

UNIVERSIDAD INTERNACIONAL SEK

FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES

Trabajo de fin de carrera titulado:

**“EVALUACIÓN DEL PROCESO PRODUCTIVO DE LA PLANTA INDUSTRIAL
LADRILLERA TERRAFORTE, UBICADA EN EL SECTOR DE CALACALÍ EN EL
PERIODO 2012-2013.”**

Realizado por:

DANILO MARCELO SOLÍS GARCÍA

Directora del proyecto:

ING. ANA LUCÍA RODRÍGUEZ MACHADO.

Como requisito para la obtención del título de:

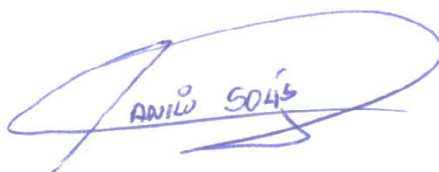
INGENIERO QUÍMICO INDUSTRIAL

Quito, 30 de Abril del 2014

DECLARACIÓN JURAMENTADA

Yo, DANILO MARCELO SOLIS GARCÍA, con cédula de identidad # 171715169-8, declaro bajo juramento que el trabajo aquí desarrollado es de mi autoría, que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que ha consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración, cedo mis derechos de propiedad intelectual correspondientes a este trabajo, a la UNIVERSIDAD INTERNACIONAL SEK, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su reglamento y por la normativa institucional vigente.

A handwritten signature in blue ink, consisting of a large, stylized loop followed by the text "DANILO SOLIS" written in a cursive script.

Danilo Marcelo Solís García

C.I.: 171715169-8

DECLARATORIA

El presente trabajo de investigación titulado:

**“EVALUACIÓN DEL PROCESO PRODUCTIVO DE LA PLANTA INDUSTRIAL
LADRILLERA TERRAFORTE, UBICADA EN EL SECTOR DE CALACALÍ EN EL
PERIODO 2012-2013.”**

Realizado por:

DANILO MARCELO SOLÍS GARCÍA

como Requisito para la Obtención del Título de:

INGENIERO QUÍMICO INDUSTRIAL

ha sido dirigido por la Profesora

ANA LUCÍA RODRÍGUEZ

quien considera que constituye un trabajo original de su autor



Ana Lucía Rodríguez

DIRECTORA

LOS PROFESORES INFORMANTES

Los Profesores Informantes:

SULY RODRÍGUEZ

KATTY CORAL

Después de revisar el trabajo presentado,
lo han calificado como apto para su defensa oral ante
el tribunal examinador



SULY RODRÍGUEZ



KATTY CORAL

Quito, 30 de Abril de 2014

DEDICATORIA

Dedico este trabajo de investigación a Dios, creo que sin él este hermoso sueño no podría ser posible, a mis padres Hugo y Nelly, que son la razón de mi vida, a ellos les debo todo lo que soy, a mis hermanos Hugo, Josué, Katty, por siempre estar a mi lado en todo momento, a mis abuelos Luis Solís, Alonso García y mamá Clarita, por siempre enseñarme a ser una mejor persona. A Leslie, quien siempre estuvo cuando más la necesité y que con una sonrisa me daba fuerzas para seguir, y a mi hermosa familia Solís-García.

AGRADECIMIENTO

Quiero expresar mis más sinceros agradecimientos a la Universidad Internacional “SEK” por haberme cobijado durante el periodo de mi formación, a la Ladrillera Terraforte por el soporte brindado y en especial al Ingeniero Marco Carrillo por confiar de mi persona para la realización de esta investigación.

También al personal de la Planta que de una a otra manera me brindaron asesoría. A mis hermanos Hugo y Katty, por sus valiosos aportes y consejos durante la realización del proyecto y en especial a mis padres Hugo y Nelly, quienes son el pilar fundamental de este hermoso sueño.

Agradecer a Leslie, por siempre estar a mi lado y ser el apoyo y sustento cuando más lo necesité.

A los miembros de mi tribunal, a las Ingenieras Anita Rodríguez, Katty Coral y Suly Rodríguez por la ayuda brindada y ser parte de este trabajo de investigación.

A todos los profesores que aportaron en mi proceso de formación, gracias por sus consejos y enseñarme a ser cada día una mejor persona y a todas aquellas personas de que una u otra forma fueron mi apoyo y que se me escapa nombrarlos pero de corazón un infinito agradecimiento.

Contenido General

DECLARACIÓN JURAMENTADA	II
DECLARATORIA.....	III
LOS PROFESORES INFORMANTES	IV
DEDICATORIA.....	V
AGRADECIMIENTO.....	VI
RESUMEN.....	XV
ABSTRACT	XVI

Contenido

I. CAPÍTULO	1
INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.	2
1.1.1 Planteamiento del problema.....	2
1.1.1.1 Diagnóstico del problema.....	2
1.1.1.2 Pronóstico.	3
1.1.1.3 Control del Pronóstico.	3
1.1.2 Sistematización del problema.	3
1.1.3 Objetivo general.....	3
1.1.4 Objetivos específicos.	4
1.1.5 Justificaciones.	4
1.2 MARCO TEÓRICO.....	4
1.2.1 Estado actual del conocimiento sobre el tema.	4
1.2.2 Adopción de una perspectiva teórica.	5

1.2.3	Marco conceptual.....	5
1.2.3.1	Origen de la cerámica en el Mundo y en el Ecuador.....	5
1.2.3.2	La arcilla.....	10
1.2.3.3	Tipos de Arcillas.....	12
1.2.3.4	Origen de la Arcilla.....	14
1.2.3.5	Composición química de la arcilla.....	18
1.2.3.6	Propiedades de la arcilla.....	25
1.2.4	Características y normativas del ladrillo en el país.....	27
1.2.4.1	Definiciones y clasificación:.....	28
1.2.4.2	Dimensiones y tolerancias de un ladrillo.....	29
1.2.4.3	Clasificación:.....	30
1.2.5	Proceso de Producción Industrial de Ladrillos.....	32
1.2.6	Estado actual de las empresas ladrilleras en el Ecuador.....	53
1.2.7	Proceso de Producción Planta ladrillera Terraforte.....	56
1.2.7.1	Ubicación de la Planta Ladrillera Terraforte.....	56
1.2.7.2	Distribución de la Planta Ladrillera Terraforte.....	57
1.2.7.3	Materias Primas.....	57
1.2.7.4	Productos terminados de la Planta Ladrillera Terraforte.....	59
1.2.7.5	Nomenclatura de Equipos y Simbología (DFP).....	61
1.2.7.6	Diagrama de procesos (PFD).....	61
1.2.7.7	Descripción del Proceso Productivo de la Planta Ladrillera Terraforte.....	61
1.2.7.8	Motores del proceso productivo de la Industria Ladrillera Terraforte.....	78
II.	CAPÍTULO	81
	METODOLOGÍA	81
2.1.	NIVEL DE ESTUDIO.....	82
2.2.	MODALIDAD DE INVESTIGACIÓN.....	82
2.3.	MÉTODO.....	82
2.4.	POBLACIÓN Y MUESTRA.....	82
2.5.	SELECCIÓN DE INSTRUMENTOS DE INVESTIGACIÓN.....	83
2.6.	VALIDEZ Y CONFIABILIDAD DE DATOS.....	84

2.7.	PROCESAMIENTO DE DATOS PARA EL BALANCE DE MASA Y DE ENERGÍA.	84
III.	CAPÍTULO	85
RESULTADOS.....		85
3.1	PROCEDIMIENTO.....	86
3.2	CANTIDAD DE PALAS QUE INGRESARON A LA TOLVA (F-110).	86
3.3	HUMEDAD DE LA ARCILLA A LA ENTRADA A LA BANDA TRASPORTADORA (J-120).	87
3.4	GRANULOMETRÍA DE LA MATERIA PRIMA EN EL PROCESO DE MOLIENDA (C-130).	87
3.5	DETERMINACIÓN DE LA CANTIDAD DE AGUA UTILIZADA EN EL PROCESO DE MEZCLADO (ME-140).	87
3.6	HUMEDAD DE LA ARCILLA A LA SALIDA DE LA MEZCLADORA (ME-140).....	88
3.7	HUMEDAD DE LA ARCILLA EN EL PROCESO DE MADURACIÓN (F-210).....	88
3.8	CANTIDAD DE PALAS QUE INGRESARON A LA TOLVA (F-220).	88
3.9	CANTIDAD DE AGUA REQUERIDA PARA EL MEZCLADO DE LA ARCILLA (ME-230).....	88
3.10	HUMEDAD DE LA ARCILLA A LA SALIDA DE LA MEZCLADORA (ME-230).....	89
3.11	PROCEDIMIENTO PARA CALCULAR LA CANTIDAD DE PÉRDIDAS DE MATERIAL DESPUÉS DE LA EXTRUCCIÓN.....	89
3.12	HUMEDAD DE LA ARCILLA A LA SALIDA DE LA EXTRUSORA (X-280).	89
3.13	DETERMINACIÓN DE LA HUMEDAD DE LA ARCILLA A LA SALIDA DEL PRE-SECADO (P-350). 90	
3.14	HUMEDAD DE LA ARCILLA A LA SALIDA DEL SECADO (B-360).	90
3.15	DATOS EXPERIMENTALES.	90
3.16	DATOS ADICIONALES PARA LA REALIZACIÓN DEL BALANCE DE MATERIA.....	113
3.17	CÁLCULOS TIPOS PARA EL BALANCE DE MATERIA.....	113
3.18	CONSUMO ENERGÉTICO DE LA PLANTA LADRILLERA TERRAFORTE.....	118
3.19	DATOS ADICIONALES PARA LA REALIZACIÓN DEL BALANCE DE ENERGÍA.	119
3.20	RESULTADO DEL PODER CALORÍFICO DEL GAS NATURAL.....	138
3.21	RESULTADOS DE LA COMBUSTIÓN EN EL HORNO.	139
3.22	RESULTADOS DE LOS GASES DE COMBUSTIÓN EN EL HORNO.	139
3.23	RESULTADOS DE CÁLCULOS ESTEQUIOMÉTRICOS: AIRE REAL, AIRE EN EXCESO, OXÍGENO EN EXCESO Y LA RELACIÓN AIRE/COMBUSTIBLE EN EL HORNO.....	140

3.24	RESULTADOS DEL CÁLCULO DE ENERGÍA REQUERIDA EN EL HORNO.....	140
3.25	RESULTADOS DE LA TEMPERATURA DE COMBUSTIÓN ADIABÁTICA.....	140
3.26	RESULTADOS DEL FLUJO DE AIRE QUE INGresa AL HORNO.....	141
3.27	OBSERVACIONES REALIZADAS EN CADA PROCESO DE PRODUCCIÓN DE LA PLANTA TERRAFORTE.	141
IV.	CAPITULO.....	145
	DISCUSIÓN.....	145
4.1	DISCUSIÓN.....	146
4.2	CONCLUSIONES.....	149
4.3	RECOMENDACIONES	151
	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.	153

Índice de Figuras

Figura 1: Arcilla, Autor	12
Figura 2: Feldespato puro. (Fernandéz, 2000).	16
Figura 3: Granito alterado. (Fernandéz, 2000).	17
Figura 4: Composición química para dos muestras analizadas. (Fernandéz, 2000).	18
Figura 5: Diagrama de bloques de fabricación de ladrillos. (Casado, 2010).	33
Figura 6: Diagrama esquemático de la Fabricación de Ladrillos. (The Brick Industry, 2006).	34
Figura 7: Equipo Desintegrador. (Casado, 2010).	37
Figura 8: Molino de martillos. (Fernandéz, 2000)	39
Figura 9: Mezclador amasador de cuba abierta. (Fernandéz, 2000)	40
Figura 10: Extrusora (Fernandéz, 2000).	43
Figura 11: Amasadora Extrusora. (Fernandéz, 2000).	43
Figura 12: Componentes de la vagoneta. (Fernandéz, 2000).	48
Figura 13: Ubicación de la Planta Ladrillera Terraforte. Recuperado de (Google, 2013)	57
Figura 14: (A) Recepción de la arcilla roja. (B) Recepción del caolín o arcilla blanca. (Autor). ..	63
Figura 15: Formulación de las materias primas en un cajón dosificador. (Autor).	64

Figura 16: Molino de martillos. (Autor).....	65
Figura 17: Mezcladora (Autor).....	66
Figura 18: Maduración o Pudrimiento de la arcilla. (Autor).....	67
Figura 19: Incorporación del material al proceso de dosificación. (Autor).	67
Figura 20: (A) Mezcladora de tornillos giratorios. (B) Mazos trituradores. (Autor).	68
Figura 21: Mezclador doble tornillos sin fin. (Autor).	69
Figura 22: Laminador. (Autor).....	70
Figura 23: Extrusora al vacío. (Autor).	71
Figura 24: Maquina cortadora. (Autor)	72
Figura 25: (A) Presecado. (B) Ventilación en el Presecado. (Autor).....	73
Figura 26: Secador Túnel. (Autor).	74
Figura 27: Horno túnel.	77
Figura 28: Balance de masa de la corriente 23. (Autor).....	116
Figura 29: Balance de masa del horno Q-370. (Autor).	117
Figura 30: Zonas del horno para obtener el calor latente. (Autor).	133
Figura 31: Cálculo para el calor requerido en el Secado. (Autor).....	135
Figura 32: Cálculo de energía requerida en el Pre Secado. (Autor).....	137

Índice de Tablas.

Tabla 1: Composición media de las rocas ígneas hasta los 16km (Fernandéz, 2000).	15
Tabla 2: Minerales constituyentes de la corteza terrestre. (Fernandéz, 2000).	16
Tabla 3: Cálculo de porcentaje teórico de una arcilla pura. (Fernandéz, 2000).	19
Tabla 4: Características físicas y mecánicas para muestras analizadas. (Fernandéz, 2000).	19
Tabla 5: Características físicas y mecánicas para muestras analizadas. (INEN, 293, 1997).	29
Tabla 6: Requisitos que deben cumplir los ladrillos cerámicos. (INEN, 297, 1997)	31
Tabla 7: Relaciones de longitud en un horno túnel (Avgustinik, 1983)	52
Tabla 8: Demanda histórica del ladrillo (1998-2000).	55
Tabla 9: Coordenadas de la Planta Ladrillera Terraforte. (Google, 2013).....	56
Tabla 10: Productos terminados en la planta ladrillera Terraforte. (Autor).	60

Tabla 11: Motores de operación de los equipos de la Planta Ladrillera Terraforte. (Autor).	78
Tabla 12: Características de los equipos de la Planta Ladrillera Terraforte (Nomenclatura, Condiciones de operación, Marca, Capacidad de los equipos y operación unitaria). (Autor)	79
Tabla 13: Cantidad de materia prima que ingresa a la tolva F-110. (Autor).....	90
Tabla 14: Granulometría obtenida en el proceso C-130. (Autor).	91
Tabla 15: Caudal obtenido en el proceso ME-140. (Autor).	92
Tabla 16: Humedad de arcilla a la entrada de la banda transportadora J-120. (Autor).	93
Tabla 17: Humedad de la arcilla a la salida del proceso ME-140. (Autor).	95
Tabla 18: Humedad de la arcilla en el proceso F-210. (Autor).	96
Tabla 19: Cantidad de materia prima que ingreso al proceso F-220. (Autor).	97
Tabla 20: Caudal del proceso ME-230 (Autor).	98
Tabla 21: Humedad de la arcilla a la salida del proceso ME-230. (Autor).	99
Tabla 22: Humedad de la arcilla a la salida del proceso X-280. (Autor).	100
Tabla 23: Material defectuoso o caído, cortado o rechazo. (Autor).	101
Tabla 24: Producto que se fabricó al día. (Autor).	102
Tabla 25: Humedad en el proceso P-350. (Autor).	103
Tabla 26: Humedad en el proceso B-360. (Autor).	104
Tabla 27: Resultado de datos estadísticos de la cantidad de arcilla roja que ingresa a la tolva F-110. (Autor).	105
Tabla 28: Resultado de datos estadísticos de la cantidad de caolín que ingresa a la tova F-110. (Autor).	106
Tabla 29: Resultados de datos estadísticos de la cantidad de material de reproceso que ingresa a la tolva F-110. (Autor).	106
Tabla 30: Resultados de datos estadísticos de la materia prima que ingresa a la tolva F-110. (Autor).	106
Tabla 31: Humedad de la arcilla a la entrada de la banda transportadora J-120. (Autor).	107
Tabla 32: Resultados estadísticos de la granulometría en C-130. (Autor).	108
Tabla 33: Resultados estadísticos del caudal de mezclado ME-140. (Autor).	108
Tabla 34: Resultados estadísticos de la humedad a la salida de la mezcladora ME-140. (Autor).	109
Tabla 35: Humedad de la arcilla en el proceso de maduración F-210. (Autor).	109

