la cantidad de plomo y cadmio desprendido en la solución por un método apropiado.

Ilustración 79 Método conveniente para cubrir las baldosas durante el ensayo



Elaborado por autor. Fuente (Norma Técnica Ecuatoriana (NTE INEN), 2013)

5.10.17 NTE INEN 2198: Determinación de la resistencia a las manchas

Esta norma establece el método de ensayo para determinar la resistencia a las manchas de la superficie propiamente dicha de las baldosas cerámicas.

5.10.17.1 Método de ensayo

Principio. Determinación de la resistencia a las manchas manteniendo en contacto con la superficie propiamente dicha de las baldosas, soluciones de ensayo y materiales por un tiempo apropiado; las superficies son entonces sometidas a métodos de limpieza definidos, y finalmente inspeccionadas visualmente para detectar cambios.

5.10.18 NTE INEN 654: Requisitos de aceptación

Este procedimiento se aplica a los productos: placas, plaquitas, cubos y artículos similares, incluso de forma distinta de la cuadrada o rectangular en los que la superficie mayor pueda inscribirse en un cuadrado de lado inferior a 7 cm, esmaltadas y sin esmaltar con barniz y sin barniz, para pavimentación y revestimiento, cubos, dados y

artículos similares de cerámica, para mosaicos sin barnizar ni esmaltar; según lo establece la NTE INEN 654 y el RTE INEN 033 vigentes.[41]

5.10.18.1 Objeto

Esta norma establece los requisitos que deben cumplir las baldosas cerámicas clasificadas de acuerdo a lo establecido en la NTE INEN 644

5.10.18.2 Alcance

Esta norma establece los requisitos para las baldosas cerámicas de la mejor calidad comercial (primera calidad).

5.10.18.3 Definiciones

Para los efectos de esta norma, se adoptan las definiciones contempladas en la NTE INEN 644.

5.10.18.4 Requisitos

Las baldosas cerámicas deben cumplir con los requisitos dimensionales y de calidad superficial y los requisitos de las propiedades físicas y químicas, que están dados en los anexos de esta norma correspondientes a cada clase de baldosa.

5.10.18.5 Inspección

- **Muestreo**
  El muestreo debe estar de acuerdo a lo especificado en la NTE 645
- **Aceptación y rechazo**
  Las bases de aceptación y rechazo deben estar de acuerdo a lo especificado en la NTE INEN 645

[41] *(Ver Anexo G: Ejemplo de formulario para la aplicación de las normativas de calidad INEN en un gres porcelánico)*

5.10.18.6 Rotulado

La baldosa y/o su embalaje deben llevar el siguiente rotulado:

- La marca del fabricante y/o la marca comercial y el país de origen
- La marca para indicar la primera calidad
- Tipo de baldosa y la referencia al anexo apropiado de esta norma
- Dimensiones nominales y de fabricación, modular (M) o no modular
- Naturaleza de la superficie, por ejemplo esmaltada (GL) o no esmaltada (UGL)

5.10.18.7 Literatura del producto

La literatura del producto para baldosas destinadas al uso en pisos debe declarar

- Los resultados obtenidos de acuerdo con la NTE INEN 2195
- La clase de abrasión para las baldosas esmaltadas (ver también el anexo M para símbolos informativos).

5.10.18.8 Especificaciones

Las baldosas deben ser especificadas señalando lo siguiente

- El método de moldeo
- El anexo de esta norma que cubre la clase especifica de la baldosa
- La dimensión nominal y la de fabricación, modular (M) o no modular
- La naturaleza de la superficie, por ejemplo esmaltada (GL) o no esmaltada (UGL)

Ejemplos:

- *Baldosa de extrucción de precisión, NTE INEN 654, anexo A*
  Al M25 cm x 12,5 cm (W240 mm x 115 mm x 10 mm) GL
- *Baldosa de extrucción natural, NTE INEN 654, anexo A*
  Al 15 cm x 15 cm (W150 mm x 150 mm x 12,5 mm) UGL

5.10.18.9 Pedido

Cuando se realiza un pedido, las características tales como dimensión, espesor, tipo de superficie, color, relieve, clase de abrasión para baldosas esmaltadas y otras propiedades deben ser acordadas por las partes interesadas.

6 Conclusiones y recomendaciones

6.1 Conclusiones.

Una vez determinados los fundamentos de la baldosa cerámica, las clasificaciones en función de los diferentes procesos y comercialización, y las principales características de los elementos que forman la composición de la materia prima, se han logrado establecer las bases para el diseño de la producción industrial cerámica.

La provincia de Loja cuenta efectivamente con una cantidad considerable de minerales no metálicos que sirven como materia prima para la elaboración de baldosas cerámicas, tal como lo demuestran los estudios y datos estadísticos presentados.

Habiendo analizado y explicado los procesos industriales y las mejoras en tecnología aplicada para la elaboración de baldosas, se puede concluir que son replicables en el mercado local, por lo tanto se puede elaborar un proyecto de diseño industrial totalmente aplicable y funcional como se ha demostrado con Keramos.

El diseño del proceso de producción Keramos sintetiza los conocimientos adquiridos durante la investigación y observación de campo mostrando de manera detallada y a la vez sencilla, el proceso completo de fabricación de baldosas cerámicas, orientando al lector de la guía en una dirección única y moderna, de entre las muchas y muy variadas formas que la manufactura de productos cerámicos ofrece.

