

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA “JUAN MISAEL SARACHO”

FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA

CARRERA DE INGENIERÍA QUÍMICA

**OPTIMIZACIÓN DE LA RECETA DE LA MASA ROJA (GRES)
EN CERÁMICA COBOCE-CBBA**

Por:

CLAUDINA VERONICA CORTEZ GARECA

**Modalidad de graduación: Proyecto de grado: AMPLIACIÓN, OPTIMIZACIÓN
Y /O MODERNIZACIÓN DE PLANTAS INDUSTRIALES EXISTENTES
presentado a consideración de la “UNIVERSIDAD AUTONOMA JUAN MISAEL
SARACHO” como requisito para optar el grado académico de Licenciatura en
Ingeniería Química**

Febrero de 2016

TARIJA – BOLIVIA

Ing. Ernesto Álvarez

DECANO

Ing. Silvana Paz

VICEDECANA

Msc. Ing. Rene Michel Cortés

DIRECTOR DPIBA

APROBADO POR:

TRIBUNAL:

Ing. José Ernesto Auad

Ing. Estela Sullca

Ing. Fabricio Campero

El tribunal calificador del presente trabajo, no se solidariza con la forma, términos, modos y expresiones vertidas en el mismo, siendo éstas responsabilidad de la autora.

Dedicatoria

A Dios y a la virgen.

Por haberme permitido llegar hasta este punto y haberme dado salud para lograr mis objetivos, además de su infinita bondad y amor.

Dedico todo mi esfuerzo y trabajo puesto en este proyecto de grado a mis queridos padres José Cortez Acebey y Ana Gareca de Cortez, quienes me dieron vida, educación, apoyo y consejos; a mis hermanos Ángel Cortez, José Cortez, Anita Cortez por su amor y confianza depositada en mí.

Agradecimientos:

Mi agradecimiento a la Cerámica Coboce, la cual me brindó la oportunidad de realizar mi trabajo de Proyecto de Grado y de la cual siempre he recibido apoyo.

A los Ing. Julio César De Los Ríos, Ing. Jorge Moreno e Ing. Marco Roncal por su gran apoyo y motivación para la elaboración y culminación de este proyecto de grado, por impulsar el desarrollo de mi formación profesional; a mis tribunales Ing. José Ernesto Auad, Ing. Estela Sullca e Ing. Fabricio Campero por su apoyo ofrecido en este trabajo y por su tiempo compartido.

En especial, a mis padres, hermanos y amigos (as) de los cuales siempre recibí su apoyo incondicional y cariño.

ÍNDICE

| | |
|-----------------|--|
| Dedicatoria | |
| Agradecimientos | |
| Resumen | |

INTRODUCCIÓN

| | |
|-------------------------------|---|
| ANTECEDENTES | 1 |
| OBJETIVOS..... | 5 |
| Objetivo General | 5 |
| Objetivos Específicos | 5 |
| JUSTIFICACIÓN | 6 |
| Justificación técnica..... | 7 |
| Justificación económica | 7 |
| Justificación ambiental | 8 |
| Justificación personal | 8 |

CAPÍTULO I

DESCRIPCIÓN DE LA PLANTA

| | |
|--|----|
| 1.1 Generalidades | 10 |
| 1.1.1 Misión y visión..... | 10 |
| 1.2 Ubicación..... | 11 |
| 1.3 Definición de cerámica..... | 11 |
| 1.4 Materias primas e insumos | 13 |
| 1.4.1 Preparación de la masa..... | 14 |
| 1.5 Proceso productivo de cerámica Coboce..... | 18 |
| 1.5.1 Molienda de barbotina..... | 19 |

| | |
|--|----|
| 1.5.2 Proceso de atomizado..... | 20 |
| 1.5.3 Proceso de prensado | 23 |
| 1.5.4 Proceso de secado..... | 24 |
| 1.5.5 Proceso de la aplicación de engobe y esmalte en la línea..... | 25 |
| 1.5.6 Proceso de Serigrafía..... | 26 |
| 1.5.6.1 Serigrafía rotativa..... | 27 |
| 1.5.6.2 Serigrafía digital..... | 27 |
| 1.5.7 Proceso de cocción | 28 |
| 1.5.8 Proceso de selección y embalaje | 30 |
| 1.6 Manejo de materiales | 31 |
| 1.6.1 Equipos | 31 |
| 1.6.2 Instrumentos | 36 |
| 1.7 Controles del proceso cerámico en Coboce pisos y revestimientos | 37 |
| 1.7.1 Control de las características de la materia prima, liberación de arcilla..... | 37 |
| 1.7.2 Control de proceso..... | 41 |
| 1.7.2.1 Control de calidad en el sector de barbotina..... | 41 |
| 1.7.2.2 Control en el atomizado..... | 44 |
| 1.7.3 Control del producto terminado | 46 |
| 1.8 Reproceso de productos intermedios | 51 |