Tabla 36: Resultados estadísticos del caudal del mezclado ME-230. (Autor).....	110
Tabla 37: Resultados estadísticos de la humedad a la salida de ME-230. (Autor).	110
Tabla 38: Resultados estadísticos de la humedad a la salida de la extrusora X-280. (Autor).....	111
Tabla 39: Resultados estadísticos del material caído o de rechazo J-340. (Autor).	111
Tabla 40: Resultados estadísticos de la humedad a la salida del Pre Secado P-350. (Autor).	112
Tabla 41: Resultados estadísticos de la humedad a la salida de B-360. (Autor).....	112
Tabla 42: Datos adicionales para el balance de masa. (Perry, 1998).	113
Tabla 43: Composición natural del gas. (Petroamazonas, 2014).	119
Tabla 44: Poder Calorífico de los componentes del Gas Natural. (Hysis, 2006)	119
Tabla 45: Datos adicionales de la composición del gas a 250 psig y 19.6°C (Hysis, 2006).....	123
Tabla 46: Datos adicionales de la composición del gas a condiciones normales. (Hysis, 2006).	125
Tabla 47: Entalpía de formación. (Hysis, 2006).	129
Tabla 48: Datos adicionales para el cálculo de Flujo de aire que ingresa al horno. (Autor).....	130
Tabla 49: Datos adicionales para el cálculo de T ₂ . (Autor) (Hysis, 2006)	133
Tabla 50: Datos adicionales <i>C_p aire</i> a 25°C y 1 atm. (Hysis, 2006).....	134
Tabla 51: Datos adicionales para T ₆ en el Secado. (Hysis, 2006)	136
Tabla 52: Datos adicionales para T ₉ . (Hysis, 2006).....	137
Tabla 53: Poder Calorífico del Gas Natural. (Autor).	138
Tabla 54: Combustión en el horno. (Autor).	139
Tabla 55: Gases de combustión del horno. (Autor).....	139
Tabla 56: Resultados estequiométricos en el horno. (Autor).	140
Tabla 57: Energía requerida en el horno. (Autor).	140
Tabla 58: Temperatura de Combustión Adiabática. (Autor).....	140
Tabla 59: Flujo de aire que ingresa al horno. (Autor).	141

Índice de Anexos.

Anexos.....	156
Anexo 1. Distribución de la planta ladrillera terraforte trr-003. (terraforte).....	157

Anexo 2. Nomenclatura de equipos trr-002. (autor)	158
Anexo 3. Diagrama de procesos trr-001. (autor).....	159
Anexo 4. Resultados del balance de materia de la industria ladrillera terraforte. (autor)	162
Anexo 5. Características de diseño del molino de martillos. (ulrich, 1992).	163
Anexo 6. Características de diseño del amasador. (ulrich, 1992).	166
Anexo 7. Características de diseño del extrusor. (ulrich, 1992).....	168
Anexo 8. Características de diseño de la mazaladora. (ulrich, 1992).	170
Anexo 9. Características de diseño de la mezcladora. (ulrich, 1992).	172

“Evaluación del Proceso Productivo de la Planta Industrial Ladrillera Terraforte, Ubicada en el Sector de Calacalí en el Periodo 2012-2013”

Solís García, Danilo Marcelo

Estudiante de la Facultad de Ciencias Ambientales.

Universidad Internacional SEK.

Correo electrónico: danilo_solis18@hotmail.com

RESUMEN

Se realizó la evaluación y desempeño del proceso productivo de la Planta Ladrillera Industrial Terraforte durante el período 2012-2013, mediante una investigación y relevamiento de información en campo. Se tomó muestras de material a la entrada y salida de cada uno de los equipos de proceso y se realizó ensayos en el laboratorio de: humedad y granulometría, además se obtuvo los datos de las condiciones de operación de los diferentes procesos, tales como: flujo másico, flujo volumétrico, temperatura y presión. Se procedió a realizar un análisis estadístico de los datos obtenidos. Con esta información se elaboró el diagrama de flujo de procesos y el balance de masa de la Planta Ladrillera Terraforte. Conjuntamente, se realizó un estudio energético de las unidades de pre-secado, secado y horno túnel.

La Planta Ladrillera Terraforte tiene un rendimiento en la producción del 72%, el consumo energético de los equipos es de 3.442 Kw-h/día y la relación aire –combustible real del horno es de 6,2.

PALABRAS CLAVES: PLANTA LADRILLERA // ELABORACIÓN DE LADRILLOS // COMBUSTIÓN // BALANCE DE MATERIA Y ENERGÍA // EVALUACIÓN DE UN HORNO.

“Assessment of the production process of the plant Terraforte brickyard, located in the sector Calacalí in the period 2012-2013”

ABSTRACT

Mass flow, amount of material: an evaluation of the Production Process Plant Bricked Terraforte, located in Sector Calacalí in the period 2012-2013, for which a field and laboratory investigation of process variables as performed was conducted waste, humidity and particle size. A data from a statistical analysis in order to have a higher reliability of these was performed. The set of data we proceeded to perform the mass balance and process energy manufacturing plant Terraforte in which the energy performance of the equipment, amount of energy required in the pre-drying, drying and firing, air / fuel in the furnace and the bottleneck presented by the plant during the production process of ceramic ratio was determined.

As a result of the evaluation concluded that the plant has an efficiency of 70% in addition to the cooking process is complete in combustion.

KEY WORDS: BRICKED FLOOR // PROCESSING BRICK // COMBUSTION // BALANCE OF MATTER AND ENERGY // EVALUATION OF A FURNACE.

I. CAPÍTULO

INTRODUCCIÓN

1.1 El problema de investigación.

1.1.1 Planteamiento del problema.

1.1.1.1 Diagnóstico del problema.

La fabricación de cerámicas es una de las industrias más antiguas en el mundo. A través del tiempo, las técnicas y procesos de producción han ido evolucionando. En el Ecuador, gran parte de las empresas dedicadas a esta labor lo han realizado de una manera artesanal.

Los requerimientos técnicos y ambientales en cuanto a la manufactura de productos cerámicos, crean la necesidad de realizar un análisis del proceso productivo, un control de calidad de la materia prima y del producto terminado, además de los residuos generados, con el fin de optimizar y aprovechar los recursos en la elaboración de dichos productos.

Por esta razón y considerando lo antes mencionado, se plantea la evaluación del proceso productivo de la Planta Industrial ladrillera Terraforte ubicada en el Sector de Calacalí, con lo cual se pretende identificar las etapas del proceso que requerirán una mayor atención y seguimiento, y así poder generar beneficios en todos los niveles, aumentando la calidad de los productos y optimizando los procesos, logrando así preparar a la empresa para su participación en los mercados nacionales e internacionales con cantidad y calidad de productos. Además, esto servirá como base para implementar un Sistema de Gestión de Calidad que permita planear, controlar y mejorar de una manera más organizada la elaboración de los productos.

EVALUACIÓN DEL PROCESO PRODUCTIVO DE LA PLANTA INDUSTRIAL LADRILLERA TERRAFORTE UBICADA EN EL SECTOR DE CALACALÍ EN EL PERIODO 2012-2013.

El inadecuado control del proceso de producción, de los equipos y de la materia prima, ocasiona que el producto terminado no posea características y propiedades físico-químicas similares, además de generar una gran cantidad de residuos, lo que conlleva a pérdidas económicas y de tiempo.

1.1.1.2 Pronóstico.

Al no desarrollarse una evaluación y análisis del proceso productivo de la planta, los productos terminados no podrán ajustarse a los estándares de calidad establecidos en las normativas, se generará gran cantidad de desechos, de tiempos muertos y las pérdidas económicas se incrementarán, poniendo en riesgo la existencia de la empresa.

1.1.1.3 Control del Pronóstico.

Es necesario realizar un balance de materia y energía del proceso de producción, analizar las condiciones operativas de la planta, materia prima e insumos que son necesarios en el proceso. Además, se requiere identificar en donde se localizan los cuellos de botella que retrasan la producción.

1.1.2 Sistematización del problema.

- ¿Cuáles son las condiciones de operación y los parámetros que afectan al proceso?
- ¿Qué cantidad de materia e insumos se utiliza en el proceso?
- ¿Cuánta energía consume toda la manufactura de los cerámicos?
- ¿Cuáles son los procesos donde existen cuellos de botella?
- ¿Qué cantidad de residuos se generan y como se podrían reutilizarlos?
- ¿Qué etapas y operaciones del proceso se necesitan mejorar?

1.1.3 Objetivo general.

Evaluar y analizar el proceso productivo de la Planta de Cerámicas Terraforte.

EVALUACIÓN DEL PROCESO PRODUCTIVO DE LA PLANTA INDUSTRIAL LADRILLERA
TERRAFORTE UBICADA EN EL SECTOR DE CALACALÍ EN EL PERIODO 2012-2013.

1.1.4 Objetivos específicos.

- Realizar un balance de masa y energía del proceso de producción de cerámicas.
- Identificar las condiciones y parámetros de operación de la planta.
- Determinar las etapas en donde se localizan los tiempos muertos del proceso productivo.
- Analizar las características de la materia prima y productos terminados.

1.1.5 Justificaciones.

El trabajo a realizarse servirá para tener una noción de los cambios y mejoras que se deberán efectuar en el proceso de producción de la planta industrial ladrillera Terraforte, para que los productos terminados cumplan con los estándares establecidos en las normativas, de tal forma que se pueda ofrecer un producto de calidad que satisfaga los requerimientos del mercado.

1.2 Marco Teórico.

1.2.1 Estado actual del conocimiento sobre el tema.

- Toctaquiza O. (2008). Optimización del Proceso de Cocción en la Producción de Ladrillos de Cerámica Roja en el Cantón Chambo. (Proyecto de fin de carrera), Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba.
- Vásquez N., Producción y comercialización de Ladrillo Prensado, (Proyecto de fin de carrera), Universidad Tecnológica Equinoccial, Quito.
- García D. (2002). Ladrillos a Escala Industrial, (Proyecto de fin de carrera), Escuela Superior Politécnica del Litoral, Guayaquil.

En las fuentes consultadas, se analizaron los principales lineamientos teóricos en los siguientes aspectos:

EVALUACIÓN DEL PROCESO PRODUCTIVO DE LA PLANTA INDUSTRIAL LADRILLERA TERRAFORTE UBICADA EN EL SECTOR DE CALACALÍ EN EL PERIODO 2012-2013.

- Situación actual de la industria ladrillera en el Ecuador.
- Diseño y construcción de una planta de producción de ladrillos.
- Análisis y ensayos de la materia prima utilizada en el proceso.
- Tecnologías de producción del ladrillo de arcilla roja.
- Proceso de elaboración de ladrillos.
- Eficiencia energética de la producción de ladrillos.

1.2.2 Adopción de una perspectiva teórica.

Luego de la revisión crítica de los trabajos analizados, se decide encaminar la presente investigación utilizando los conceptos básicos de la Ingeniería Química para la elaboración de balances de masa y energía. Además de utilizar las ecuaciones de diseño de cada operación unitaria para la evaluación del funcionamiento de los equipos de la planta de producción Ladrillera Terraforte.

1.2.3 Marco conceptual.

1.2.3.1 Origen de la cerámica en el Mundo y en el Ecuador.

Los materiales cerámicos comprenden todos aquellos productos de ingeniería que son químicamente inorgánicos, excepto a los metales y a las aleaciones metálicas, que por lo general se hacen útiles a través de un procesamiento a alta temperatura. (Austin, 1990)

La fabricación de cerámica es una de las industrias más antiguas. Se han encontrado recipientes de arcilla quemados que datan de más o menos 15.000 años A. de C. y en Egipto 10 siglos después ya era una industria bien desarrollada. (Austin, 1990)

La industria cerámica tradicional, llamada a veces productos de arcilla o roca silicatadas, tiene, como materiales terminados, una gran variedad de productos que esencialmente son silicatos. En años recientes, se han desarrollado nuevos productos

EVALUACIÓN DEL PROCESO PRODUCTIVO DE LA PLANTA INDUSTRIAL LADRILLERA TERRAFORTE UBICADA EN EL SECTOR DE CALACALÍ EN EL PERIODO 2012-2013.

como resultado de la demanda de materiales que resistan temperaturas más altas, presiones mayores, que tengan propiedades mecánicas superiores, que posean características eléctricas especiales o que puedan proteger contra agentes químicos corrosivos. (Austin, 1990)

Según (Austin, 1990) la clasificación de los productos cerámicos son:

- Productos cerámicos: porcelanas chinas, loza de barro, objetos de alfarería, porcelana, vajillas de gres y objetos vítreos.
- Productos estructurales de arcilla: ladrillos para construcción, ladrillos de fachada, terracota, tubería de drenaje y tejas de escurrimiento.
- Materiales refractarios: ladrillos refractarios, ladrillos de sílice, cromita, magnesita, cromita-magnesita, carburo de silicio y refractarios de zirconio, silicato de aluminio, y productos de alúmina.
- Productos cerámicos especializados.
- Esmaltes y metales esmaltados.

(Angüisaca, 2009) explica, que la humanidad siempre se ha visto en la necesidad de construir edificaciones, con el fin de protegerse del clima, de enfermedades, de sus enemigos, de la guerra, y para ello poco a poco ha ido mejorando sus construcciones. Desde tiempos antes de Cristo, ya se construía edificaciones utilizando como materia prima la arcilla para fabricar adobes, y con ellos construir edificaciones, monumentos, muros etc.

El ladrillo hizo su aparición, en la antigüedad, en todos aquellos países donde faltaba la piedra y abundaba la arcilla. (Reverte, 1972).

EVALUACIÓN DEL PROCESO PRODUCTIVO DE LA PLANTA INDUSTRIAL LADRILLERA
TERRAFORTE UBICADA EN EL SECTOR DE CALACALÍ EN EL PERIODO 2012-2013.

Los ladrillos de la remota antigüedad estaban hechos a base de una pasta de arcilla, secada al sol, en la que entraban proporciones más o menos grandes de arena y paja, que constituían, por decirlo así, la estructura de la masa; también se obtuvieron ladrillos a base de pasta cocida al fuego. (Reverte, 1972).

Los egipcios se distinguieron notablemente en la elaboración de ladrillos en las formas y aspectos más variados. Mucho antes de Jesucristo, se habían moldeado piezas y adornos de arcilla esmaltada, para revestimientos, así como baldosas para pisos; es decir, los artículos finos a los que hoy se dedica un sector importante de la industria cerámica. (Reverte, 1972).

Actualmente, el ladrillo interviene en todas las construcciones, por los mismos motivos que antaño. Y, a pesar de los progresos hechos en la industria de la piedra artificial y de la pintura, se le ve en los paramentos exteriores de gran número de edificios modernos, algunos de los cuales constituyen un alarde en su género. (Reverte, 1972).

No puede dejar de llamar la atención que con elementos tan comunes como la tierra, el agua, el aire (para el secado) y el fuego (para la cocción) el hombre logró fabricar un material de construcción que, con muy pocas variantes tecnológicas, sigue manteniendo plena vigencia y demanda hasta nuestros días. (Bianucci, 2009).

En el Ecuador, los más remotos orígenes de la cerámica han sido hallados en la cultura Valdivia, en la costa del Pacífico y a la cual se le asigna una edad de 4.835 años antes de nuestra era. Dicha cerámica, con predominio de pequeñas figuras femeninas llamadas “Venus de Valdivia”. (Nuñez, 1994).

Actualmente solo existen restos de piezas cerámicas, las mismas que han ayudado a estudiar a culturas muy importantes en nuestro país como son la Valdivia,

EVALUACIÓN DEL PROCESO PRODUCTIVO DE LA PLANTA INDUSTRIAL LADRILLERA TERRAFORTE UBICADA EN EL SECTOR DE CALACALÍ EN EL PERIODO 2012-2013.