El conocimiento del marco institucional, en el que estaría enmarcada una producción industrial cerámica, nos brinda la posibilidad de establecer un diseño de proyecto fundamentado en la legalidad, protección ambiental y estándares de calidad que permita la posterior comercialización del producto derivado del proceso.

El proceso Keramos, al ser complementado con láminas esquemáticas de las partes que lo conforman y un video explicativo como lo es “Guía del proceso industrial para la fabricación de baldosas cerámicas”, permite ilustrar las fases del proceso de manera virtual, ayudando a profundizar más en el contenido de la guía al recrear una visión más cercana a la realidad de la producción en planta.

6.2 Recomendaciones

Se requiere que el Estado ecuatoriano, complete el catastro minero, para así poder determinar con precisión la cantidad, calidad y localización de la materia prima para la elaboración de baldosas cerámicas.

Es importante señalar, que se necesita generar un proceso de capacitación para profesionales locales en el área industrial de elaboración de baldosas cerámicas. En este proceso de capacitación, que debería ser auspiciado por el Estado, tendrían que participar las líneas industriales privadas, así como también la academia.

Bibliografía

1. Asociación Española de Fabricantes de Azulejos y Pavimentos Cerámicos (ASCER). (2002). Cerámica para la arquitectura. Obtenido de www.guia de ceramica para la arquitectura.com

2. Cardenas Muga, J. (2002). Industria Cerámica en el Ecuador: Evaluación de las materias primas no metálicas. Guayaquil, Ecuador.

3. Centro de Tecnologias Limpias (CTL). (2012). *Guía de Mejores Técnicas Disponibles para el Sector de Fabricacion de Baldosas Ceramicas en la Comunidad Valenciana.* Obtenido de Generalitat Valenciana: http://www.cma.gva.es

4. Ceramitec. (2012). Manufacturing of ceramic tiles.

5. CeraWiki. (2012). *CeraWiki*. Obtenido de http://ceramica.wikia.com

6. Certech. (2013). *Certech.* Obtenido de www.certech.com

7. Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Minas. (2013). *Universidad de Oviedo.* Recuperado el 2013, de http://www.uniovi.es/

8. González Ojeda , D. S. (2004). *El arte rupestre de Loja.* Loja - Ecuador: Editorial Universidad Técnica particular de Loja.

9. Hernandez Sampieri, R., Fernandez Collado, C., & Baptista Lucio, P. (1990). *Metodología de la Investigación Científica.*

10. Instituto de Promoción Cerámica de Castellón (IPC). (2007). *IPC.* Obtenido de http://www.ipc.org.es

11. Instituto de Tecnologia Cerámica (ITC). (2007). Procesos de fabricación de baldosas cerámicas.

12. Instituto Nacional de Estadísticas y Censos INEC. (2012). *INEC.* Obtenido de www.elecuadorencifras.com

13. Instituto Nacional de Investigación Geológico Minero Metalúrgico (INIGEMM). (2011). *Informe Materia prima.* Loja.

14. Instituto Nacional de Tecnologías Educativas y de Formación del Profesorado INTEF. (2013).*www.ite.educacion.es*.Obtenidodehttp://centros5.pntic.mec.es/~virge133/deptos/cienat/apuntesresumenes/ciclorocas.htm

15. INVIMARK. (2002). *Fabricacion de Azulejos Pavimentos y Baldosas de Cerámica.* Valencia.

16. Norma Técnica Ecuatoriana (NTE INEN). (2013). *INEN*. Obtenido de www.inen.com

17. Pinza Suárez, B. (18 de Junio de 2012). La mineria en Loja. *Diario centinela*.

18. PROALSO. (2007). *Proalso Asociacion Profesional de Alicatadores/Soladores.* Obtenido de http://www.proalso.es

19. Tufiño, G., Vieira, N., Lascano, L., & Guerrero , V. (2012). Propiedades térmicas de arcillas ecuatorianas para ser utilizadas como material refractario. Quito, Ecuador.

20. Tunacerámica. (2013). *Tuna Centro de Cerámica Contemporanea*. Obtenido de http://tunaceramica.com/teoria/arcillasytierras.htm

Anexo A Clasificación de las baldosas cerámicas derivada del proceso de fabricación

En función de las materias primas	Soporte o bizcocho coloreado: **pasta roja**
	Soporte o bizcocho blanco: **pasta blanca**
En función de las materias Primas, más el método de Conformación y el proceso de cocción	Baldosas de porosidad muy alta (grupo **III**)
	Baldosas de porosidad alta (grupo **II_b**)
	Baldosas de porosidad media/baja (grupo **II_a**)
	Baldosas de porosidad baja (grupo **I_b**)
	Baldosas de porosidad muy baja (grupo **I_a**) (E ≤0,5%)
En función de la técnica de conformación o modelado	Baldosas extrudidas (**A**)
	Baldosas prensadas (**B**)
	Baldosas conformadas mediante procesos de modelado diferentes a la extrusión y prensado (**C**)
En función de la presencia de vidriados en su cara vista	Baldosas esmaltadas (**GL**)
	Baldosas no esmaltadas (**UGL**)
En función del número de Procesos de cocción a que se someten	Baldosas de *monococción* (una sola cocción)
	Baldosas de *bicocción* (dos cocciones)
En función de otros tratamientos Posteriores a la cocción	Baldosas de *tercer fuego* (tratamientos decorativos a baja temperatura, una o varias cocciones)
	Baldosas *rectificadas* cuando el cuerpo cerámico se somete a corte y biselado
	Baldosas obtenidas por *corte hidráulico* para alcanzar formatos de contorno complejo
	Baldosas ***pulidas*** (pulido mecánico del soporte para gres porcelánico o pulido mecánico del vidriado para las baldosas esmaltadas)
En función de su resistencia Mecánica o su geometría, En relación directa con su destino de uso	*Revestimientos*: baldosas no pisables
	Fachadas cerámicas: baldosas para revestimiento exterior de edificios
	Pavimentos: baldosas pisables
	Piezas especiales: baldosas con una función específica