CAPÍTULO II

CONCEPCIÓN Y DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

| | |
|--|----|
| 2.1 Identificación del problema | 52 |
| 2.2 Descripción de alternativas técnicas de solución | 54 |
| 2.2.1 Pasos a seguir para la realización de la liberación de arcillas..... | 55 |

| | |
|---|----|
| 2.2.1.1 Muestreo de la incorporación y consumo de arcillas | 56 |
| 2.3 Diseño factorial..... | 59 |
| 2.3.1 Pasos para realizar el diseño factorial | 59 |
| 2.4 Diseño factorial por bloques | 60 |
| 2.4.1 Elección de las variables a medir: respuesta | 61 |
| 2.4.2 Identificación de las variables que influyen en el proceso: factores..... | 61 |
| 2.4.3 Identificación de los intervalos de operación para cada una de las variables de operación: niveles | 61 |
| 2.4.3.1 Presión..... | 61 |
| 2.4.3.2 Composición de la receta de la masa roja gres..... | 62 |
| 2.4.3.2.1 Incorporación de arcilla a la receta de la masa roja gres..... | 64 |
| 2.4.4 Planificación de experimentos | 64 |
| 2.4.4.1 Realización de experimentos y recolección de datos..... | 69 |
| 2.4.4.2 Resultados obtenidos del diseño de experimentos en laboratorio | 69 |
| 2. 5 Receta propuesta óptima | 80 |
| 2.6 Definición de condiciones y capacidad..... | 82 |
| 2.6.1 Condiciones y capacidad en laboratorio | 82 |
| 2.6.2 Condiciones y capacidad industrial..... | 83 |

CAPÍTULO III

BALANCE DE MATERIA Y ENERGÍA

| | |
|--|----|
| 3.1 Balance de materia | 84 |
| 3.2 Balance de materia del sector de barbotina por día | 84 |
| 3.2.1 Proceso del molino grande y molino pequeño | 84 |
| 3.2.2 Balance de materia y energía en el proceso del atomizado | 89 |

| | |
|--|----|
| 3.2.2.1 Balance de materia del proceso de atomizador | 89 |
| 3.2.2.2 Balance de energía del proceso de atomizador | 91 |

CAPÍTULO IV

ESPECIFICACIÓN DE EQUIPOS

| | |
|-------------------------------------|----|
| 4.1 Especificación de equipos | 95 |
| 4.1.1 Molino de bolas | 95 |
| 4.1.2 Atomizador | 96 |

CAPÍTULO V

ANÁLISIS ECONÓMICO

| | |
|--|-----|
| 5.1 Determinación del costo de producción | 99 |
| 5.1.1 Costo de la materia prima e insumos | 100 |
| 5.1.2 Costo de Agua | 101 |
| 5.1.3 Costo del gas natural | 102 |
| 5.1.4 Costo de energía eléctrica..... | 102 |
| 5.1.5 Costo de materiales de laboratorio | 103 |
| 5.1.6 Costo de mano de obra | 104 |
| 5.1.7 Depreciación..... | 104 |
| 5.1.8 Resumen de costos | 106 |
| 5.2 Análisis económico actual de Coboce Cerámica..... | 107 |
| 5.3 Análisis económico antes y después de realizar la optimización de la receta de la masa roja gres | 109 |

CAPÍTULO VI

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

| | |
|---------------------------|-----|
| 6.1 Conclusiones..... | 111 |
| 6.2 Recomendaciones | 112 |
| BIBLIOGRAFÍA | 114 |

ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|--|----|
| Tabla I-1 Composición de la receta de la masa roja gres..... | 14 |
| Tabla I-2 Composición química del defloculante..... | 18 |
| Tabla I-3 Rango de trabajo de la humedad para los tres tipos de arcillas usadas en el área de barbotina..... | 20 |
| Tabla I-4 Ventajas y desventajas del proceso por vía húmeda..... | 22 |
| Tabla I-5 Formato de piezas cerámicas, producidas en cerámica COBOCE..... | 23 |
| Tabla I-6 Parámetros de calidad en el proceso del prensado | 24 |
| Tabla I-7 Parámetro de control de calidad de la resistencia mecánica a la flexión en cocido de un producto terminado | 35 |
| Tabla I-8 Curva temperatura- tiempo del horno para todos los formatos..... | 35 |
| Tabla I-9 Instrumentos de laboratorio que se emplea para el control de la liberación de arcilla | 37 |
| Tabla I-10 Intensidad del corazón negro..... | 41 |
| Tabla I-11 Parámetros del control de calidad de barbotina..... | 44 |
| Tabla I-12 Parámetro de control de calidad en el proceso de atomizado | 46 |
| Tabla I-13 Parámetros de control de calidad de planalidad | 48 |
| Tabla I-14 Parámetro de control de calidad de absorción de agua producto terminado | 49 |
| Tabla I-15 Factores de resistencia mecánica a la flexión en crudo y cocido de una pieza cerámica | 50 |
| Tabla II-1 Rango de las propiedades de una pieza cerámica producto final..... | 53 |
| Tabla II-2 Promedio de los indicadores de cada uno de las arcillas..... | 54 |
| Tabla II-3 Cantidad de materia prima e insumos en cada una de las arcillas | 57 |
| Tabla II-4 Arcilla 1 con datos de sus L.S.C y L.I.C de cada indicador | 62 |

| | |
|---|----|
| Tabla II-5 Arcilla 2 con datos de sus L.S.C y L.I.C de cada indicador | 63 |
| Tabla II-6 Arcilla 3 con datos de sus L.S.C y L.I.C de cada indicador | 63 |
| Tabla II-7 Características de las propiedades de arcilla 1 (arcilla plástica) y otras arcillas fundentes..... | 64 |
| Tabla II-8 Niveles y subniveles de los factores del diseño | 65 |
| Tabla II-9 Matriz de diseño | 65 |
| Tabla II-10 Composición porcentual de las recetas propuestas | 68 |
| Tabla II-11 Indicadores de la receta actual | 69 |
| Tabla II-12 Resultados obtenidos del diseño de experimentos | 70 |
| Tabla II-13 Promedio de los resultados obtenidos en cada receta..... | 72 |
| Tabla II-14 Designación de puntaje a cada indicador | 73 |
| Tabla II- 15 Resultados de puntuación de los indicadores | 73 |
| Tabla II- 16 Recetas propuestas modificando la presión..... | 74 |
| Tabla II- 17 Resultados de las recetas propuestas modificando la presión | 75 |
| Tabla II- 18 Promedio de las mejores recetas propuestas a escala laboratorio | 76 |
| Tabla II-19 Resultados de puntuación de los indicadores de las 4 mejores recetas modificando presión | 77 |
| Tabla II-20 Prueba de t student entre la presión 18- presión 21..... | 78 |
| Tabla II-21 Prueba de t student entre la presión 21- presión 23..... | 79 |
| Tabla II-22 Prueba de t student entre la presión 18- presión 23..... | 79 |
| Tabla II-23 Receta propuesta 9..... | 80 |
| Tabla II-24 Datos de los indicadores de la prueba en laboratorio de la receta actual - receta propuesta 9 | 80 |
| Tabla II-25 Datos de los indicadores de la prueba industrial de la receta actual- receta propuesta 9 | 81 |