Machalilla, Chorrera, Tolita, Daule, Tejar, Jama-Coque, Guangalá y Jambelí en la Costa, y Panzaleo de la Sierra. (Alcocer & Gachet, 2007).

Con la llegada de los españoles, la cerámica adquirió otra connotación, se introdujeron nuevos objetos para nuevos usos, de igual manera se introdujeron nuevas técnicas de fabricación y acabados, podemos decir que se dio una especie de mestizaje. (Alcocer & Gachet, 2007).

A nivel industrial la cerámica en el Ecuador, según datos obtenidos por el Ministerio de Comercio Exterior, Industrialización, Pesca y Competitividad, en la década de los años cuarenta surge el intento de formar el primer taller para fabricar cerámicas. Este taller tomo el nombre de “La Mayólica de Quito”, pero no fue hasta los años 50, que en la ciudad de Riobamba se crea Cernac (Cerámica Nacional), originaria de la actual C.A. Ecuatoriana de Cerámica. En la provincia de Azuay se funda a fines de los años cincuenta Cermos (Cerámica Moderna C.A). Estas industrias fabrican una gran cantidad de objetos utilitarios y decorativos como gres para pisos, vajillas, porcelana industrial. (Alcocer & Gachet, 2007)

Según (Alcocer & Gachet, 2007) las fábricas con mayor número de ventas son las dedicadas a la producción de vajillas y materiales para pisos paredes acabados interiores y exteriores, como son:

- Cerámica Andina ubicada en Cuenca, que posee productos como: vajillas, jarros, set especiales.
- Ecuatoriana de Cerámica ubicada en Riobamba, la cual fabrica artículos para construcción: losetas, tejas, azulejos y otros de cerámica refractaria.

EVALUACIÓN DEL PROCESO PRODUCTIVO DE LA PLANTA INDUSTRIAL LADRILLERA TERRAFORTE UBICADA EN EL SECTOR DE CALACALÍ EN EL PERIODO 2012-2013.

- Itaipisos ubicada en Guayaquil, posee productos como: baldosas y pisos para interiores y exteriores.
- Edesa ubicada en Quito, fabricantes de productos para baño.
- Artesa ubicada en Cuenca, fabricantes de productos utilitarios y ornamentales.
- Yapacunchi ubicada en Loja, son fabricantes de productos ornamentales.

En la actualidad se puede destacar al Austro como la región donde más se trabaja la cerámica industrializada. De esta manera se puede ver como se ha alcanzado un nivel muy alto en cuanto a calidad y diseño de la cerámica a nivel industrial en el Ecuador. Sin embargo, este desarrollo se encuentra en una zona del país, dejando muy marcada la diferencia con respecto al resto de la patria. (Alcocer & Gachet, 2007).

Actualmente se estima que a nivel industrial la cerámica genera alrededor de 900 a 1000 plazas de trabajo directo. A nivel de talleres y artesanos se estima que trabajan entre 5.000 y 7.000 personas. (Alcocer & Gachet, 2007).

La fabricación de ladrillo es una actividad productiva que, además de dar sustento a miles de familias en el Ecuador, genera un insumo básico para la industria de la construcción.

La forma de fabricar ladrillos varía de un país a otro, dependiendo principalmente del legado cultural y de su economía. En Ecuador, la fabricación de ladrillos sigue siendo principalmente un método artesanal, teniendo como principales desventajas la contaminación atmosférica, el uso irracional del suelo y la falta de eficiencia térmica. (Flores, 2000)

En el Ecuador existe una población grande que trabaja como pequeños artesanos en diferentes áreas: cerámica, tagua, bisutería, sombreros, etc. El concepto artesanía se

EVALUACIÓN DEL PROCESO PRODUCTIVO DE LA PLANTA INDUSTRIAL LADRILLERA TERRAFORTE UBICADA EN EL SECTOR DE CALACALÍ EN EL PERIODO 2012-2013.

funde con el de "arte popular", entendido como aquel conjunto de actividades productoras, de carácter esencialmente manual, realizadas por un solo individuo, un grupo o una unidad familiar y transmitidas por tradición de padres a hijos. La actividad artesanal forma parte de las redes sociales, económicas y culturales del medio rural, de las zonas populares de las ciudades y desde luego de las etnias indígenas originarias de nuestro país. Esta actividad se realiza al interior de una economía mayoritariamente doméstica y básicamente de autoconsumo y da trabajo a unas 200.000 familias. (Cun, 2010).

En nuestro país existen pocas industrias ladrilleras que cuenten con normativas de calidad, que satisfagan los requerimientos de los consumidores en cuanto a calidad, seguridad y producción continua. La Industria Ladrillera Nacional, es la empresa que más se ha destacado en el área, cuenta con cuatro líneas de productos: Tejas, pisos, ladrillos y línea estructural.

La mayoría de empresas ladrilleras de micro y pequeño tamaño distribuidas a nivel nacional utilizan técnicas artesanales, presentan un alto grado de informalidad para la fabricación de sus productos. Emplean como combustible casi cualquier material que pueda ser quemado, produciendo agentes contaminantes por las emisiones como: SO₂, SO₃, NO_x, CO, CO₂, carecen de tecnología apropiada, no hay una dosificación de la materia prima, los productos así elaborados difícilmente pueden cumplir los estándares de calidad establecidos. (Flores, 2000)

1.2.3.2 La arcilla.

La arcilla está constituida por agregados de silicatos de aluminio hidratados, procedente de la descomposición de minerales de aluminio. Presenta diversas coloraciones según las impurezas que contiene, siendo blanca cuando es pura. Surge de la

EVALUACIÓN DEL PROCESO PRODUCTIVO DE LA PLANTA INDUSTRIAL LADRILLERA
TERRAFORTE UBICADA EN EL SECTOR DE CALACALÍ EN EL PERIODO 2012-2013.

descomposición de rocas que contienen feldespato, originada en un proceso natural que dura decenas de miles de años. (Alcocer & Gachet, 2007).

Físicamente se considera un coloide, de partículas extremadamente pequeñas y superficie lisa. El diámetro de las partículas de la arcilla es inferior a 0,002 mm. En la fracción textural arcilla puede haber partículas no minerales, los fitolitos.

Químicamente es un silicato hidratado de alúmina, cuya fórmula es:

Ecuación 1: Alúmina



Desde el punto de vista cerámico, la arcilla es conceptuada como la materia prima natural que al ser mezclada con agua se convierte en una pasta plástica, y al momento de ser sometida al calor, se convierte en un material duro similar a una roca. (Alcocer & Gachet, 2007).

Se considera arcilla a todas las fracciones terreas con un tamaño de grano inferior a dos milímetros. Las arcillas contienen, a su vez, mezclas de materiales orgánicos y minerales no arcillosos. En general, el término “material arcilloso” se considera como aquel que se encuentra compuesto de grano fino. Los colores de la arcilla antes de la cocción pueden variar del blanco al gris. (Alcocer & Gachet, 2007).

Figura 1: Arcilla, Autor



1.2.3.3 Tipos de Arcillas.

Las arcillas se pueden clasificar de distintas maneras según su color, plasticidad, fusibilidad y de cómo se encuentren en la naturaleza.

En la naturaleza existen dos tipos de arcilla, las primarias y las secundarias.

- **Primarias:** Por su ubicación, esas no han sido trasladadas por factores ambientales como el agua, viento o el glaciar. Estas arcillas poseen un grano más grueso, son puras sin embargo menos plásticas. Poseen un color blanco debido a que están libres de contaminantes y no se ven afectadas por otros factores extremos. (Alcocer & Gachet, 2007).
- **Secundarias:** Estas arcillas, a diferencia de las primarias, si se han visto afectadas por factores extremos que las han transportado de su lugar origen hacia otros lugares donde se han mezclado con diferentes materiales naturales y otras contaminaciones que han hecho que sea menos pura , sin embargo también le han otorgado cierta plasticidad. (Alcocer & Gachet, 2007)

EVALUACIÓN DEL PROCESO PRODUCTIVO DE LA PLANTA INDUSTRIAL LADRILLERA TERRAFORTE UBICADA EN EL SECTOR DE CALACALÍ EN EL PERIODO 2012-2013.

- Arcillas Antiplásticas: estas arcillas al contacto con el agua no generan una pasta moldeable, ya que en su estructura son inertes, y al ser sometidas a altas temperaturas, se funden con facilidad. (Alcocer & Gachet, 2007).

El grado de cocción o de fusibilidad de la arcilla hace que esta se clasifique en dos tipos:

- Arcillas Refractarias: estas tienen la capacidad de ser sometidas a temperatura desde los 1.600°C hasta 1750°C . Estas arcillas generalmente se presentan en color blanco y gris. Al momento de la cocción pierden su tonalidad. (Alcocer & Gachet, 2007).
- Fusibles o Arcillas de Alfarería: estas arcillas son resistentes a temperaturas por encima de los 1100°C , poseen colores ocre, castaño o amarillo, suelen contener illita, caliza, óxido de hierro y otras impurezas. Este tipo de arcillas son mayormente encontradas en las superficies de los suelos. (Alcocer & Gachet, 2007)

Por último la clasificación de las arcillas se da por su color y su porosidad y se dividen en:

- Arcillas Fusibles: son resistentes a temperaturas de 850°C a 1.100°C , son pastas porosas blancas, mayólicas finas, las cuales pueden ser empleadas para usos sanitarios y productos refractarios. (Alcocer & Gachet, 2007).
- Arcillas Refractarias: son resistentes a temperaturas de 1.000°C a 1.150°C , son pastas impermeables coloreadas, para la utilización de gres común. (Alcocer & Gachet, 2007).

EVALUACIÓN DEL PROCESO PRODUCTIVO DE LA PLANTA INDUSTRIAL LADRILLERA TERRAFORTE UBICADA EN EL SECTOR DE CALACALÍ EN EL PERIODO 2012-2013.

- Arcillas Vitrificales: son resistentes a temperaturas de 110°C a 1.350°C, son pastas impermeables blancas, porcelanas duras, tiernas, china vidriada. (Alcocer & Gachet, 2007).

1.2.3.4 Origen de la Arcilla.

En su origen, hace unos 4.600 millones de años, la tierra era una masa incandescente de materiales en fusión. Los materiales más pesados, como el níquel (densidad 8,9 g/cm³) y el hierro (densidad 7,8 g/cm³), se fueron hundiendo hacia el interior de las capas más profundas; mientras que los más ligeros, como el silicio (densidad 2,42 g/cm³) y el aluminio (densidad 2,7 g/cm³), se fueron concentrando en las capas más superficiales. Este proceso dio lugar a la formación de una serie de capas o estratos de composición bastante uniforme dentro de la misma capa. (Fernandéz, 2000)

Hace unos 3.800 millones de años, la capa superficial comenzó a solidificarse formando una especie de islotes o "escudos" que constituyen el núcleo de los continentes actuales. A medida que transcurrió el tiempo, dichos escudos se fueron haciendo más extensos hasta llegar a constituir la actual corteza terrestre. Este proceso duró unos 1.000 millones de años. (Fernandéz, 2000).

La composición de la corteza terrestre primitiva era uniforme en toda la superficie del globo. La variedad que caracteriza a la superficie terrestre actual ha sido la consecuencia de cambios posteriores. Sin embargo, estos cambios han afectado sólo a la superficie, de tal forma que, a partir de una cierta profundidad, la corteza terrestre es uniforme y está constituida por una capa de basalto (roca ígnea formada por enfriamiento del magma). (Fernandéz, 2000)

EVALUACIÓN DEL PROCESO PRODUCTIVO DE LA PLANTA INDUSTRIAL LADRILLERA TERRAFORTE UBICADA EN EL SECTOR DE CALACALÍ EN EL PERIODO 2012-2013.

La composición media de todas las rocas ígneas hasta los 16 km., es aproximadamente la siguiente:

Tabla 1: Composición media de las rocas ígneas hasta los 16km (Fernandéz, 2000).

Composición media de las rocas ígneas.	
Mineral	Porcentaje (%)
SiO ₂	59,14%
Al ₂ O ₃	15,34%
Fe ₂ O ₃	6,88%
CaO	5,08%
Na ₂ O	3,84%
MgO	3,49%
K ₂ O	3,13%
H ₂ O	1,15%
TiO ₂	1,05%
Varios	0,90%
Total	100,00%

Este análisis pone en evidencia la pequeña cantidad de óxidos que forman la corteza terrestre.

Solamente la sílice y la alúmina representan el 75% de la corteza terrestre. Estos dos óxidos son también los constituyentes básicos de la arcilla. El predominio de muy

EVALUACIÓN DEL PROCESO PRODUCTIVO DE LA PLANTA INDUSTRIAL LADRILLERA
TERRAFORTE UBICADA EN EL SECTOR DE CALACALÍ EN EL PERIODO 2012-2013.

pocos óxidos ha dado como consecuencia el que sólo unos pocos minerales constituyan más del 90% de la corteza terrestre. (Fernandéz, 2000).

Estos minerales son los siguientes:

Tabla 2: Minerales constituyentes de la corteza terrestre. (Fernandéz, 2000).

Minerales constituyentes de la corteza terrestre.	
Mineral	Porcentaje (%)
Feldespato	59,50%
Grupo Hierro Magnesio	16,80%
Cuarzo	12,00%
Mica	3,80%
Titanio	1,50%
Varios	6,50%
Total	100,00%

El feldespato es de lejos el mineral más abundante de la corteza terrestre.

Figura 2: Feldespato puro. (Fernandéz, 2000).



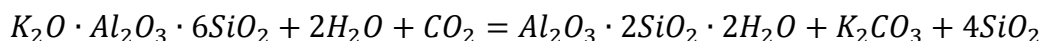
EVALUACIÓN DEL PROCESO PRODUCTIVO DE LA PLANTA INDUSTRIAL LADRILLERA TERRAFORTE UBICADA EN EL SECTOR DE CALACALÍ EN EL PERIODO 2012-2013.

Sin embargo, es bastante raro encontrar yacimientos de feldespato puro (ver figura 2); lo más frecuente es que haya cristalizado simultáneamente con otros minerales formando diferentes rocas: granito, diorita, pegmatita, aplita, andesitas, basaltos, entre otros. El feldespato, de todas estas rocas puede ser alterado por la intemperie y transformarse en arcilla, tal como puede verse en la figura 2 que corresponde a un granito alterado. (Fernandéz, 2000).

El gran agente de esta transformación ha sido el agua. Cuando el agua conteniendo CO₂ entra en contacto con la roca feldespática, disuelve y se lleva el K₂O y parte de la sílice. La sílice y la alúmina restantes, después de un tiempo de contacto con la humedad se hidratan y transforman en arcilla (caolín). (Fernandéz, 2000).

La reacción química es la siguiente:

Ecuación 2: Reacción para la obtención de la arcilla. (Fernandéz, 2000).



Feldespato

Caolín

Los elementos más solubles de la roca feldespática arrastrados por el agua se depositan en el mar, donde existen en la actualidad miles de millones de toneladas de sales.

Figura 3: Granito alterado. (Fernandéz, 2000).



EVALUACIÓN DEL PROCESO PRODUCTIVO DE LA PLANTA INDUSTRIAL LADRILLERA TERRAFORTE UBICADA EN EL SECTOR DE CALACALÍ EN EL PERIODO 2012-2013.

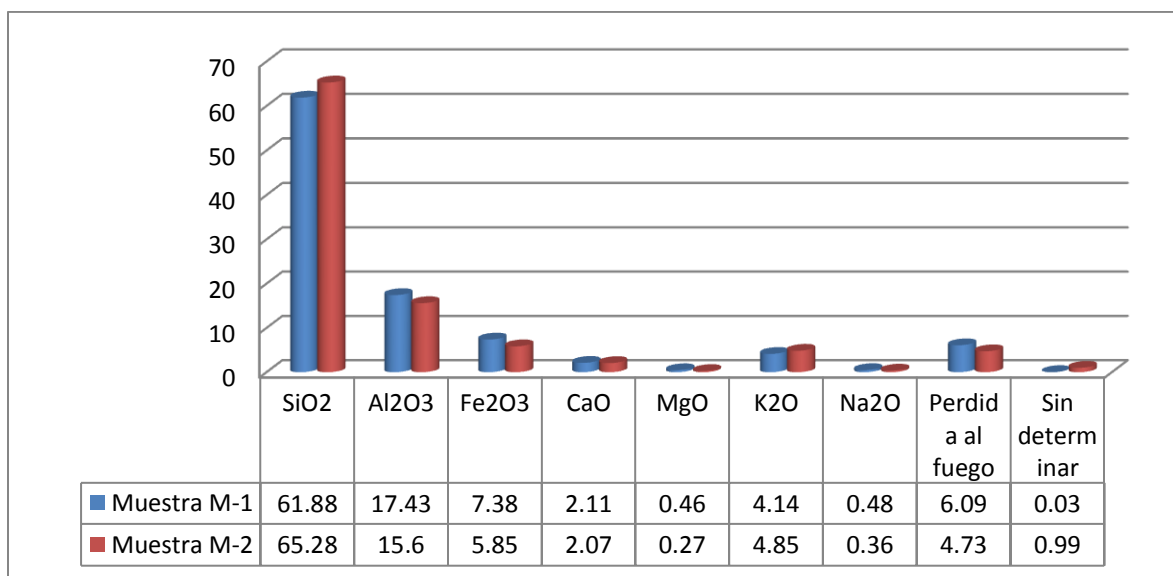
1.2.3.5 Composición química de la arcilla.