Anexo B Clasificación comercial de las baldosas cerámicas

Denominación comercial		Según Normativa	Definición
Barro cocido	• Baldosas tierra cocida • Cotto • Pavimento rustico • Pavimento terracota • Toba • Toba rustica	**AIIb UGL** 6%<E≤10%) **AIII, UGL** E>10%	• Baldosas cerámicas de soporte coloreado y poroso sin aplicación de vidriados ni decoraciones. • Conformación por moldeo manual, extrusión y prensado. • Tratamientos superficiales sobre el producto acabado para embellecimiento y protección a las manchas. • Mayoritaria utilización en pavimentos • El gran éxito comercial ha proporcionado la espectacular ampliación del repertorio: en formatos, aplicación de vidriados, insertos e incrustaciones, combinación con piedra natural, etc.
Baldosín	• Baldosín rojo mate • Rajola • Rasilla	**AIIb UGL** 6%<E≤10%) **AIII, UGL** E>10%	• Baldosas cerámicas de soporte coloreado y poroso sin aplicación de vidriados ni decoraciones. • Conformación por extrusión • Se utiliza para solado de terrazas, balcones y porches, con frecuencia en combinación con olambrillas
Azulejo	• Azulejo de pasta blanca • Rajola • Baldosas de mayólica • Baldosas de loza • Revest. bicocción • Revest. monococción • Maniseta • Taulell	**BIII, GL,** E>10%	• Baldosas cerámicas de soporte coloreado, blanco o blanco/grisáceo y poroso, con aplicación de vidriados y decoraciones. • Tratamientos decorativos a baja temperatura. • Conformación por prensado en semiseco y sometido a una o varias cocciones (monococción, bicocción, bicocción rápida, tercer fuego, etc.) • Mayoritaria utilización en revestimientos interiores. • Puede utilizarse en exteriores no sometidos a riesgo de helada. • Gran variedad de productos por color del soporte (bizcocho), proceso de fabricación, formatos y tratamientos superficiales cerámicos con fines decorativos. • Se complementan con piezas especiales
Gres rustico	• Baldosas de gres • Gres rústico • Gres industrial • Clinker	**AI, UGL** E<3% **AIIa** 3%≤E<6%	• Baldosas cerámicas de soporte coloreado y baja o muy baja porosidad sin aplicación de vidriados ni decoraciones • Conformación por extrusión o prensado. • Sometidos a una sola cocción a alta temperatura. • Mayoritaria utilización en pavimentos. • Tratamientos superficiales sobre producto acabado como protección a las manchas.
Gres esmaltado	• Baldosas de gres o gres. • Gres de monococción • Gres anti hielo • Baldosa gresificada • Gres compuesto o industrial • Pavimento de bicocción	**BIb, GL** E<3% **BIIa, GL** 3%≤E<6%	• Baldosas cerámicas de porosidades bajas o medias, con soporte blanco, blanco/grisáceo o coloreado, con aplicación de vidriados y, en su caso, decoraciones. • Conformación por prensado y minoritariamente por extrusión. • Gran variedad de productos por formatos y tratamientos superficiales cerámicos, incluido el pulido mecánico. • Sometidos a una única cocción. • Aplicación en pavimentos y revestimientos. • Resistencias química y a las manchas, y prestaciones mecánicas según vidriados y decoraciones, también en función de su disposición.
Gres porcelánico	• Gres porcelánico • Gres porcelánico técnico • Gres porcelánico esmaltado • Gres industrial	**BIa** y **AIa** E<0,5%	• Baldosas cerámicas de muy baja porosidad abierta, con una amplia gama de coloraciones. • Conformación por prensado o extrusión con una única cocción. • Decoraciones obtenidas en fase de prensado o mediante serigrafías o aerografías de sales solubles. • Comercializados en la forma natural (sin tratamientos) o pulidos mecánicamente (brillo especular). • Altas prestaciones mecánicas y de resistencia química. • Resistencia a la helada. Algunos productos presentan una baja resistencia a las manchas en la versión pulida.
Pavimento bicocción	• Pavimento de bicocción • Cottoforte • Pavimento de mayólica • Pavimento cerámico • Pavimento esmaltado	**BIIa, GL** 3%≤E<6%	• Baldosas cerámicas de soporte coloreado y poroso, con aplicación de vidriados y decoraciones. • Conformación por prensado en semiseco. • Doble cocción del soporte o *bizcocho* y los vidriados y decoraciones. • Admite tratamientos decorativos de baja temperatura. • Utilización exclusiva en pavimentos. • Ha sido sustituido casi totalmente por las baldosas de gres. • Bajas prestaciones mecánicas y baja resistencia química.
Piezas especiales	• Piezas complementarias • Piezas especiales	**Variable**	• Piezas especiales de diferente geometría y naturaleza, vidriadas o no, decoradas o no, con finalidad funcional de entrega y resolución de encuentros o con fines decorativos. • Conformación manual, por extrusión, prensado o colada. • Algunas de ellas, de forma agrupada, constituyen verdaderos sistemas de recubrimiento.