| | |
|---|-----|
| Tabla II-26 Datos de la curva de la temperatura comparando la receta actual con la receta propuesta 9 | 82 |
| Tabla IV-1 Condiciones operacionales del atomizador | 97 |
| Tabla IV-2 Características de las pastillas del atomizador | 98 |
| Tabla V-1 Precio de la materia prima e insumos por día de la receta actual | 100 |
| Tabla V-2 Precio de la materia prima e insumos por día de la receta propuesta | 101 |
| Tabla V-3 Precio del agua por día | 101 |
| Tabla V-4 Datos costos de servicio de SEMAPA por mes | 102 |
| Tabla V-5 Precio de materiales | 103 |
| Tabla V-6 Precio de la mano de obra..... | 104 |
| Tabla V- 7 Cálculo de la Depreciación (En \$us)..... | 105 |
| Tabla V- 8 Depreciación por año y día en Bs | 105 |
| Tabla V-9 Resumen de costos de la receta actual | 106 |
| Tabla V-10 Resumen de costos de la receta propuesta..... | 106 |
| Tabla V-11 Capacidad de producción por mes de pisos y revestimiento en cada horno | 107 |
| Tabla V-12 Análisis económico mensual en la producción de pisos y revestimiento en Coboce Cerámica Ltda..... | 108 |
| Tabla V- 13 Análisis de los costos antes y después de realizar la optimización de la receta de la masa roja gres por día..... | 109 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| Figura 1-1 Ubicación del área de estudio, departamento Cochabamba, Municipios de Cercado y Sacaba..... | 11 |
| Figura 1-2 Diagrama de aplicación cerámica, según componentes..... | 12 |
| Figura 1-3 Curva de temperatura –tiempo del horno industrial | 36 |
| Figura 1-4 Porosidad de una pieza cerámica..... | 39 |
| Figura 1-5 Identificación de materia orgánica presente en una pieza cerámica..... | 41 |
| Figura 2-1 Diagrama de los indicadores de la receta actual..... | 55 |
| Figura 2-2 Diagrama de flujo de la liberación de arcilla | 55 |
| Figura 2-3 Diseño factorial por bloque de las recetas propuestas | 66 |
| Figura 2-4 Receta actual- receta propuesta 9 | 81 |
| Figura 2-5 Curva de la temperatura de la receta propuesta 9..... | 82 |
| Figura 3-1 Balance de materia etapa barbotina | 93 |
| Figura 3-2 Diagrama de flujo del Proceso Productivo de Cerámica COBOCE..... | 94 |

ÍNDICE DE FOTOS

| | |
|---|----|
| Foto N° 1 Representación de arcilla cantera 1 perteneciente a cerámica COBOCE | 15 |
| Foto N° 2 Representación de arcilla cantera 2 perteneciente a cerámica COBOCE .. | 16 |
| Foto N° 3 Representación de arcilla cantera 3 perteneciente a cerámica COBOCE .. | 17 |
| Foto N° 4 Muestra de defloculante utilizado en la cerámica COBOCE, bolsa de 40 kilos..... | 18 |
| Foto N° 5 Molienda de barbotina..... | 19 |
| Foto N° 6 Diseño esquemático del atomizador y corona de boquillas | 21 |
| Foto N° 7 Atomizador | 21 |
| Foto N° 8 Prensado de piezas cerámicas | 23 |
| Foto N° 9 Secadero | 25 |
| Foto N° 10 Molienda de engobe y esmalte | 26 |
| Foto N° 11 Serigrafía rotativa..... | 27 |
| Foto N° 12 Ingreso de las piezas al horno | 28 |
| Foto N° 13 Horno monoestrato de rodillos | 29 |
| Foto N° 14 Tablero de control de temperatura del horno..... | 29 |
| Foto N° 15 Selección y embalaje | 31 |
| Foto N° 16 Molino utilizado en laboratorio de cerámica Coboce | 32 |
| Foto N° 17 Prensa utilizada en laboratorio de cerámica Coboce | 33 |
| Foto N° 18 Molde de prensado | 33 |
| Foto N° 19 Piezas moldeadas por la prensa en crudo y cocido | 34 |
| Foto N° 20 Máquina de ruptura que se utiliza en el laboratorio de cerámica Coboce | 34 |
| Foto N° 21 Picnómetro..... | 42 |
| Foto N° 22 Viscosímetro Copa Ford..... | 43 |

| | |
|--|----|
| Foto N° 23 Medición de residuo | 44 |
| Foto N° 24 Máquina vibratoria granulométrica..... | 45 |
| Foto N° 25 Pieza cerámica e instrumento de medición de las longitudes de pieza ... | 47 |
| Foto N° 26 Pieza cerámica que presenta desviación..... | 47 |
| Foto N° 27 Método de la medición de la planalidad..... | 48 |
| Foto N° 28 Pieza cerámica que presenta una mancha en su diseño..... | 49 |
| Foto N° 29 Flexímetro máquina para la ruptura de las piezas cerámicas | 50 |

ANEXOS

Anexo A

Datos tabulados de las liberaciones de arcillas, calculando el L.S.C y L.I.C.

Anexo B

Datos de liberaciones de arcillas-consumo de arcilla.

Anexo C

Estudio independiente de cada una de las arcillas fundentes comparando sus propiedades con la arcilla plástica.

Anexo D

Datos de las recetas propuestas para la masa roja gres.

Anexo E

Datos de las recetas propuestas para la masa roja gres modificando la presión.

Anexo F

Resultados de pruebas realizadas industrialmente de la Receta Propuesta 9

Anexo G

Certificación de las pruebas realizadas en laboratorio de control de calidad cerámica Coboce.