Los materiales arcillosos derivan de la degradación originada en tiempos remotos de rocas madres que todavía hoy constituyen gran parte de la corteza terrestre. (Mendigure, 2009).

El conocimiento de la composición química de la arcilla, utilizada en la fabricación de productos cerámicos de construcción, tiene un interés práctico bastante limitado, ya que el comportamiento tecnológico de la arcilla, depende más de la composición mineralógica y granulométrica que de la química. (Fernández, 2000)

La composición química de la arcilla varia del tipo de lugar que se ha extraído el material se diferencian por los tres elementos sílice, alúmina y agua para lo cual se realiza un análisis químico de los componentes de la arcilla. Se muestra a continuación un cuadro tomado en la práctica industrial de la composición química de la arcilla para dos muestras tomadas. (Fernández, 2000).

Figura 4: Composición química para dos muestras analizadas. (Fernández, 2000).



EVALUACIÓN DEL PROCESO PRODUCTIVO DE LA PLANTA INDUSTRIAL LADRILLERA TERRAFORTE UBICADA EN EL SECTOR DE CALACALÍ EN EL PERIODO 2012-2013.

En la figura 4 pueden verse los resultados obtenidos en dos análisis químicos realizados a una misma arcilla utilizada en la fabricación de ladrillo visto. Entre el análisis de la primera y segunda muestra transcurrió un período de dos años. . (Fernandéz, 2000).

Si la arcilla analizada hubiese sido un caolín puro, sin el menor rastro de impurezas, en el análisis químico se encontraría sólo tres componentes (sílice, alúmina y agua) en las proporciones consignadas en la tabla 4. (Fernandéz, 2000).

Tabla 3: Cálculo de porcentaje teórico de una arcilla pura. (Fernandéz, 2000).

Formula del caolín	Al₂O₃	2 SiO₂	2 H₂O	TOTAL
Peso Molecular	101,95	2* 60,08	2*18	258,12
Porcentaje en peso:	39,50	46,55	13,95	100

Los resultados consignados en la tabla 3 distan mucho de esta composición teórica porque, en la práctica, en una muestra de arcilla, aparte del mineral arcilloso propiamente dicho que acostumbra a oscilar entre el 30% y el 50%, existen una serie de compuestos acompañativos no plásticos que suelen constituir las dos terceras partes de la muestra. Su presencia es necesaria ya que una arcilla pura no se podría procesar. (Fernandéz, 2000).

Tabla 4: Características físicas y mecánicas para muestras analizadas. (Fernandéz, 2000).

Características físicas y mecánicas	MUESTRA M-1	MUESTRA M-2
Agua de amasado referida al seco (%)	15,83	15,34
Contracción de secado (%)	3,37	3.25
Resistencia a flexión del material seco (kg./cm ²)	47-38	45,94

EVALUACIÓN DEL PROCESO PRODUCTIVO DE LA PLANTA INDUSTRIAL LADRILLERA
TERRAFORTE UBICADA EN EL SECTOR DE CALACALÍ EN EL PERIODO 2012-2013.

Características físicas y mecánicas	MUESTRA M-1	MUESTRA M-2
Agua de rehidratación después del secado (%) (100% humedad relativa 20°C 24 horas)	2,53	2,30
Resistencia a flexión del material rehidratado (kg./cm ²)	10,27	17,59
Pérdida de resistencia por rehidratación (%)	78,32	61,71
Temperatura de cocción (°C)	1,00	1,00
Contracción de cocción (%)	5,78	4,42
Pérdida de peso en cocción (%)	6,09	4,73
Absorción de agua del material cocido (%)	1,97	6,62
Densidad del material cocido (gr/cm ³) 2,36 2,22	2,36	2,22
Resistencia a flexión del material cocido (kg./cm ²)	229,83	203,20
Contracciones a diversas temperaturas de Cocción (%)		
a 850°C	0,74	0,36
a 900°C	1,25	1,00
a 950°C	3,16	2,11
a 1.000°C	5,78	4,42
a 1.050°C	7,13	5,70

Antes de analizar el proceso de fabricación del ladrillo común, es importante conocer la materia prima, su composición y el comportamiento de la misma.

EVALUACIÓN DEL PROCESO PRODUCTIVO DE LA PLANTA INDUSTRIAL LADRILLERA
TERRAFORTE UBICADA EN EL SECTOR DE CALACALÍ EN EL PERIODO 2012-2013.

- **Sílice: (SiO_2)**

La sílice puede encontrarse formando parte del mineral arcilloso o como sílice libre, en forma de cuarzo normalmente. De todos los minerales, el cuarzo es el más próximo a un compuesto químico puro, ya que se trata de sílice cristalizada muy pura. (Fernandéz, 2000).

Es muy resistente a los ataques mecánicos o químicos, por lo que al meteorizarse las rocas ígneas que lo contienen, se desprenden los granos de cuarzo que pueden acumularse formando areniscas sedimentarias, cuarcitas, arenas, etc. (Fernandéz, 2000).

Presenta las siguientes características: gran dureza (7 Mohs, lo cual le confiere un elevado poder abrasivo) y refractariedad (funde a 1.460°C). En arcillas para ladrillos el porcentaje en SiO_2 suele oscilar entre el 45 y 55%. Por encima del 60%, el porcentaje de cuarzo libre puede resultar excesivo y peligroso. (Fernandéz, 2000).

- **La alúmina: (Al_2O_3)**

El análisis químico de la arcilla indica que, después de la sílice, el compuesto más abundante es la alúmina (Al_2O_3). (Fernandéz, 2000). Al contrario de lo que sucede con la sílice, la alúmina (Al_2O_3) se encuentra casi siempre formando parte de la arcilla. (Fernandéz, 2000).

La existencia de alúmina libre en forma de hidróxido (diásporo) es abundante solamente en arcillas formadas en climas tropicales (lateritas). En consecuencia podemos tomar el contenido en Al_2O_3 como un indicador de la

EVALUACIÓN DEL PROCESO PRODUCTIVO DE LA PLANTA INDUSTRIAL LADRILLERA TERRAFORTE UBICADA EN EL SECTOR DE CALACALÍ EN EL PERIODO 2012-2013.

concentración en minerales arcillosos de una arcilla y de su plasticidad. (Fernandéz, 2000).

Durante la cocción, la alúmina da lugar a la formación de mullita, compuesto que cristaliza formando agujas que elevan notablemente la resistencia mecánica y química de la pieza. (Fernandéz, 2000). Por lo tanto, un incremento en el contenido de Al_2O_3 trae consigo un aumento de la resistencia mecánica y de la temperatura de fusión de la pieza. (Fernandéz, 2000).

En arcillas para ladrillos, el contenido de Al_2O_3 suele estar comprendido entre el 10 y 20%. Las arcillas refractarias pueden presentar contenidos en Al_2O_3 superiores al 20% (20 - 40%). Cuanto más alto sea el contenido en Al_2O_3 mayor será el valor comercial de una arcilla. (Fernandéz, 2000).

- **El óxido de hierro: (Fe_2O_3)**

El hierro es uno de los elementos más extendidos en la naturaleza y constituye una de las impurezas más frecuentes asociadas a las arcillas. También puede encontrarse formando parte del cristal arcilloso en sustitución del aluminio. (Fernandéz, 2000).

El hierro puede presentarse en dos estados de oxidación: como ferroso FeO (menos oxidado) y como férrico Fe_2O_3 (más oxidado). La suma de ambos puede alcanzar un porcentaje máximo de un 10%. (Fernandéz, 2000).

- **El hierro ferroso: (Fe^{2+})**

Forma compuestos de color gris azulado; a veces, estos compuestos en contacto con el oxígeno del aire se oxidan rápidamente, transformándose en

EVALUACIÓN DEL PROCESO PRODUCTIVO DE LA PLANTA INDUSTRIAL LADRILLERA
TERRAFORTE UBICADA EN EL SECTOR DE CALACALÍ EN EL PERIODO 2012-2013.

férricos, y la arcilla cambia de color a los pocos días de haber sido extraída del yacimiento. En otros casos el color azul, gris o verde se mantiene, por tratarse de compuestos complejos más estables. (Fernandéz, 2000).

En arcillas ricas en sustancia orgánica (color gris, azul, negro) el hierro se encuentra en forma de sulfuro de hierro, FeS (pirita) o FeS_2 (marcasita), es decir, como hierro ferroso. Si estas arcillas se procesan inmediatamente después de su extracción, las piritas se queman entre los 450 y los 500 °C y el azufre se elimina por la chimenea del horno en forma de SO_2 o SO_3 . (Fernandéz, 2000).

El hierro ferroso también se puede formar durante la cocción cuando el aporte de oxígeno es insuficiente o cuando se alcanzan elevadas temperaturas (Fernandéz, 2000).

- **El hierro férrico (Fe^{3+}):**

Es la forma más constante y más estable encontrando raras veces las condiciones necesarias para su solubilidad. (Fernandéz, 2000).

En el ladrillo cocido por debajo de los 1.050°C se presenta en forma de Fe_2O_3 (hematites), siendo éste el colorante que confiere al ladrillo su color rojo característico. (Fernandéz, 2000).

El poder colorante del óxido férrico es mucho mayor que el del óxido ferroso. (Fernandéz, 2000).

- **El dióxido de titanio: (TiO_2)**

Todas las arcillas contienen titanio, que se encuentra en porcentajes del orden de 0,1 a 4% de TiO_2 (rutilo). El titanio existe en cantidades reducidas en los caolines y en mayor cantidad en las demás arcillas. (Fernandéz, 2000).

EVALUACIÓN DEL PROCESO PRODUCTIVO DE LA PLANTA INDUSTRIAL LADRILLERA TERRAFORTE UBICADA EN EL SECTOR DE CALACALÍ EN EL PERIODO 2012-2013.

El TiO_2 no puede considerarse como un colorante desde el punto de vista cerámico. Su importancia estriba en el hecho curioso de que aumenta la intensidad del color amarillento producido por el Fe_2O_3 , color no deseable, sobre todo en porcelana y en arcillas para engobe. (Fernandéz, 2000).

El TiO_2 por sí sólo, especialmente con fuego reductor, puede proporcionar coloraciones azuladas. (Fernandéz, 2000).

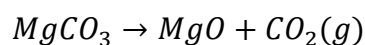
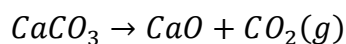
- **Los óxidos de calcio y magnesio: (CaO y MgO)**

Se encuentran en las arcillas como carbonato de calcio, carbonato de magnesio o carbonato doble de calcio y magnesio. El más abundante es el carbonato de calcio. (Fernandéz, 2000).

Durante la cocción, el MgCO_3 se descompone a partir de los 600°C , mientras que el CaCO_3 lo hace a partir de los 900°C , liberando CO_2 y quedando en el interior de la pieza un residuo blanco de CaO (óxido de calcio) u MgO (óxido de magnesio). (Fernandéz, 2000).

La reacción es la siguiente:

Ecuación 3: Reacción de obtención de óxido de calcio (CaO) y óxido de magnesio (MgO)



El MgO y CaO así formados reaccionan con la sílice presente en la arcilla, dando MgSiO_3 (silicato de magnesio) y CaSiO_3 (silicato de calcio). Los cristales de silicato de calcio o magnesio constituyen una especie de esqueleto o estructura cristalina interna que aumenta la resistencia a la deformación a la pieza cocida, así como su resistencia mecánica en frío. (Fernandéz, 2000).

EVALUACIÓN DEL PROCESO PRODUCTIVO DE LA PLANTA INDUSTRIAL LADRILLERA TERRAFORTE UBICADA EN EL SECTOR DE CALACALÍ EN EL PERIODO 2012-2013.

El porcentaje total de óxidos de calcio y magnesio contenidos en las arcillas utilizadas en la industria ladrillera raramente supera el 20 %; la arcilla tiene capacidad para reaccionar con porcentajes sensiblemente mayores (aproximadamente el doble), por lo que normalmente, si la temperatura y el tiempo de cocción han sido suficientes, no debería existir CaO ni MgO libres en la pieza. (Fernandéz, 2000).

- **Los óxidos de sodio y potasio: (Na_2O y K_2O)**

Son fundentes muy activos. El óxido de sodio es el más escaso, raramente supera el 0,5%; mientras que el K_2O suele oscilar entre el 1,5 y el 4%, pudiendo alcanzar el 6-7% en arcillas illíticas (micas). (Fernandéz, 2000).

El contenido en óxidos alcalinos (Na_2O y K_2O) determina la temperatura necesaria para lograr un determinado grado de cocción de la pieza, es decir, la resistencia y absorción deseadas. (Fernandéz, 2000).

El porcentaje en sales solubles varía según el tipo de arcillas.

Así, las arcillas caoliníticas, características de climas lluviosos (Galicia), contienen bajos porcentajes en sales solubles, ya que han estado sometidas a un proceso de lixiviación o lavado por el agua de lluvia. (Fernandéz, 2000).

En cambio, las arcillas formadas en regiones áridas (montmorilloníticas, illíticas) son más ricas en sales solubles, oscilando normalmente entre el 1 y 4%. (Fernandéz, 2000).

Cuanto más alto sea el porcentaje en sales solubles, mayor riesgo habrá de que aparezcan eflorescencias en el ladrillo cocido. (Fernandéz, 2000).

1.2.3.6 Propiedades de la arcilla

EVALUACIÓN DEL PROCESO PRODUCTIVO DE LA PLANTA INDUSTRIAL LADRILLERA
TERRAFORTE UBICADA EN EL SECTOR DE CALACALÍ EN EL PERIODO 2012-2013.

- **Plasticidad:** es la cualidad natural que tienen todas las arcillas, pero algunas no tienen suficiente plasticidad para poderlas trabajar y otras en cambio son demasiado plásticas. Se sabe que las partículas individuales de la arcilla son aplanadas y por ello pueden deslizarse las unas sobre las otras, especialmente cuando están mojadas. Esta característica hace que la arcilla se estire y sea más fácil de moldear. Cuando una arcilla es demasiado plástica, se llama larga y cuando no es plástica es llama corta. (Toctaquiza, 2008)
 - **Refractariedad:** todas las arcillas son refractarias es decir resisten los aumentos de temperatura sin sufrir variaciones, aunque cada tipo de arcilla tiene una temperatura de cocción. (Mery, 2010)
 - **Contracción:** debido a la evaporación del agua contenida en la pasta se produce un encogimiento durante el secado. (Mery, 2010)
 - **Porosidad:** el grado de porosidad varía según el tipo de arcilla. Esta depende de la consistencia más o menos compacta que adopta el cuerpo cerámico después de la cocción. Las arcillas que cuecen a baja temperatura tienen un índice más elevado de absorción puesto que son más porosas. (Mery, 2010)
- La arcilla debe ser suficiente porosa para poderse secarse uniformemente sin agrietarse o torcerse. (Toctaquiza, 2008)
- **Color:** las arcillas presentan coloraciones diversas después de la cocción debido a la presencia en ellas de óxido de hierro y carbonato cálcico. (Mery, 2010)

EVALUACIÓN DEL PROCESO PRODUCTIVO DE LA PLANTA INDUSTRIAL LADRILLERA TERRAFORTE UBICADA EN EL SECTOR DE CALACALÍ EN EL PERIODO 2012-2013.