Anexo C Principales productos cerámicos y temperatura de cocción aproximada

Clase	Variedad		Con revestimiento Sin revestimiento	Temperatura de cocción	Productos más comunes
Alfarería Alfarería artística	Ladrillos, tejas		Sin revestimiento	900-1000° C	Ladrillo hueco y macizo. Adornos arquitectónicos, estatuas, bajorrelieves.
Refractarios	Silicatos Silicoaluminosos Aluminosos Aislantes Magnesíticos Cromomagnesíticos Dolomíticos Cromíticos De carbono De grafito		Sin revestimiento	1450° C 1200-1250° C 1400-1700° C Hasta 1700° C Hasta 1700° C Hasta 1700° C 1450-1500° C 1450° C 3000° C	Ladrillos y piezas perfiladas para las plantas industriales
Abrasivos			Sin revestimiento	1000-1300° C	Muelas y esmeril
Mayólica	Barnizada Engobada Esmaltada		Con revestimiento	920-980° C	Vajillería, utensilios de cocina para uso doméstico y ornamental. Ladrillos de pavimento y revestimiento
Loza	Loza técnica		Sin revestimiento	1200-1250° C	Materiales para la construcción de estufas
	Loza tierna		Sin revestimiento	1250° C	Vajillas porosas, filtros depuradores para uso eléctrico o químico
	Loza fuerte		Con revestimiento	900-1050° C 1250-1280° C	Vajillería, utensilios de cocina para uso doméstico y ornamental. Ladrillos de pavimento y revestimiento
Gres	Gres industrial	Gres rojo	Sin revestimiento	950-1100° C	Material para pavimento interno y externo
		Clinker	Sin revestimiento	1150-1230° C	Materiales resistentes a los ácidos
		Gres salado	Sin revestimiento	1200-1250° C	Materiales resistentes a los ácidos
	Gres fino	Gres de pavimento	Con revestimiento	1130-1200° C	Pavimentos de alta resistencia a las abrasión
		Gres domestico	Con revestimiento	1100-1200° C	Vajillas para uso doméstico, botellas, etc.
		Gres de artesanía	Con revestimiento	1200-1280° C	Vajillas para uso doméstico, botellas etc.

Anexo D Principales productos cerámicos y materia prima mayormente utilizada

Industria	Tipo de producto	Materia prima utilizada
Estructural	Ladrillos de construcción y todo tipo de ladrillo hueco, tejas, tuberías sin esmaltar. Hormigón	Arcilla Caliza, arcilla
Refractarios	Ladrillos de sílice Ladrillos de magnesita Ladrillos de cromo Ladrillos de dolomita Ladrillos de carbón Ladrillos de carburo de silicio Aislantes Ladrillos de silimanita Ladrillos de alta alumina Crisoles y recubrimientos interiores de plantas metalúrgicas, fábricas de gas y otras aplicaciones	Cuarcita Magnesita Compuestos de cromo Dolomita (serpentinas, talco) Grafito Coque, arena Tierra de diatomeas, vermiculitas, asbestos, etc. Silimanita, cianita o andalucita. Fireclay y bauxita o arcillas bauxiticas Arcillas, rocas silíceas, grafito, etc.
Productos cerámicos esmaltados	Azulejos Sanitarios Porcelana Porcelana de huesos Esmaltes y engobes	Arcilla y esmalte, pirofilita, talco, etc. Arcilla, caolín feldespato, sílice, esmalte Arcilla, caolín feldespato, sílice Cenizas de huesos, arcillas, feldespatos Arcilla, sílice, feldespato, y otros agentes fundentes
Otros materiales cerámicos	Sílice fundida Refractarios especiales Porcelana eléctrica Materiales magnéticos Cermets Esmaltes, vidrios Abrasivos	Arena o cuarzo de alta pureza Óxidos puros Ej.: BeO, Al2O3, MgO, ZrO2, ThO, espinelas, carburos, nitruros, fosfuros, etc. Arcilla, caolín, sílice, feldespatos Rutilo Esteatita (talco) Titanios de magnesio y bario Zircón Ferritos Óxidos metálicos y cerámicos Arena, carbonato sódico, caliza, feldespato, sulfato y nitrato sódico, bórax y ácido bórico, agentes colorantes y opacificantes Carburo de silicio, alumina

Anexo E Principales fábricas productoras de cerámicos de acuerdo a la CIIU en el Ecuador