- **Granulometría:** es el tamaño del grano de la arcilla, oscila entre $< 2\text{mm}$, varía según el tipo de arcilla y su composición. (Mery, 2010)
- **Elasticidad:** producida por la mezcla de la arcilla con una adecuada cantidad de agua. (Toctaquiza, 2008)
- **Endurecimiento:** lo sufren al ser sometidas a la acción de calor. (Toctaquiza, 2008)
- **Absorción:** absorben materiales tales como aceites, colorantes, grasas, etc. (Toctaquiza, 2008)
- **Merma:** debido a la evaporación del agua contenida en la pasta se produce un encogimiento o merma durante el secado. (Mazón, 2009).

1.2.4 Características y normativas del ladrillo en el país.

Las características generales de todo buen ladrillo cerámico son: un moldeado perfecto, homogeneidad en toda la masa (ausencia de fisuras y defectos), buena cocción y por consiguiente tener un sonido claro y metálico a la percusión, sus aristas deben ser duras y la superficie lisa y regular, dureza suficiente para poder resistir cargas pesadas (resistencia a la flexión y compresión), presentan una estructura porosa, no contar con sales solubles, ser absorbentes al agua. (Reverte, 1972).

La calidad de los productos de cerámica en nuestro país está regida por la normativa del Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN), que rige las condiciones para ladrillos y tejas cerámicas que inicia el estudio desde el muestro de la materia prima para la recepción de la arcilla empleada en la construcción (INEN, 292, 1997).

EVALUACIÓN DEL PROCESO PRODUCTIVO DE LA PLANTA INDUSTRIAL LADRILLERA
TERRAFORTE UBICADA EN EL SECTOR DE CALACALÍ EN EL PERIODO 2012-2013.

- Ladrillos Cerámicos. Definiciones, clasificación y condiciones generales (INEN, 293, 1997). Ladrillos Cerámicos.
- Determinación de la resistencia a la compresión (INEN, 294, 1997). Ladrillos Cerámicos.
- Determinación de la resistencia a la flexión (INEN, 295, 1997). Ladrillos Cerámicos.
- Determinación de absorción de humedad (INEN, 296, 1997) y ladrillos cerámicos requisitos.
- Cabe señalar que estas normativas fueron elaboradas en 1997 y no existe ninguna modificación por parte del Instituto Ecuatoriano de Normalización INEN.

En la normativa INEN 293 tiene por objeto establecer la clasificación, definiciones y condiciones generales del uso de los ladrillos cerámicos empleados en la construcción. (INEN, 293, 1997).

Esta norma comprende a los ladrillos cerámicos, fabricados de arcilla moldeada y cocida.

1.2.4.1 Definiciones y clasificación:

- **Ladrillo.** Es una pieza de arcilla moldeada y cocida, en forma de paralelepípedo o prisma regular, que se emplea en albañilería.
- **Ladrillo común (mambrón).** Es el ladrillo moldeado a mano.
- **Ladrillo de máquina.** Es el ladrillo moldeado mecánicamente y en producción continua.
- **Ladrillo reprensado.** Es el ladrillo que se prensa entre el moldeo y la cochura.

EVALUACIÓN DEL PROCESO PRODUCTIVO DE LA PLANTA INDUSTRIAL LADRILLERA TERRAFORTE UBICADA EN EL SECTOR DE CALACALÍ EN EL PERIODO 2012-2013.

- **Ladrillo macizo.** Es el ladrillo fabricado a mano o a máquina sin perforaciones en su interior, con perforaciones celulares que pueden llegar hasta el 20% de su volumen.
- **Ladrillo hueco.** Es el ladrillo fabricado a máquina con perforaciones en su interior, que pasan del 20% de su volumen.

1.2.4.2 Dimensiones y tolerancias de un ladrillo.

Tabla 5: Características físicas y mecánicas para muestras analizadas. (INEN, 293, 1997).

(1) Tipo de ladrillo	(2) Largo l	(3) Ancho A	(4) Alto H
Común	39	19	9
De máquina	39	19	9
	29	14	9
Reprensado	29	19	9
	29	14	9
Hueco	29	19	19
	29	19	14
	29	19	9

Donde las dimensiones de los ladrillos tendrán los nombres siguientes:

Largo l. Es la mayor dimensión de un ladrillo.

Ancho a. Es la dimensión intermedia de un ladrillo.

Alto h. Es la menor dimensión de un ladrillo.

Los ladrillos de un mismo tipo deben tener dimensiones uniformes. No permitirá en ellas una variación mayor del 4%.

La norma INEN 297 tiene como objeto establecer los requisitos que deben cumplir los ladrillos cerámicos empleados en la construcción. (INEN, 297, 1997) .

EVALUACIÓN DEL PROCESO PRODUCTIVO DE LA PLANTA INDUSTRIAL LADRILLERA
TERRAFORTE UBICADA EN EL SECTOR DE CALACALÍ EN EL PERIODO 2012-2013.

Esta norma comprende a los ladrillos cerámicos fabricados de arcilla moldeada y cocida.

1.2.4.3 Clasificación:

Según la normativa **(INEN, 293, 1997)** los ladrillos cerámicos en nuestro país se clasifican en. macizos y huecos

Los ladrillos macizos se clasifican, de acuerdo a su calidad, en tres tipos: tipo A, tipo B y tipo C.

Los ladrillos huecos se clasifican, de acuerdo a su uso, en tres tipos: tipo D, tipo E y tipo F.

De acuerdo a la clasificación, los ladrillos cerámicos macizos deberán cumplir con las siguientes características fundamentales:

- El tipo A, será ladrillo reprensado, de color rojizo uniforme, con ángulos rectos y aristas rectas. No tendrá manchas, eflorescencias, quemados, ni desconchados aparentes en caras y aristas.
- El tipo B, será ladrillo de máquina, de color rojizo, con ángulos rectos y aristas rectas, diferenciándose del tipo A en que puede tener pequeñas imperfecciones en sus caras exteriores, así como variaciones de rectitud en sus aristas hasta de 5mm.
- El tipo C, será semejante al tipo B, diferenciándose del él en que puede, además, ser fabricado a mano y tener imperfecciones en sus caras exteriores, así como variaciones de rectitud en sus aristas hasta de 8mm.

De acuerdo a la clasificación, los ladrillos cerámicos huecos deberán ser ladrillos de máquina, de color rojizo, con ángulos rectos y aristas rectas.

EVALUACIÓN DEL PROCESO PRODUCTIVO DE LA PLANTA INDUSTRIAL LADRILLERA TERRAFORTE UBICADA EN EL SECTOR DE CALACALÍ EN EL PERIODO 2012-2013.

- El tipo D, podrá emplearse en la construcción de muros soportantes, tabiques divisorios no soportantes y relleno de losas alivianadas de hormigón armado.
- El tipo E, podrá emplearse únicamente en la construcción de tabiques divisorios no soportantes y rellenos de losas alivianadas de hormigón armado.
- El tipo F, podrá emplearse únicamente en el relleno de losas alivianada de hormigón armado.

De acuerdo a la clasificación, los ladrillos cerámicos deberán cumplir con los requisitos que se indican en la siguiente tabla:

Tabla 6: Requisitos que deben cumplir los ladrillos cerámicos. (INEN, 297, 1997)

Tipo de Ladrillo	Resistencia mínima a la compresión MPa [*]		Resistencia mínima a la flexión MPa [*]	Absorción máxima de humedad %
	Promedio de 5 unidades	Individual	Promedio de 5 unidades	Promedio de 5 unidades
Macizo tipo A	25	20	4	16
Macizo tipo B	16	14	3	18
Macizo tipo C	8	6	2	25
Hueco tipo D	6	5	4	16
Hueco tipo E	4	4	3	18
Hueco tipo F	3	3	2	25
Método de ensayo	INEN 294		INEN 295	INEN 296

Para obtener estas condiciones, se deben controlar las variables del proceso de producción como calidad y cantidad de ingredientes en la mezcla, porcentaje de humedad en el secado y temperatura de cocción.

EVALUACIÓN DEL PROCESO PRODUCTIVO DE LA PLANTA INDUSTRIAL LADRILLERA TERRAFORTE UBICADA EN EL SECTOR DE CALACALÍ EN EL PERIODO 2012-2013.

Las ladrilleras artesanales no tienen ningún control sobre las variables de su proceso por lo que la probabilidad de que sus productos no cumplan con las normas de calidad mínimas es muy alta; por lo mismo tampoco realizan ensayos de calidad.

1.2.5 Proceso de Producción Industrial de Ladrillos

Los ladrillos se producen tanto a nivel artesanal como a escala industrial, en pequeñas, medianas y grandes empresas, se llevan a cabo una serie de procesos estándar que comprenden desde la elección del material arcilloso, al proceso de empaquetado final, el ciclo de producción de ladrillos es muy semejante en todas las industrias del Ecuador y los diferentes países del mundo, las operaciones unitarias son las mismas, lo que varía es el tipo de maquinaria y tecnología empleada en los países del primer mundo, el factor más importante en toda Industria Ladrillera es la materia prima utilizada para la producción de ladrillos es, fundamentalmente, la arcilla.

Este material está compuesto, en esencia, de sílice, alúmina, agua y cantidades variables de óxidos de hierro y otros materiales alcalinos, como los óxidos de calcio y los óxidos de magnesio. (Mola, 2008). De ahí se ve la necesidad de cada industria de elegir la mejor tecnología y maquinaria para la producción de ladrillos, tejas, tejuelos y los diferentes productos de cada empresa.

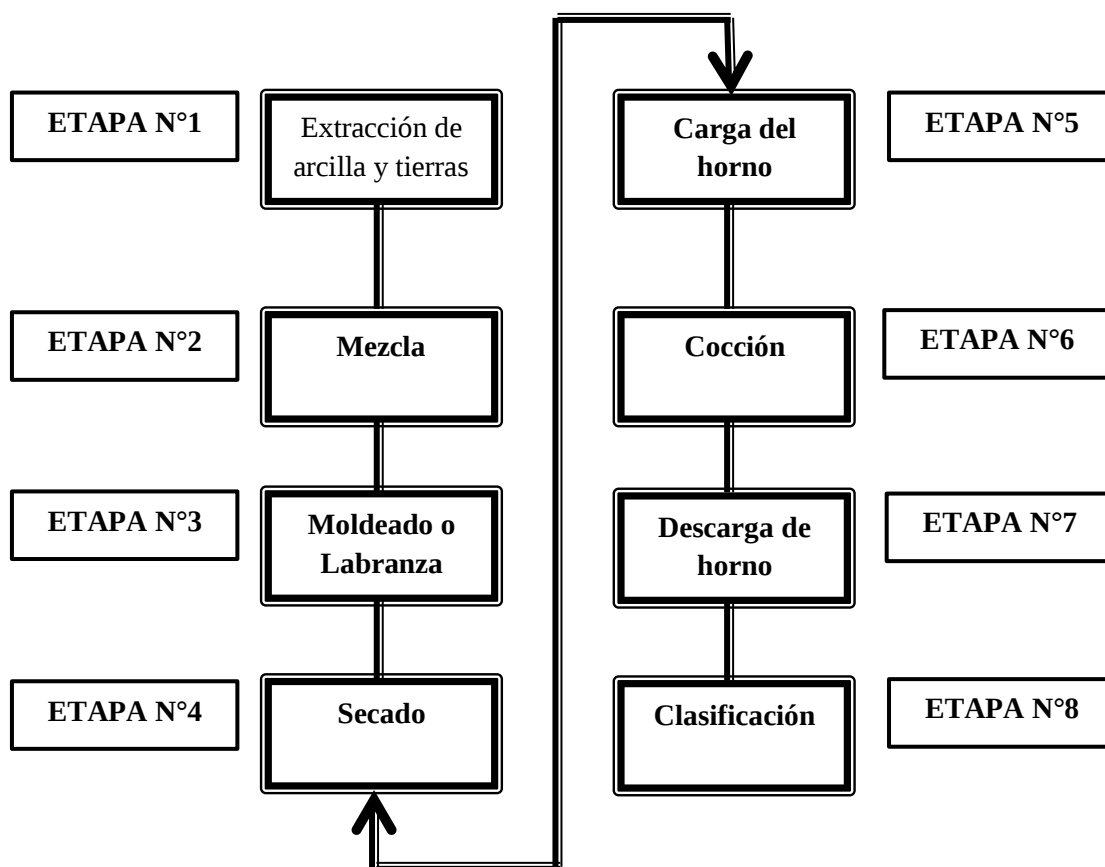
Según (Casado, 2010) el proceso de producción de ladrillos comprende en general las siguientes etapas:

- Extracción de arcilla y tierras
- Mezcla y preparación
- Moldeo o Labranza
- Secado

EVALUACIÓN DEL PROCESO PRODUCTIVO DE LA PLANTA INDUSTRIAL LADRILLERA TERRAFORTE UBICADA EN EL SECTOR DE CALACALÍ EN EL PERIODO 2012-2013.

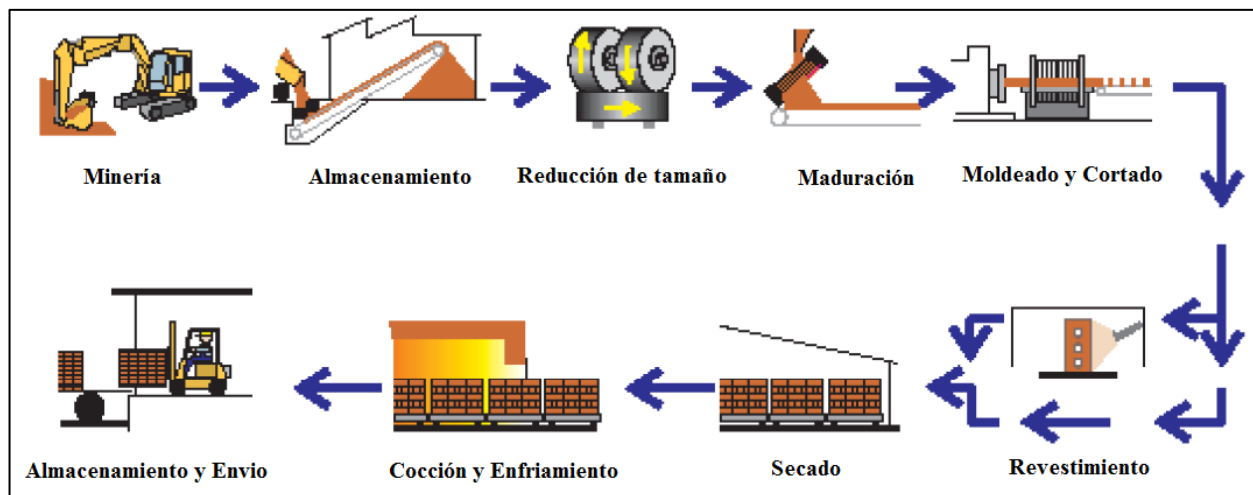
- Carga del Horno
- Cocción
- Descarga del Horno
- Clasificación

Figura 5: Diagrama de bloques de fabricación de ladrillos. (Casado, 2010).



EVALUACIÓN DEL PROCESO PRODUCTIVO DE LA PLANTA INDUSTRIAL LADRILLERA TERRAFORTE UBICADA EN EL SECTOR DE CALACALÍ EN EL PERIODO 2012-2013.

Figura 6: Diagrama esquemático de la Fabricación de Ladrillos. (The Brick Industry, 2006).



- **Extracción de Arcilla y Tierra:** Los depósitos de arcilla se encuentran al pie de colinas o en tierras agrícolas cercanas a ríos. Los criterios para seleccionar una localización adecuada son la calidad de la arcilla, disponibilidad a nivel superficial y la cercanía de una vía transitable. (Toctaquiza, 2008)

Según la ubicación y la disponibilidad de recursos de la empresa, la materia prima que consiste de arcillas plásticas y magras, caolín, dolomita, etc, se extrae de canteras propias o de terceros. (Casado, 2010)

A partir de un buen trabajo de investigación de la arcilla en la cantera, debe prepararse un plan racional de extracción, para economizar y hacer viable la explotación durante todo el tiempo previsto. (Mendigure, 2009)

Las actividades de extracción en mina se llevan a cabo en tajo abierto mediante el uso de detonaciones, palas mecánicas y transporte pesado; o por excavación manual, en el caso de las micro empresas artesanales. El material tal como es extraído se carga en camiones y se transporta a la zona de producción. (Casado, 2010)

EVALUACIÓN DEL PROCESO PRODUCTIVO DE LA PLANTA INDUSTRIAL LADRILLERA TERRAFORTE UBICADA EN EL SECTOR DE CALACALÍ EN EL PERIODO 2012-2013.

Según (Mendigure, 2009) antes de desarrollar un proceso de excavación en una cantera nueva es necesario, realizar las siguientes operaciones:

- El descubrimiento, es decir la eliminación de la capa superficial del yacimiento, que puede ser de tipo rocoso o más frecuentemente rico en vegetación y, por lo tanto, en sustancias orgánicas.
- La eliminación de aguas procedentes del subsuelo, si es que se encontraran.
- La construcción de vías de acceso para recoger y transportar el material excavado, dicha construcción es permanente de tal forma que se pueda desplazar uno por todas las zonas accesibles a medida que avanza la excavación.
- **Molienda:** en el proceso de molienda se realiza la trituración de la arcilla sin tratar y se obtiene la materia prima con la granulometría y textura necesarias para su posterior conformado.

Los tipos de equipos son casi tan variados como sus numerosas aplicaciones, pero los principales mecanismos de reducción de tamaño caen dentro de cuatro categorías. Estas son: compresión, impacto, atrición (o frotamiento) y corte. (Sanchés & Bueno, 2008).

La trituración de la arcilla en gran escala solo puede lograrse en forma continua hoy en día, después de la introducción de las máquinas ,antiguamente la fabricación de ladrillos se limitaba al empleo de materias primas que ya presentaban un grado de desmenuzamiento suficiente en el yacimiento, o bien que se disgregaban mediante reposo de cierta duración, haciéndose plásticas y quedando libres las partículas disgregadas, de manera que con ellas podían moldearse a mano los ladrillos con las gradillas. (Splinger, 1954)

EVALUACIÓN DEL PROCESO PRODUCTIVO DE LA PLANTA INDUSTRIAL LADRILLERA TERRAFORTE UBICADA EN EL SECTOR DE CALACALÍ EN EL PERIODO 2012-2013.

La trituración se puede optar por vía seca, vía húmeda y vía semi húmeda, para la opción más adecuada se realiza un análisis de la materia prima para ver que triturador se lo puede utilizar.

- **Vía semi-húmeda:** Se emplean molinos de rulos o desintegradores para la molturación primaria y laminadores, para la secundaria, es la más extensamente utilizada y tiene ventajas como: pueden procesar arcillas tanto secas como húmedas, requiere un menor mantenimiento, se obtiene una granulometría más granada, lo cual reduce los problemas de secado y de cocción, la pieza cocida es más porosa, menos vitrificada y más resistente al impacto. (Casado, 2010).
- **Desintegrador:** Los desintegradores son máquinas para la trituración de arcillas secas o semi-húmedas, se utilizan en lugar del molino de rulos cuando la arcilla no contiene piedras. (Casado, 2010).

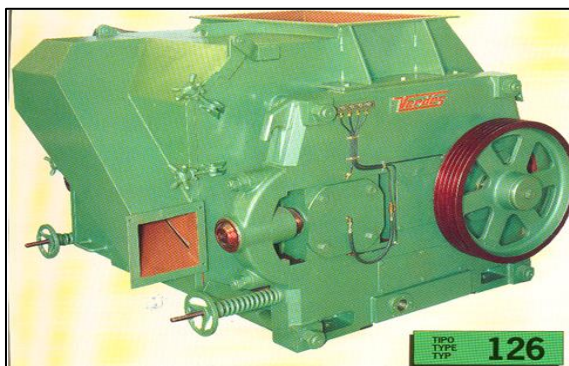
En los desintegradores, los tamaños máximos a la entrada son de 200 –250 mm en los más potentes y 150 – 200 mm en los más pequeños. (Casado, 2010).

La granulometría de salida va de 0 a 20 mm en las máquinas más pequeñas y de 0 a 6 mm en los desintegradores más grandes. (Casado, 2010).

Los desintegradores utilizados en la industria ladrillera, van equipados con dos cilindros, uno liso y de gran diámetro que gira a poca velocidad y otro de diámetro menor provisto de cuchillas cambiables que giran a gran velocidad. (Casado, 2010).

EVALUACIÓN DEL PROCESO PRODUCTIVO DE LA PLANTA INDUSTRIAL LADRILLERA TERRAFORTE UBICADA EN EL SECTOR DE CALACALÍ EN EL PERIODO 2012-2013.

Figura 7: Equipo Desintegrador. (Casado, 2010).



- **El molino de rulos:** Es la máquina que goza de más aceptación para la molienda por vía húmeda en las fábricas de baldosas, ladrillos y tejas. El molino de rulos es la máquina más universal, pues permite moler y mezclar toda clase de arcillas, sobre todo las más duras o aquellas que contienen piedras y nódulos. Es también la máquina de mayor rendimiento para la preparación de arcillas en húmedo. La calidad de los barro obtenidos con un molino de rulos difícilmente se consigue con otro tipo de molino.
- **Vía seca:** Las arcillas duras y secas como los esquistos se preparan mejor en instalaciones por vía seca. Este sistema asegura la obtención de un porcentaje importante de partículas finas que se humectan con más facilidad y rapidez, obteniéndose una masa muy homogénea y de mayor plasticidad; todo lo cual se traduce en un mejor acabado y una mayor resistencia mecánica, tanto del material seco como del producto cocido. (Fernandéz, 2000)

En las fábricas de baldosas, ladrillos y tejas que muelen por vía seca, se utilizan exclusivamente dos tipos de molinos: Los molinos de martillos, y los molinos pendulares. (Fernandéz, 2000).

EVALUACIÓN DEL PROCESO PRODUCTIVO DE LA PLANTA INDUSTRIAL LADRILLERA TERRAFORTE UBICADA EN EL SECTOR DE CALACALÍ EN EL PERIODO 2012-2013.

- **Molino de Martillo:** El molino de martillos es una máquina que trabaja por vía seca para arcillas duras y secas, este sistema asegura la obtención de un porcentaje importante de partículas finas que se humectan con más facilidad y rapidez, obteniéndose una masa muy homogénea y de mayor plasticidad, todo lo cual se traduce en un mejor acabado y una mayor resistencia mecánica, tanto en el material seco como el producto cocido. (Fernandéz, 2000)

Contienen en su interior martillos oscilantes que golpean el material al girar el molino, los martillos pueden ser fijos o bien oscilantes (martillos locos). Los martillos fijos son más efectivos que los oscilantes, pero el daño producido en el molino, cuando se introduce algún hierro con la arcilla es mayor. (Fernandéz, 2000)

Con el molino de martillos, se obtienen granulometrías más gruesas y para eliminar los defectos producidos por ciertas impurezas (cal, piritas, entre otros) es necesario el tamizado posterior a la molturación.

Según (Castello, 1993) las ventajas de un molino de martillo es: su economía, facilidad de mantenimiento y utilización, amplitud de posibilidades (es decir, reducida selectividad), gran poder de reducción (relación entre la partícula que se quiere moler y la del molino), bastante uniformidad en el molino, alta capacidad, ocupar poco espacio.

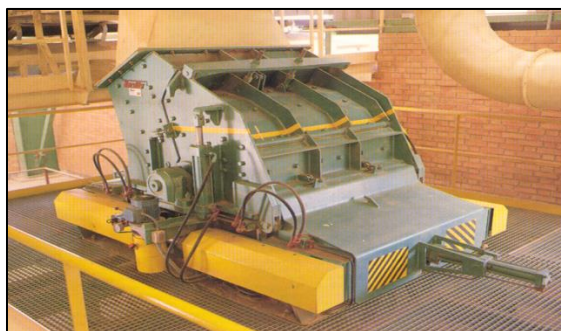
Estos trituradores tienen martillos sujetos por medio de pernos (que pivotean) a la periferia de un disco o cilindro giratorio de alta velocidad. El espacio entre las hojas fijas de la carcasa y los martillos móviles puede ajustarse para proporcionar la finura deseada de las partículas. La trituración es provocada por el impacto y el desgaste en este medio de corte, los molinos de martillos de alta velocidad no pueden aceptar

EVALUACIÓN DEL PROCESO PRODUCTIVO DE LA PLANTA INDUSTRIAL LADRILLERA TERRAFORTE UBICADA EN EL SECTOR DE CALACALÍ EN EL PERIODO 2012-2013.

materiales abrasivos porque sufren un desgaste excesivo. Sin embargo, los molinos de martillos son más versátiles y eficientes que otros tipos. (Ulrich, 1992).

La fuerza centrífuga hace que cierto número de martillos pivoteados, montados sobre la periferia del rotor, oscilen dentro de la carcasa, en la cual hay unas barras estacionarias de yunque o placas rompedoras que forman una superficie de impacto. Los sólidos se rompen por el impacto de los martillos de gran velocidad combinando con el corte y el desgaste entre los martillos y yunques. (Ulrich, 1992).

Figura 8: Molino de martillos. (Fernandéz, 2000)



La molienda es responsable de que la mezcla posterior pueda quedar homogénea.

- **Mezclado o Amasado:** Una vez culminado el proceso de molienda se procede a la mezcla con agua para formar una “masa cerámica plástica”. La mezcla en las ladrilleras grandes se realiza en mezcladoras mecánicas según la formulación establecida para el tipo de producto a fabricar. Primero se hace la mezcla de componentes en seco y luego se agrega agua hasta obtener la masa plástica. En las ladrilleras artesanales, la mezcla se hace manualmente y es colocada en pozas construidas en el suelo donde es amasada por apisonado del propio artesano y/o sus familiares. (Casado, 2010).

La verdadera función del mezclado es la de distribuir el material plástico para que recubra completamente los constituyentes no plásticos. Esto tiene el propósito de dar

EVALUACIÓN DEL PROCESO PRODUCTIVO DE LA PLANTA INDUSTRIAL LADRILLERA TERRAFORTE UBICADA EN EL SECTOR DE CALACALÍ EN EL PERIODO 2012-2013.

lubricación durante la operación del moldeado y permite la unión de la masa con una mínima cantidad de huecos. (Austin, 1990).

La arcilla debe estar lo bastante húmeda (en general entre valores de 12 a 15% de humedad) para que se pueda mantener unida cuando se trabaja y así obtener una pasta arcillosa homogénea. En el amasado se regula el contenido de agua de la mezcla de la arcilla mediante la adición de agua o vapor. (Sanchés & Bueno, 2008)

- Mezclador amasador: Es similar a un transportador de tornillo sinfín, excepto que la hélice puede estar segmentada y moverse en una trayectoria circular así como reciproca a través de dientes estacionarios sujetos en el interior de la cuba. Estos dispositivos llevan a cabo la separación, el doblar y la compresión típicas de una operación de amasado. Pueden procesar hasta 1.0 kg/s de materiales pesados, rígidos, gomosos, tales como arcillas, pastas, adhesivos, polímeros ligeros y masas. (Ulrich, 1992)
 - **Figura 9:** Mezclador amasador de cuba abierta. (Fernández, 2000)



- **Los mazos trituradores:** Trituran por medio de una acción embarradora parecida a la de los morteros. Las ruedas giran sobre la pasta, golpeándola y tallándola contra la superficie de las charolas. Una de las unidades diseñada para operación continua está compuesta de dos charolas y ensambles de mazos trituradores diseñados para

EVALUACIÓN DEL PROCESO PRODUCTIVO DE LA PLANTA INDUSTRIAL LADRILLERA
TERRAFORTE UBICADA EN EL SECTOR DE CALACALÍ EN EL PERIODO 2012-2013.

proporcionar tiempos de residencia razonables y flujos uniformes. Los mezcladores de mazos trituradores son útiles para la mezcla y dispersión de los semisólidos viscosos. Son eficientes para recubrir uniformemente un material granulado con líquido, pero no funcionan bien con fluidos pegajosos y de baja viscosidad, también son útiles para la mezcla de algunos polvos secos.

También existen mezcladores para la industria cerámica como:

- Rodillos de Mezcla
 - Mezclador de rotor
 - Mezclador de aspas.
- **Moldeo:** Para el amasado de la arcilla, en las fábricas de baldosas, tejas y ladrillos, se suelen utilizar amasadoras en continuo: de cuba abierta, amasadoras extrusoras y amasadoras filtro.

Últimamente, en fábricas de baldosas y tejas, se está extendiendo la utilización de amasadoras intermitentes, que permiten un mejor control de la humedad adicionada y una mayor uniformidad de dimensiones en las piezas cocidas. (Fernández, 2000).

El moldeo consiste en vaciar la “masa cerámica plástica” en moldes para obtener el “ladrillo crudo”. El procedimiento de moldeo puede ser por vaciado manual en moldes, por extrusión en máquinas de moldeo plástico, o por prensado en seco. (Casado, 2010).

En las ladrilleras artesanales el material mezclado se moldea manualmente sin comprimir de una a dos unidades por vez, utilizando moldes metálicos o de madera con arena fina o ceniza como desmoldante para facilitar el retiro del molde de la mezcla. (Casado, 2010)

EVALUACIÓN DEL PROCESO PRODUCTIVO DE LA PLANTA INDUSTRIAL LADRILLERA
TERRAFORTE UBICADA EN EL SECTOR DE CALACALÍ EN EL PERIODO 2012-2013.

- **Moldeado por extrusión:** La palabra extrusión viene del latín "extrudere" que significa expulsar. Extrusión es, en general, la acción de dar forma o moldear una masa haciéndola salir por una abertura especialmente dispuesta. La extrusión es un procedimiento industrial, que permite obtener barras de diferentes formas, generalmente complejas. (Cun, 2010).

El proceso de extrusión consiste en una matriz, cuya salida tiene la forma de la barra que se desea realizar. Por la parte de la boca de carga, se pone la materia prima, que por medio de una prensa hidráulica, se forzará hacer pasar el material a través de la matriz, donde saldrá la barra a obtener en forma continua. La carga puede ser con el material en frío o caliente, dependiendo de las características mecánicas y punto de fusión del mismo. (Cun, 2010).

En la extrusión, la pasta de arcilla humectada se hace pasar a través de un molde perforado empujado por una hélice giratoria. La arcilla extrusada adquiere el perfil de la boquilla incorporada la cual se modifica en función del tipo de pieza a producir. (Sanchés & Bueno, 2008).

El moldeado se realiza con una extrusora esta máquina, como su nombre lo indica, consta de dos etapas, aunque vista desde afuera no se aprecien claramente éstas. Para cada etapa cuenta con ejes independientes, que van en forma paralela, uno arriba del otro, pero accionados por un solo motor mediante una caja de engranajes. El eje superior es el de mezclado, allí se recibe la arcilla fina seca y el agua, que se mezclan en una cavidad semicilíndrica por medio de paletas acopladas al eje y segmentos de tornillo que forman una masa homogénea y la hacen avanzar a la zona de extrusión. En la segunda etapa la mezcla homogénea y semicompactada pasa a la cavidad inferior de la extrusora,

EVALUACIÓN DEL PROCESO PRODUCTIVO DE LA PLANTA INDUSTRIAL LADRILLERA TERRAFORTE UBICADA EN EL SECTOR DE CALACALÍ EN EL PERIODO 2012-2013.

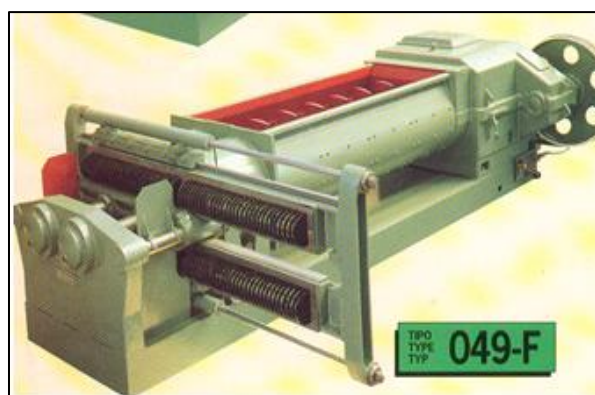
de forma cilíndrica, donde contiene un tornillo de extrusión, este compacta la mezcla y la hace avanzar hacia la boquilla donde debido a la gran presión que se produce, el material adquiere la forma transversal final, obteniéndose una tira continua. (Cun, 2010).