Provincia	Cantón	Ciiu3 6 dígitos	Descripción según ciiu3 hasta nivel de actividad individual	Nombre de la industria
Azuay	Cuenca	269302	Fabricación de baldosas y losas para pavimento, losetas para pared o cañones para chimenea, teselas de mosaico, etc., de cerámica esmaltados o no.	Hegagres
Azuay	Cuenca	269103	Fabricación de estatuillas y otros artículos ornamentales de cerámica o porcelana	Cerámica Yanuncay
Azuay	Cuenca	269104	Fabricación de vajilla y otros utensilios domésticos de cerámica no refractaria	Cerámica Cuenca S.A.
Azuay	Cuenca	269302	Fabricación de baldosas y losas para pavimento, losetas para pared o cañones para chimenea, teselas de mosaico, etc., de cerámica esmaltados o no.	Cerámica Rialto S.A
Azuay	Cuenca	269302	Fabricación de baldosas y losas para pavimento, losetas para pared o cañones para chimenea, teselas de mosaico, etc., de cerámica esmaltados o no.	Italpisos S.A.
Azuay	Cuenca	269201	Fabricación de materiales de cerámica para la construcción: ladrillos, bloques para pisos, sombreretes para chimenea, etc.	Fabrica Sinincay
Cañar	Azogues	269201	Fabricación de materiales de cerámica para la construcción: ladrillos, bloques para pisos, sombreretes para chimenea, etc.	Industrias ladrillosa
Loja	Catamayo	269201	Fabricación de materiales de cerámica para la construcción: ladrillos, bloques para pisos, sombreretes para chimenea, etc.	Fca. De ladrillo y teja de Luis Tuza
Loja	Catamayo	269201	Fabricación de materiales de cerámica para la construcción: ladrillos, bloques para pisos, sombreretes para chimenea, etc.	Arteja
Loja	Catamayo	269201	Fabricación de materiales de cerámica para la construcción: ladrillos, bloques para pisos, sombreretes para chimenea, etc.	Decorteja
Loja	Saraguro	269201	Fabricación de materiales de cerámica para la construcción: ladrillos, bloques para pisos, sombreretes para chimenea, etc.	Industria cerámica Pionero
Guayas	Guayaquil	269201	Fabricación de materiales de cerámica para la construcción: ladrillos, bloques para pisos, sombreretes para chimenea, etc.	Dolmen s.a.
Guayas	Guayaquil	269201	Fabricación de materiales de cerámica para la construcción: ladrillos, bloques para pisos, sombreretes para chimenea, etc.	Agrícola industrial Alfadomus C.A.
Provincia	Cantón	Ciiu3 6 dígitos	Descripción según ciiu3 hasta nivel de actividad individual	Nombre de la industria
Pichincha	Quito	269104	Fabricación de vajilla y otros utensilios domésticos de cerámica no refractaria	Cerámicas Arsílco Cía. Ltda.
Pichincha	Quito	269101	Fabricación de artefactos higiénicos de cerámica, porcelana. Mármol sintético y otros artículos para uso no estructural.	Edesa S.A
Pichincha	Quito	269101	Fabricación de artefactos higiénicos de cerámica, porcelana. Mármol sintético y otros artículos para uso no estructural.	Franz Viegner S.A
Pichincha	Quito	269201	Fabricación de artículos para la construcción: ladrillos, bloques, losetas y otros de cerámica refractaria	Silicatos y óxidos Siloxydos S.A
Chimborazo	Riobamba	269302	Fabricación de baldosas y losas para pavimento, losetas para pared o cañones para chimenea, teselas de mosaico, etc., de cerámica esmaltados o no.	C.A. Ecuatoriana de Cerámica
Azuay	Cuenca	269302	Fabricación de baldosas y losas para pavimento, losetas para pared o cañones para chimenea, teselas de mosaico, etc., de cerámica esmaltados o no.	Graiman Cía. Ltda.
Azuay	Cuenca	269104	Fabricación de vajilla y otros utensilios domésticos de cerámica no refractaria	Cerámica andina C.A.
Azuay	Cuenca	269103	Fabricación de estatuillas y otros artículos ornamentales de cerámica o porcelana	Cerámica Alfarero C.A.
Azuay	Cuenca	269103	Fabricación de estatuillas y otros artículos ornamentales de cerámica o porcelana	Artesa cía. Ltda.
Azuay	Cuenca	269103	Fabricación de estatuillas y otros artículos ornamentales de cerámica o porcelana	Cevicerámica
Azuay	Cuenca	269103	Fabricación de estatuillas y otros artículos ornamentales de cerámica o porcelana	Yapacunchi S.A.
Azuay	Cuenca	269103	Fabricación de estatuillas y otros artículos ornamentales de cerámica o porcelana	Cerámica Monteturi Cía. Ltda.