Figura 10: Extrusora (Fernandéz, 2000)



- **Amasadoras Filtro:** la amasadora filtro es una amasadora extrusora provista de rejillas filtrantes a través de las cuales pasa la arcilla. Son muy adecuadas para retener raíces y piedras que contienen algunos tipos de arcillas que son difíciles de eliminar en la preparación por vía húmeda y que ocasionan frecuentes paradas en la galletera por obstrucción de moldes y boquillas.

Figura 11: Amasadora Extrusora. (Fernandéz, 2000).



EVALUACIÓN DEL PROCESO PRODUCTIVO DE LA PLANTA INDUSTRIAL LADRILLERA
TERRAFORTE UBICADA EN EL SECTOR DE CALACALÍ EN EL PERIODO 2012-2013.

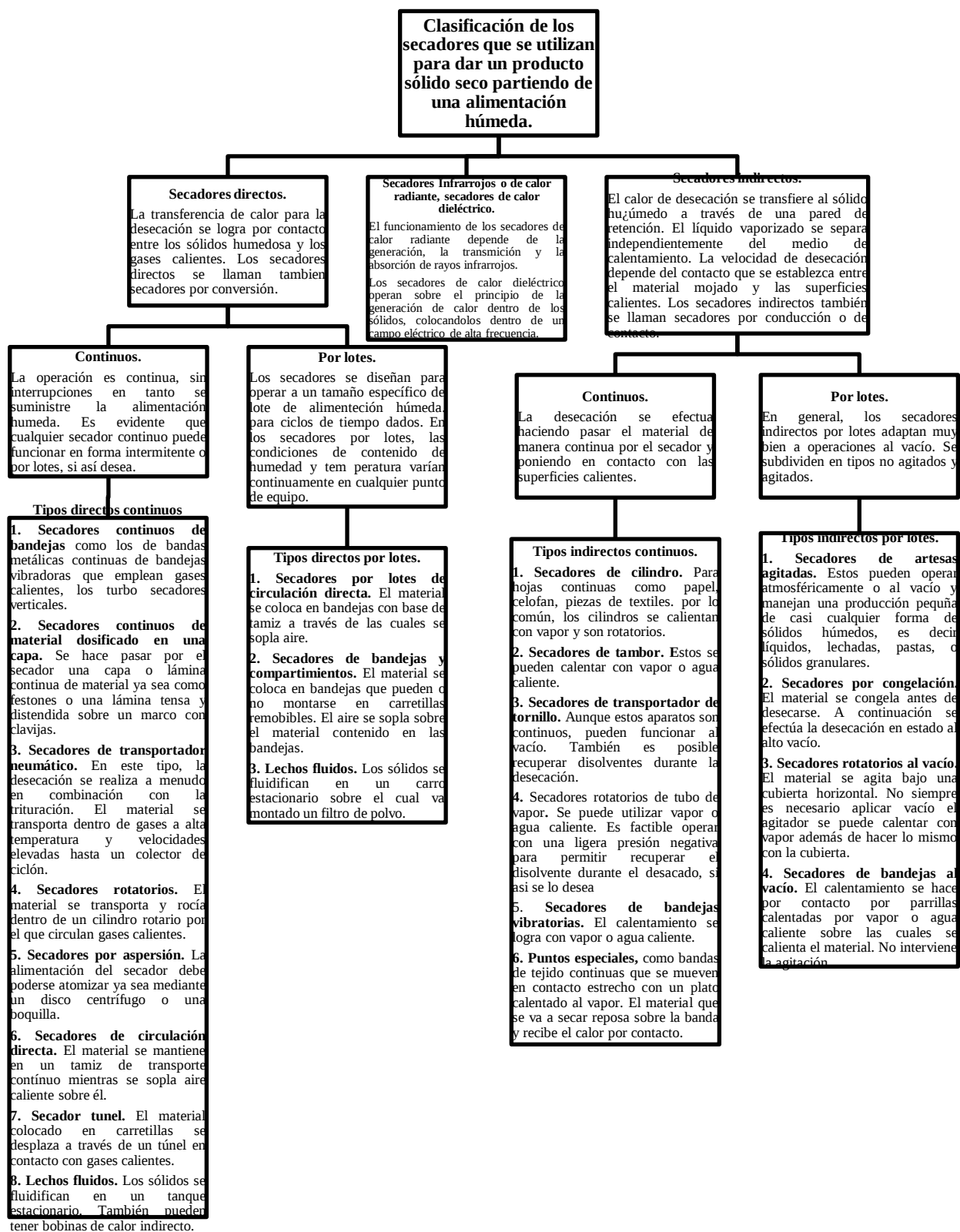
La calidad de los barro obtenidos con las amasadoras extrusoras y amasadoras filtro es muy superior a la conseguida con las amasadoras tradicionales. (Fernández, 2000)

- **Secado:** el secado consiste en reducir la humedad del ladrillo crudo antes de su ingreso al horno de cocción. Los procesos de secado se pueden realizar en instalaciones con temperaturas y humedades controladas como las empresas industrializadas o también al aire libre como las empresas artesanales. Este proceso origina cambios físicos en el ladrillo, principalmente la reducción del contenido de humedad. (Casado, 2010).

El secado es una de las fases más delicadas del proceso de producción. De esta etapa depende, en gran parte, el buen resultado y calidad del material, más que nada en lo que respecta a la ausencia de fisuras. El secado tiene la finalidad de eliminar el agua agregada en la fase de moldeado para, de esta manera, poder pasar a la fase de cocción. (Mola, 2008)

Según (Ulrich, 1992) la clasificación de los tipos de secaderos es:

EVALUACIÓN DEL PROCESO PRODUCTIVO DE LA PLANTA INDUSTRIAL LADRILLERA
TERRAFORTE UBICADA EN EL SECTOR DE CALACALÍ EN EL PERIODO 2012-2013.



EVALUACIÓN DEL PROCESO PRODUCTIVO DE LA PLANTA INDUSTRIAL LADRILLERA
TERRAFORTE UBICADA EN EL SECTOR DE CALACALÍ EN EL PERIODO 2012-2013.

- **Secaderos tipo túnel continuo:** los secadores de horno se desarrollan como instalaciones situadas sobre este para aprovechar el calor que desprende. (Splinger, 1954).

Los túneles continuos son, en muchos casos, carretillas de lotes o compartimientos de bandejas operadas en serie. Los sólidos que se van a procesar se colocan en bandejas o carretillas que se desplazan progresivamente a lo largo del túnel, en donde están en contacto con gases calientes. El funcionamiento es semicontinuo y, cuando el túnel está lleno, una de las carretillas se extrae por el extremo de la descarga al mismo tiempo que se introduce otra por el extremo de admisión. En algunos casos la carretilla se desplaza sobre carriles o monorrieles y usualmente se transportan por medios mecánicos usando propulsores de cadena conectados a la base de cada carretilla. (Perry, 1998).

La circulación del aire puede ser totalmente a contracorriente o de corriente paralela, o bien, una combinación de estas dos formas. Además, con frecuencia se emplean diseños de flujo transversal, en donde el aire de calentamiento circula en uno y en otro sentido sobre las carretillas colocadas en serie. Se pueden instalar bobines o serpentines de recalentamiento después de cada paso de flujo transversal, con el fin de mantener una temperatura constante durante la operación. En los equipos de túnel los sólidos se calientan usualmente por contacto directo con los gases calientes. (Perry, 1998).

Las temperaturas en el proceso de secado llegan a los 170 °C. Este aire de secado, proviene del horno, que aprovechan las temperaturas con las que se cuecen para secar las piezas. (Mola, 2008).

EVALUACIÓN DEL PROCESO PRODUCTIVO DE LA PLANTA INDUSTRIAL LADRILLERA
TERRAFORTE UBICADA EN EL SECTOR DE CALACALÍ EN EL PERIODO 2012-2013.

- **Carga del horno:** después del formado, pero antes del quemado, se dice que la pieza cerámica esta verde, lo cual significa que no está completamente procesada o tratada. La pieza verde carece de dureza y resistencia, debe quemarse para fijar la forma de la parte y lograr dureza y resistencia en el producto final. El quemado es el proceso de tratamiento térmico que sinteriza el material cerámico y se realiza en un horno cerámico. En el sinterizado se desarrollan uniones entre los granos cerámicos y esto va acompañado de densificación y reducción de porosidad. En el quemado de la cerámica tradicional pueden ocurrir ciertas reacciones químicas entre los componentes de la mezcla y formarse también una fase vítrea entre los cristales, la cual actúa como aglutinante. Ambos fenómenos dependen de la composición química del material cerámico y de las temperaturas de quemado que se usan. (Groveer, 1997)

El ladrillo crudo y presecado es cargado al horno y acomodado en un arreglo especial para permitir el encendido así como el flujo de fuego o de calor entre los ladrillos para una cocción uniforme. (Casado, 2010)

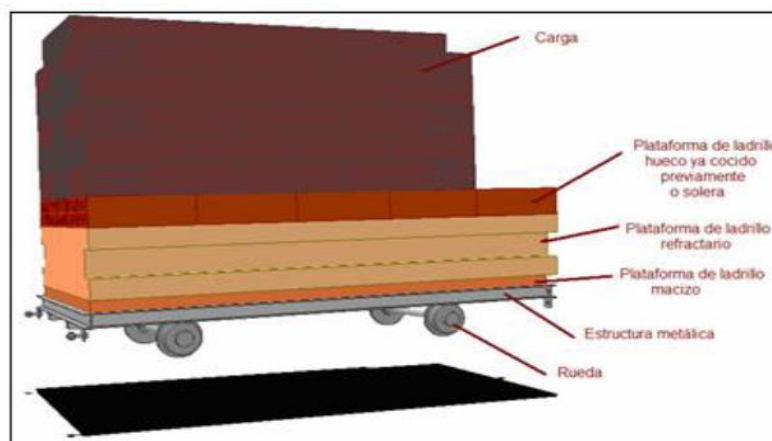
El ladrillo es cargado a coches o vagonetas especiales para la cocción del producto.

Según (Angüisaca, 2009) un coche o vagoneta debe contar con los siguientes requisitos:

- La carga, puede ser de ladrillos o tejas, o una quema mixta de los productos cerámicos.
- Plataforma de ladrillo hueco ya cocido previamente, ayuda a mejorar la circulación de calor por la parte inferior de los elementos cerámicos.
- Estructura metálica construida con acero A-36.
- Sistema de ruedas, de fundición.

EVALUACIÓN DEL PROCESO PRODUCTIVO DE LA PLANTA INDUSTRIAL LADRILLERA TERRAFORTE UBICADA EN EL SECTOR DE CALACALÍ EN EL PERIODO 2012-2013.

Figura 12: Componentes de la vagoneta. (Fernandéz, 2000).



- **Cocción:** es el proceso mediante el cual los ladrillos son cocidos y por acción del fuego y del calor se producen los cambios químicos que transforman la arcilla y los demás componentes en productos sinterizados o vitrificados con características estructurales de resistencia a la compresión. Esta es la etapa más importante en el proceso de fabricación porque cualquier falla significará la pérdida de la producción; así mismo, la cocción genera los mayores impactos de la actividad en la forma de emisiones atmosféricas procedentes de la quema de combustibles en los hornos donde se cuecen los ladrillos. (Casado, 2010).

La cocción se realiza en hornos de tecnología diversa.

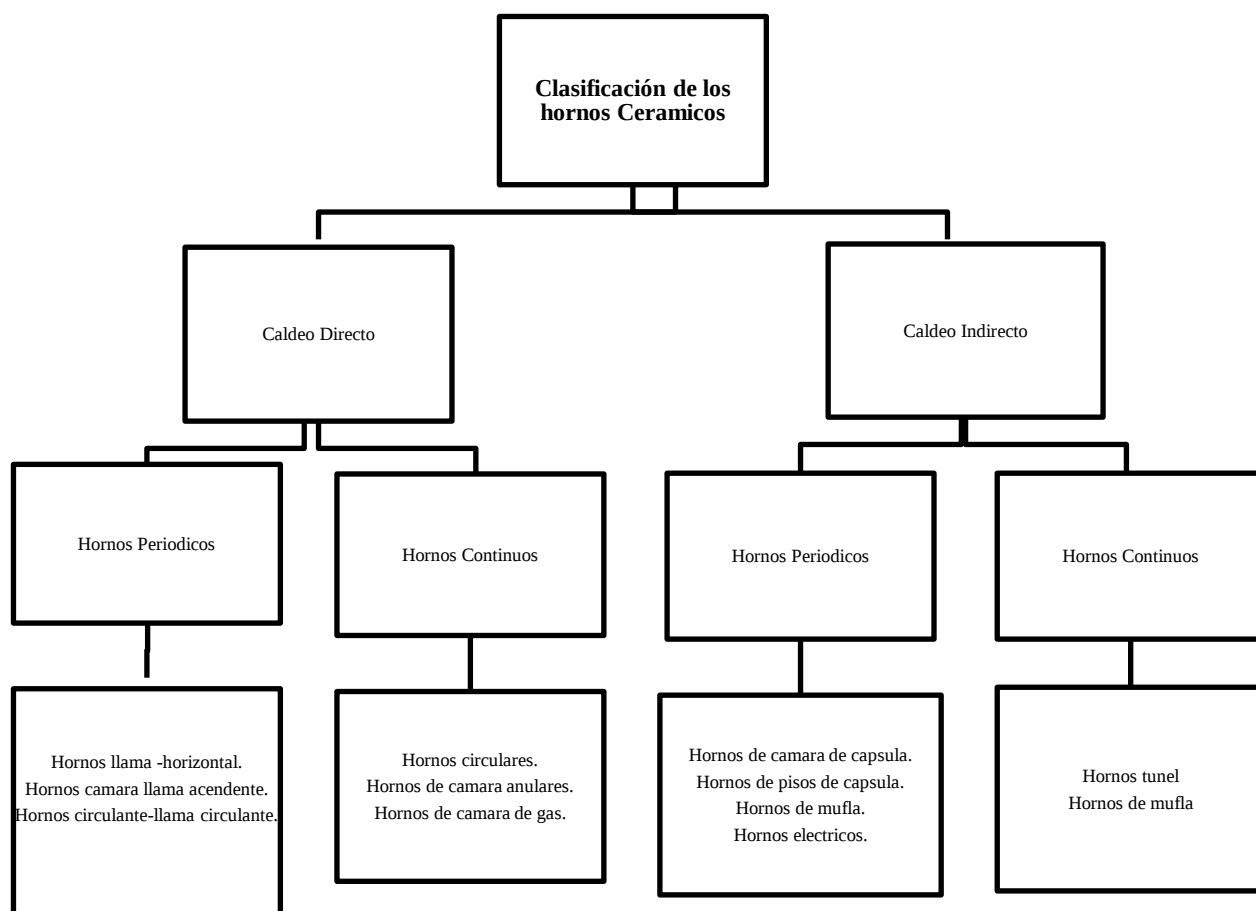
Para producciones industriales altas se utilizan principalmente hornos de alimentación continua como los Hoffman y de Túnel. (Casado, 2010).

En el caso de las empresas ladrilleras micro y pequeñas en su gran mayoría de tipo artesanal, la cocción se realiza en hornos intermitentes de tiro ascendente tipo Escocés o tipo Parrilla, en los cuales el fuego va ascendiendo a través de las sucesivas capas horizontales de ladrillos hasta alcanzar las capas superiores. (Casado, 2010).

EVALUACIÓN DEL PROCESO PRODUCTIVO DE LA PLANTA INDUSTRIAL LADRILLERA TERRAFORTE UBICADA EN EL SECTOR DE CALACALÍ EN EL PERIODO 2012-2013.

Las temperaturas de cocción para ladrillos y otros productos de cerámica fina y de construcción empiezan a 950 °C terminando el proceso de cocción como máximo en 1100 °C. Temperaturas superiores producen la fusión y pérdida del ladrillo. (Casado, 2010).