Anexo F Ocupaciones derivadas del proceso de fabricación diseñado

Ocupación: PREPARADORES DE PASTA CERAMICA
Funciones
• Almacenar y controlar las materias primas, • Realizar la primera mezcla y homogeneización de tierras, • Molturar por vía seca, las materias primas mediante molinos pendulares o de martillos: dosificando las distintas tierras o arcillas, regulando la humedad, añadiendo colorantes y otros aditivos a la mezcla y controlando la granulometría de la mezcla realizada. • Molturar por vía húmeda, las materias primas mediante molinos de bolas continuos o discontinuos: dosificando las distintas tierras o arcillas, añadiendo agua, desfloculantes, colorantes y otros aditivos, controlando la humedad, el nivel de desfloculantes de la mezcla y la granulometría de la mezcla realizada dentro del molino. Control final de la viscosidad, densidad y granulometría de la suspensión elaborada. • Atomizar la suspensión elaborada (barbotina): Controlando el estado de las lanzas en el atomizador, la humedad del granulado y la granulometría del polvo atomizado a la salida del atomizador. • Controlar el almacenamiento del granulado y el polvo atomizado en los silos. • Controlar el correcto funcionamiento de las máquinas, notificando cualquier anomalía para su reparación. • Gestionar los residuos producidos en la sección de preparación de pasta cerámica. • Realizar el mantenimiento primario de molinos, granuladoras, atomizadores, bombas de trasiego y de demás equipos auxiliares de la sección.
Ocupación: CONFORMADORES DE PIEZAS CERAMICAS
Funciones
Controlar la humedad de la arcilla a la entrada en las prensas, • Regular la alimentación de la mezcla, según los programas de dosificación, • Realizar el conformado de las piezas accionando las prensas, o accionando la extrusora, • Controlar la densidad, el espesor, el aspecto exterior y las grietas no visibles de las piezas, corrigiendo la maquinaria si procede, • Cambiar, colocar y limpiar los moldes de las prensas y las boquillas de las extrusoras. • Controlar el funcionamiento de la prensa: control del prensado, anotación de prensadas y corrección de la prensa si procede, • Controlar la entrada y salida de las piezas del secadero (temperatura y tiempo de secado), • Controlar la humedad las piezas a la salida del secadero, • Controlar la temperatura del secadero y la alimentación de gases calientes • Gestionar los residuos generados en la sección de conformado de piezas (aceites, repuestos, mercurio, piezas crudas, etc.) • Reclamar la presencia del jefe de sección y/o del mecánico en caso de parada de una prensa • Realiza el mantenimiento primario de las prensas, secaderos, y extrusora, y de los equipos auxiliares de la sección.
Ocupación: PREPARADORES DE ESMALTES
Funciones:
• Recibir las materias primas para esmaltes, engobes, tintas vitrificables: fritas, pigmentos, colorantes, aditivos, granillas, etc. envasados en sacos o grandes sacos, u otros envases, • Controlar las materias primas almacenadas, comparándolas la con muestras estándares, • Registrar las entradas y salidas de materias primas del almacén, • Dosificar las materias primas de esmaltes y engobes para molienda en molinos continuos o discontinuos (bombos), añadiendo agua y aditivos según la formulación técnica del producto a elaborar, la densidad prefijada y el volumen total de barbotina que se desea obtener. • Programar y controlar el funcionamiento de los molinos: velocidad, tiempo y centrifugado total, según la carga del molino y el rechazo y densidad a conseguir • Elaborar las tintas serigráficas, dosificando el contenidos de fritas, colorantes, pigmentos y vehículo serigráfico, siguiendo distintos procedimientos de agitando, molturación y tamizado, • Controlar los productos elaborados, tintas o esmaltes y engobes: densidad, viscosidad y granulometría según los distintos tipos de productos a elaborar, • Almacenar los esmaltes, engobes y tintas en contenedores etiquetados según producto. • Distribuir los contenedores para su utilización en la línea de esmaltar y decorado. • Gestionar los residuos generados en la sección de preparación de esmaltes (materias primas, envases, repuestos, etc.) • Realizar el mantenimiento preventivo de molino s, agitadores y demás equipos auxiliares de la sección siguiendo la documentación técnica de la maquinaria.
Ocupación: ESMALTADORES-DECORADORES DE CERAMICA
Funciones
• Controlar visualmente la línea de avance de las piezas, desde la salida del secadero hasta la salida de la línea de esmaltado. • Controlar la densidad, viscosidad y gramaje de los engobes, esmaltes y tintas a aplicar, • Esmaltar y decorar las piezas en continuo con máquinas automáticas en cortina, por pulverización, serigrafía; o en discontinuo por inmersión, pistola u otras técnicas, • Controlar el funcionamiento regular de las máquinas de aplicación de agua pulverizada, engobes, esmaltes, serigrafías y granillas, • Cambiar y limpiar las pantallas de serigrafía, alimentar de esmaltes, engobes y tintas de serigrafía las cabinas de aplicación, • Controlar las piezas de avanzadilla: marcándolas a la salida de la línea de esmaltado, controlando su entrada en boxes y salida del horno,

• Notificar las anomalías en la línea de avance, en los esmaltes y tintas, en las piezas decoradas, en las máquinas de aplicación...,
• Realizar el mantenimiento primario de las máquinas de esmaltar y serigrafiar, de los mecanismos de la línea automatizada de transporte de piezas, bombas de aplicación, etc.
• Gestionar los residuos generados en su sección, tanto en la aplicación de esmaltes como en la limpieza de la línea , retirando los contenedores de residuos de piezas defectuosas, manteniendo limpias las canaletas de evacuación de líquidos residuales, gestionando adecuadamente los contenedores y envases que tienen restos de esmaltes que contienen sustancias peligrosas, etc.
• Controlar el número de piezas en la línea de esmaltado, la disponibilidad de esmaltes y materias primas según los programas de producción.

Ocupación: HORNEROS DE CERAMICA

Funciones

Controlar el movimiento de los boxes o de las vagonetas, en la carga y en la descarga de piezas, cumplimentado el parte de control de los boxes,
• Programar la máquina de entrada de piezas al horno,
• Controlar visualmente la descarga de las pieza de los boxes, o de las vagonetas, y de la entrada de las piezas al horno,
• Controlar visualmente las piezas de avanzadilla de cada boxes (salida del box y entrada al horno),
• Controlar el buen funcionamiento del sistema de cocción de las piezas, verificando que no se enganchan o amontonan dentro del horno,
• Controlar la curva de cocción (calentamiento, cocción, enfriamiento) establecida para cada tipo de producto , actuando sobre la temperatura del horno y el tiempo de estancia de la piezas en el mismo
• Realizar una inspección visual de las piezas cocidas: medidas, defectos visibles, colores, fisuras, roturas etc.,
• Verificar las curvaturas de las piezas cocidas, automática y manualmente,
• Controlar el funcionamiento correcto de los sistemas de depuración de gases de combustión del horno,
• Realizar el mantenimiento preventivo de los hornos,
• Limpiar y sustituir los rodillos de los hornos,
• Limpiar y sustituir los quemadores de los horno s
• Efectúa reparaciones sencillas de los hornos,
• Gestionar los residuos de piezas defectuosas y repuestos del horno generados en la sección,

Ocupación: TECNICOS DE CONTROL DE CALIDAD

Funciones

• Controlar la calidad del proceso productivo y del producto obtenido, en todas sus fases definiendo y ejecutando planes de muestreo:
• Verificación de materias primas (comparación con muestras estándar), mezclas y molturación, (humedad, calcimetría, contracción, densidad aparente, viscosidad, granulación),
• Verificación del conformado de piezas, (humedad, densidad aparente, espesor, compacidad-porosidad resistencia mecánica)
• Verificación de esmaltes y línea de esmaltado (granulometría, densidad y viscosidad)
• Verificación de cocción y del producto final (estabilidad dimensional, fisuras, roturas, defectos de cocción del vidriado, curvatura de las piezas.
• Realizar el control estadísticos del proceso y de los controles realizados,
• Participar en la elaboración del plan o planes de calidad de la empresa (calidad de proceso, del producto, de la gestión ambiental), definiendo las funciones de las distintas secciones de fabricación y de los distintos puestos de trabajo de la empresa,
• Controlar las pautas de calidad preestablecidas para cada uno de los planes de calidad de la empresa (proceso, producto, gestión ambiental, etc.); proponiendo modificaciones y actualizaciones de las mismas a los responsables del plan de calidad de la empresa,
• Controlar la gestión de residuos generados en las distintas secciones de la planta: efluentes líquidos, emisiones gaseosas, residuos sólidos, siguiendo los planes de gestión de la calidad ambiental de la empresa,
• Gestionar los residuos producidos en la sección de laboratorio,
• Realizar informes de las anomalías detectadas,
• Controla el funcionamiento correcto de todo el proceso de fabricación,
• Desarrollar y ensayar nuevos esmaltes y soportes cerámicos.

Ocupación: TECNICOS DE MANTENIMIENTO

Funciones

• Coordinar las labores de mantenimiento de máquinas y equipos para optimizar su funcionamiento y minimizar los tiempos no productivos de las mismos,
• Mantener y reparar la maquinaria y el equipo industrial de las distintas secciones de la fábrica, procediendo a su desmontaje, sustitución de piezas o grupos, ajuste y montaje, puntos de lubricación:
• Equipos de molienda y atomización,
• Equipos de molienda y preparación de esmaltes,
• Equipos de prensado y secado,
• Equipos de aplicación de esmaltes,
• Equipos de cocción de baldosas de cerámica,
• Equipos de clasificación y embalaje,
• Diagnosticar el estado de los componentes de las maquinarias procediendo de acuerdo a los planes preventivos.
• Diagnosticar el grado de complejidad de una avería y tomar las medidas necesarias para su reparación.
• Fijar y mantener un inventario de repuestos de máquinas, equipos e instalaciones,
• Interpretar los manuales de mantenimiento y especificaciones técnicas de los equipos y máquinas,
• Cooperar en la preparación y puesta a punto de nuevas instalaciones o equipos para garantizar su correcto funcionamiento,

• Cumplimentar los partes de trabajo la sección de mantenimiento (tareas realizadas, anomalías detectadas), y los de trabajos en taller.

Ocupación: TECNICO DE MARKETING Y COMERCIAL

Funciones

Analizar, investigar y seleccionar las oportunidades de mercado, aplicando las técnicas estadísticas adecuadas

• Confeccionar la documentación para definir las diferentes políticas de marketing, analizando la información sobre el producto de la empresa, su precio en el mercado, evaluando la acción de las campañas publicitarias

• Gestionar la logística comercial, organizando los espacios del almacén, controlando los movimientos de mercancías, organizando los procedimientos de distribución de los productos y gestionando las existencias en almacén y las devoluciones de mercancías

• Poseer una visión global e integrada de los distintos efectos que pueden producir la aplicación de las políticas de marketing

• Adaptarse rápidamente a la evolución cambiante de los mercados. composición y prestaciones de los productos que comercializa y a los sistemas de control informático que se apliquen en su trabajo

• Mantener relaciones fluidas con los miembros del grupo funcional en el que está integrado, responsabilizándose de la consecución de los objetivos asignados al grupo, respetando el trabajo de los demás, organizando y dirigiendo tareas colectivas y cooperando en las dificultades que se presenten

Ocupación: GESTOR ADMINISTRATIVO

Funciones

• Mantener y controlar los procesos administrativos generales

• Completar, recibir, emitir y controlar los documentos, convenios, contratos que se desarrollen así como la documentación resultante y los trámites administrativos que se produzcan

• Verificar y controlar los cobros y recaudaciones

• Desarrollar las tareas administrativas referentes a pagos de prestaciones, altas y bajas médicas, propuestas de invalidez y partes

• Archivar la documentación resultante

• Sugerir acciones o métodos que puedan mejorar el desarrollo de la organización y gestión interna

• Verificar y cumplimentar los contratos y documentos

• Resolver problemas y tomar decisiones individuales siguiendo normas establecidas dentro de su competencia, consultando dichas decisiones cuando sus repercusiones económicas o de seguridad sean importantes

Anexo G Ejemplo de formulario para la aplicación de las normativas de calidad INEN en un gres porcelánico

BALDOSAS CERÁMICAS PRENSADAS EN SECO CON BAJA ABSORCION DE AGUA

E ≤ 0,5% GRUPO BI_a

H.1 Requisitos. Los requisitos dimensionales y de calidad superficial y las propiedades físicas y químicas deben estar de acuerdo con la tabla H.1.

Dimensiones y calidad superficial	**Superficie S del producto (cm^2)**				**Ensayo NTE INEN**
	S ≤ 90	**90 < S ≤ 190**	**90 < S ≤ 410**	**S > 410**	
Longitud (l) y ancho (w)					
El fabricante debe escoger la dimensión de fabricación como sigue: a) Para baldosas modulares para dar un ancho de junta nominal entre 1,5 mm y 5 mm b) Para baldosas no modulares tales que la diferencia entre la dimensión de trabajo y la dimensión nominal no sea mayor a ± 2 mm La desviación, en porcentaje, de la dimensión promedio para cada baldosa (2 o 4 lados) para las dimensiones de fabricación (w)	±1,2%	±1,0%	±0,75%	±0,6%	650
La desviación, en porcentaje, de la dimensión promedio para cada baldosa (2 o 4 lados) para la dimensión promedio de los 10 especímenes de ensayo (20 o 40 lados)	±0,75%	±0,5%	±0,5%	±0,5%	650
Espesor					
a) El espesor debe estar especificado por el fabricante					
b) La desviación, en porcentaje, del espesor promedio de cada baldosa para el espesor de las dimensiones de fabricación	± 10 %	± 10 %	± 5 %	± 5 %	650
Rectitud de los lados (lados de la cara vista)					
La máxima desviación de la rectitud, en porcentaje, referido a las correspondientes dimensiones de fabricación	±0,75%	±0,5%	±0,5%	±0,5%	650
Rectangularidad					
La máxima desviación de la rectangularidad, en porcentaje, referida a las correspondientes dimensiones de fabricación	±1,0%	±0,6%	±0,6%	±0,6%	650
Planitud de la superficie					
La máxima desviación de la planitud, en porcentaje:					
a) curvatura del centro, referida a la diagonal calculada desde las dimensiones de fabricación;	±1,0%	±0,5%	±0,5%	±0,5%	650
b) lado curvado, referido a la correspondiente dimensión de fabricación;	±1,0%	±0,5%	±0,5%	±0,5%	650
c) alabeo, referido a la diagonal calculada desde las dimensiones de fabricación.	± 1,0 %	±0,5%	±0,5%	±0,5%	650
Calidad de la superficie	Un mínimo de 95 % de las baldosas deben estar libres de defectos visibles que pueden perjudicar la apariencia de un área mayor de baldosas.				650
Propiedades físicas	**Requisitos**				**Ensayo**
Absorción de agua Porcentaje por masa	≤0,5% máximo individual 0,6%				651
Resistencia a la rotura, en N					
a) Espesor≥ 7,5 mm	No menor que 1300				652
b) Espesor < 7,5 mm	No menor que 700				652
Módulo de rotura, en N/mm^2					
No aplicable a baldosas con resistencia a larotura≥3000 N	Mínimo 35 Mínimo individual 32				652
Resistencia a la abrasión					
a) Resistencia a la abrasión profunda de baldosas no esmaltadas: volumen removido, en milímetros cúbicos.	Máximo 175				2189
b) Resistencia a la superficial de baldosas esmaltadas destinadas al uso en pisos	Reportar abrasión y los ciclos aprobados				2190
Coeficiente de dilatación térmica lineal					
Desde temperatura ambiente hasta 100°C	Método de ensayo disponible				2 191
Resistencia al choque térmico	Método de ensayo disponible				2 192

Resistencia al cuarteado: baldosas esmaltadas	Requerido	647
Resistencia a la helada	Requerido	2 194
Coeficiente de fricción		
Baldosas destinadas al uso en pisos	Requerido	2 195
Expansión por humedad, en mm/m	Método de ensayo disponible	2 193
Pequeñas diferencias de color	Método de ensayo disponible	2 199
Resistencia al impacto	Método de ensayo disponible	2 188
Propiedades químicas	**Requisitos**	**Ensayo**
Resistencia al manchado		
a) Baldosas esmaltadas	Mínimo clase 3	2 198
b) Baldosas no esmaltadas	Método de ensayo disponible	2 198
Resistencia a los agentes químicos		
Resistencia a los ácidos y álcalis de baja concentración a) Baldosas esmaltadas b) Baldosas no esmaltadas	El fabricante declara la clasificación El fabricante declara la clasificación	648
Resistencia a ácidos y álcalis de alta concentración	Método de ensayo disponible	648
Resistencia a los agentes químicos caseros y sales de piscina a) Baldosas esmaltadas b) Baldosas no esmaltadas	Mínimo GB Mínimo UB	648
Desprendimiento de plomo y cadmio	Método de ensayo disponible	2 196