- **Hornos Cerámicos:** los hornos cerámicos según (Ulrich, 1992) pueden clasificarse en diferentes grupos, según su forma de trabajo:



- **Caldero directo o indirecto:** se conoce como hornos de llama directa o de llama indirecta. Los hornos de caldeo directo o llama directa son los que se emplean para

EVALUACIÓN DEL PROCESO PRODUCTIVO DE LA PLANTA INDUSTRIAL LADRILLERA TERRAFORTE UBICADA EN EL SECTOR DE CALACALÍ EN EL PERIODO 2012-2013.

cocer manufacturas bastas, normalmente sin barniz, como pueden ser ladrillos, tejas macetas de pasta de arcilla y chamota, algunos tubos etc. Los objetos aquí cocidos pueden someterse a la llama directa. (Mazón, 2009)

Los hornos de caldeo indirecto o llama indirecta son los empleados en el caso de que las manufacturas estén barnizadas ya que, las mismas, no deben exponerse a la llama directa, humo o cenizas, pues influiría negativamente en el resultado final, por lo que, los objetos cocidos en este tipo de hornos, deben aislarse en cápsulas cerradas que se colocan una encima de otra, o bien se emplea un horno que tenga un departamento interior, donde las llamas no tengan ningún tipo de incidencia dentro de esta cámara y solamente, las llamas incidirán en las paredes exteriores de este compartimiento calentando el interior de la cámara. El caldeo indirecto requiere siempre un mayor consumo térmico. (Mazón, 2009)

- **Hornos periódicos y continuos:** los hornos de caldeo periódico son aquellos que deben calentarse en cada cocción, dejándose enfriar antes de colocar la siguiente. Los hornos de caldeo continuo o ininterrumpido, como su nombre indica, son aquellos que nunca dejan enfriarse. El primer sistema es el más antiguo y el que sigue siendo más empleado en la pequeña industria pero para las empresas con grande y constante producción, una cocción continuada ofrece grandes ventajas, siendo la principal el ahorro de energía. (Mazón, 2009)
- **Horno Túnel:** consiste en una galería rectilínea, dentro de ella, el material a cocer se introduce por medio de vagonetas metálicas con ruedas, que sostienen una capa de material aislante y refractario, sobre el que va puesto el producto a cocer. (Angüisaca, 2009)

EVALUACIÓN DEL PROCESO PRODUCTIVO DE LA PLANTA INDUSTRIAL LADRILLERA TERRAFORTE UBICADA EN EL SECTOR DE CALACALÍ EN EL PERIODO 2012-2013.

Se van introduciendo en el horno, con un tiempo determinado, por una de las bocas y va saliendo ya cocido por el otro extremo, siendo su movimiento continuo y uniforme. La fuente de energía se encuentra a ambos lados del horno, en forma de quemadores de gas o derivados del petróleo. (Angüisaca, 2009)

El horno túnel está dividido básicamente en tres zonas:

- Zona de precalentamiento.
- Zona de quema.
- Zona de enfriamiento.

La zona de precalentamiento, cuya longitud es aproximadamente $\frac{1}{3}$ de la longitud total del horno, se asocia al precalentamiento y calentamiento del ladrillo; las piezas alcanzan gradualmente la temperatura con el calor de los gases de combustión en contracorriente con la carga, los cuales son extraídos del horno mediante un ventilador que emana gases raros a la atmosfera. (Gómez, 2010)

Seguidamente se encuentra la zona de quema donde se presenta la cocción del ladrillo, debido a la alta temperatura asociada a la combustión del gas natural otros derivados mediante quemadores ubicados a lo largo y ancho de la de la zona de cocción. (Gómez, 2010)

Después viene la fase de enfriamiento, también gradual mediante una corriente de aire que también en sentido de contracorriente y que pasa por el horno por medio de ventiladores. Recuperando parte del aire caliente, para la próxima cocción. (Angüisaca, 2009)

EVALUACIÓN DEL PROCESO PRODUCTIVO DE LA PLANTA INDUSTRIAL LADRILLERA TERRAFORTE UBICADA EN EL SECTOR DE CALACALÍ EN EL PERIODO 2012-2013.

La exigencia que acarrea el trabajar con horno túnel, determina laborar las 24 horas al día, en teoría 365 días al año, cabe destacar que el horno está diseñado a parar una vez al año para mantenimiento. (Angüisaca, 2009).

Según (Avgustinik, 1983) las relaciones de longitud de las zonas de un horno túnel son:

Tabla 7: Relaciones de longitud en un horno túnel (Avgustinik, 1983)

Correlación entre las longitudes de las zonas de un horno túnel			
	Zonas		
TIPO DE PRODUCTOS	Calentamiento	Cocción	Enfriamiento
LADRILLOS DE CONSTRUCCIÓN	3/8 L	1/4 L	3/8L

- **Descarga del horno:** una vez que la cocción concluye, según la tecnología empleada en el proceso se ventila el horno o la cámara de cocción para enfriar el ladrillo cocido y retirarlo del horno. El manipuleo de los ladrillos en el proceso de descarga también puede generar emisiones fugitivas de polvo y cenizas al ambiente. (Casado ,2010).
- **Clasificación:** los ladrillos descargados se clasifican según el resultado de la cocción. En las ladrilleras industrializadas se hacen pruebas de laboratorio por lotes para determinar si se están obteniendo las características estructurales requeridas.

Según Casado, un ladrillo para ser bueno debe reunir cualidades de:

- Homogeneidad en toda la masa (ausencia de fisuras y defectos).
- Dureza para resistir cargas pesadas (resistencia a la flexión y compresión).
- Formas regulares, para que los muros contruidos sean de espesor uniforme (aristas vivas y ángulos rectos).

EVALUACIÓN DEL PROCESO PRODUCTIVO DE LA PLANTA INDUSTRIAL LADRILLERA
TERRAFORTE UBICADA EN EL SECTOR DE CALACALÍ EN EL PERIODO 2012-2013.

- Coloración homogénea, salvo que se tenga interés en emplearlos como detalle arquitectónico de coloración.

1.2.6 Estado actual de las empresas ladrilleras en el Ecuador.

En el país existen aproximadamente 75 áreas mineras de donde son extraídos la arcilla y caolines, la mayoría de estas áreas se encuentran localizadas en Cuenca y Loja. Estas arcillas se emplean principalmente el uso cerámico, y un menor porcentaje en la fabricación de papel, en la industria del plástico y de pinturas. (Alcocer & Gachet, 2007).

Para la fabricación de objetos cerámicos y artísticos, la arcilla más apta es la encontrada al norte de Saraguro y en Cuenca. Sus reservas son superiores a los diez millones de toneladas. Por esta razón el crecimiento de la cerámica en Cuenca a un nivel casi industrial es notorio. (Alcocer & Gachet, 2007).

El éxito de cualquier empresa comercial, y especialmente el de una fábrica de ladrillos, depende en gran medida de la exactitud de sus datos sobre el mercado.

La fuente de información más importante está constituida por las estadísticas oficiales sobre la producción de materiales de construcción, sean o no ladrillos. En nuestro país, el INEC (Instituto Nacional de Estadísticas y Censos) proporciona datos muy precisos acerca de las viviendas y los materiales de construcción, también el Banco Ecuatoriano de la Vivienda posee datos sobre la relación entre la vivienda y la población. (García & Ronaldo, 2001).

El déficit de 50.000 viviendas por año, establecido por el Banco Ecuatoriano de la Vivienda, para todo el país, las políticas del subsidio a la vivienda mediante el “Bono Solidario”, así como ciertos datos macroeconómicos que predicen un entorno financiero más estable, son los indicadores principales para prever un incremento en el consumo de los

EVALUACIÓN DEL PROCESO PRODUCTIVO DE LA PLANTA INDUSTRIAL LADRILLERA
TERRAFORTE UBICADA EN EL SECTOR DE CALACALÍ EN EL PERIODO 2012-2013.

materiales de construcción, específicamente el consumo del ladrillo. (García & Ronaldo, 2001).

En la provincia de Pichincha se tiene más de 235 canteras identificadas, encontrándose la mayoría de ellas (aprox. 25,11%) en Quito, Sangolqui (aprox. 13,62%) y en Nono (aprox. 12,77%). Estando localizadas más del 50% del total provincial en las periferias de la Capital. En los sectores del perímetro urbano de Quito (Primavera Alta, La Comunas, Hermano Miguel y vía Nono. El Bosque, Chillogallo, El Inca, Chilibulo) se ubican canteras de arcilla (ladrilleras) y al Norte de Quito (Calacalí, San Antonio, Pomasqui, Rumicucho y Caspigasi) las de material pétreo. (Cárdenas & Chaparro, 2004).

La industria de la construcción de la Provincia de Pichincha, depende fundamentalmente de los alrededores del volcán Pululahua, materiales que no cumplen con las normas de calidad establecidas por el INEN y que deberían ser exigidas toda vez que son utilizadas en la construcción de viviendas y otras obras civiles. Existen depósitos de buena calidad en los sectores de Pifo y Pintang, pero la falta de maquinaria y la distancia de los centros de consumo, ha dificultado su explotación y comercialización respectivamente. Pichincha no cuenta con suficientes yacimientos de minerales no metálicos, existe carencia de estas materias primas para la industria de cerámicas finas o para la industria del cemento. (Cárdenas & Chaparro, 2004).

La industria de la construcción en la capital depende en gran parte de rocas naturales, ubicadas al norte y oriente de Quito: Pomasqui, San Antonio, Capigasi, Pifo, Pintang. La explotación de materiales de construcción en la provincia de Pichincha, se realiza en canteras de bajo nivel de tecnificación, con alta utilización de métodos manuales, sin planificación minera. La mayoría de canteras de Pichincha, explotan arcilla para la fabricación de ladrillos,

EVALUACIÓN DEL PROCESO PRODUCTIVO DE LA PLANTA INDUSTRIAL LADRILLERA
TERRAFORTE UBICADA EN EL SECTOR DE CALACALÍ EN EL PERIODO 2012-2013.

y rocas naturales para ser utilizados como materiales de construcción. (Cárdenas & Chaparro, 2004).

- **Demanda de ladrillos.**

Para determinar la demanda del ladrillo, se ha obtenido los datos históricos de la demanda del mismo, los cuales fueron proporcionados por un ejecutivo del Departamento de Informática del Instituto Nacional de Estadísticas y Censos.

A continuación se detalla la información obtenida para el período 1998-2000, donde la información se encuentra distribuida de la siguiente manera:

Número de permisos de construcción durante cada año, metros de construcción en ladrillo, porcentaje de construcción en metros cuadrados de ladrillo, ladrillo por metro cuadrado de construcción los cuales fueron calculados por Ingenieros Civiles tomando en cuenta las dimensiones del ladrillo que se va a fabricar, y finalmente se obtuvo la cantidad de ladrillo demandado, el cual es producto de la multiplicación de los metros de construcción en ladrillo por la cantidad de ladrillos que se usa en metro cuadrado.

Tabla 8: Demanda histórica del ladrillo (1998-2000).

Años	# Permisos	Superf. total a construir	Construcción m² de ladrillo	Ladrillo por m² de construcción	Ladrillo demandado
1998	3.910	1.345.868	203.557	35	7.124.495
1999	3.488	972.350	133.744	35	4.681.040
2000	4.516	1.194.683	230.644	35	8.073.240

Como se puede observar en el cuadro # 1 la demanda de ladrillo en el año 2.000 fué de 8.073.240, que se obtiene al multiplicar los metros cuadrados de ladrillo por un mínimo

EVALUACIÓN DEL PROCESO PRODUCTIVO DE LA PLANTA INDUSTRIAL LADRILLERA TERRAFORTE UBICADA EN EL SECTOR DE CALACALÍ EN EL PERIODO 2012-2013.

estimado de ladrillos por metro cuadrado. La demanda histórica del ladrillo indica que existe año tras año un aumento de construcciones y por ende mayor demanda del mismo.

1.2.7 Proceso de Producción Planta ladrillera Terraforte.

1.2.7.1 Ubicación de la Planta Ladrillera Terraforte.

La planta está ubicada al Nor Occidente de la Provincia de Pichincha, Cantón Quito Sector de Calacalí. Se encuentra en un parque Industrial fuera del Distrito Metropolitano de Quito, sobresaliendo las Principales Industrias DISCERCAL CIA. LTDA, INDUBLOCK, OUTBLOCK. El número de Industrias llega a un total de 10 fábricas en el sector. La disponibilidad de la materia prima es de fácil acceso ya que para la elaboración de ladrillos el principal producto para la fabricación es la arcilla roja, la cantera se encuentra ubicada en la Parroquia de Nono a una hora y veinte minutos de la Planta Ladrillera Terraforte. La mano de obra es realizada por habitantes del sector ya que el Cantón Calacalí cuenta con una población de 45.000 habitantes. Por ser un Parque Industrial cuentan con los servicios básicos luz eléctrica, alcantarillado, teléfono, Internet y agua.

Tabla 9: Coordenadas de la Planta Ladrillera Terraforte. (Google, 2013)

Altitud	Latitud	Elevación
0°00'03.41" S	78°30'29.45" O	2830 m.

EVALUACIÓN DEL PROCESO PRODUCTIVO DE LA PLANTA INDUSTRIAL LADRILLERA TERRAFORTE UBICADA EN EL SECTOR DE CALACALÍ EN EL PERIODO 2012-2013.

Figura 13: Ubicación de la Planta Ladrillera Terraforce. Recuperado de (Google, 2013)



1.2.7.2 Distribución de la Planta Ladrillera Terraforce.

La distribución de la Planta se tomó de la base de datos de la Industria Ladrillera Terraforce.

Anexo 1: Distribución de la planta Ladrillera Terraforce.

1.2.7.3 Materias Primas.

La planta cuenta con 3 materias primas esenciales en su proceso estas son:

- **Caolín:** se lo conoce también como arcilla blanca, son arcillas más puras, de alto porcentaje de caolinita de grano fino, al ser sometidos a cocción su color característico es blanco, por ello es utilizado en la cerámica blanca, por ser un silicato puro y entrar en contacto con el agua forman una mezcla plástica que no se encoje al ser cocida. La característica distintiva del caolín y las arcillas es su plasticidad: amasados con agua se convierte en una pasta semisólida, fácilmente moldeable. (Angüisaca, 2009)

EVALUACIÓN DEL PROCESO PRODUCTIVO DE LA PLANTA INDUSTRIAL LADRILLERA
TERRAFORTE UBICADA EN EL SECTOR DE CALACALÍ EN EL PERIODO 2012-2013.

El caolín es importado de los Estados Unidos de América, ya que el Ecuador no cuenta con yacimientos de arcilla blanca con altos porcentajes de pureza. Esta arcilla contiene tres elementos principales: alúmina (Al_2O_3), Sílice (SiO_2) y agua (H_2O), a esto se le conoce como arcilla pura. Es trasladado mediante camiones a la parte interior de la planta, es una arcilla plástica.

- **Arcilla Roja:** son silicatos de alúmina que se forman por el efecto del agua, el calor, el gas carbónico, cuando se encuentran hidratados y mezclados con impurezas como calcita, feldespato, mica, óxidos de hierro, óxidos de magnesio, cuarzo, obtienen propiedades particulares. Desde el punto de vista de elaboración de tejas y ladrillos, lo más importante son las propiedades de las arcillas, como la plasticidad y la coloración característica de la arcilla. (Angüisaca, 2009)

La arcilla roja, principal materia prima de la Planta Ladrillera Terraforte para la elaboración de los diferentes productos que realiza la industria, es extraída de yacimientos propios de la parroquia San Miguel de Nono al noroccidente del cantón Quito, la arcilla es trasladada mediante camiones hasta las instalaciones donde es depositada en la parte exterior con la finalidad de quitar cualquier tipo de materia orgánica presente y quitar sales minerales del material a la intemperie durante un tiempo determinado.

Con la finalidad de facilitar la disolución de los nódulos para impedir las aglomeraciones de las partículas arcillosas, la exposición a la acción atmosférica (aire, lluvia y sol) favorece, además la descomposición de la materia orgánica que pueda estar presente y permite la purificación química y biológica del

EVALUACIÓN DEL PROCESO PRODUCTIVO DE LA PLANTA INDUSTRIAL LADRILLERA TERRAFORTE UBICADA EN EL SECTOR DE CALACALÍ EN EL PERIODO 2012-2013.

material. De esta manera se obtiene un material completamente inerte y que puede ser sometido posteriormente a transformaciones mecánicas o químicas.

- **Agua:** es muy útil en la producción de ladrillos para eliminar el contenido de sales que contiene la arcilla, el objetivo primordial es convertirla en una arcilla plástica.

El agua es suministrada por la Empresa Metropolitana de Agua Potable (EMAP) de la ciudad de Quito.

- **El material de reproceso:** El producto reciclado de los diferentes procesos, que contengan fisuras, no obtengan las dimensiones mínimas y máximas, coloración no adecuada y que no cumplan con controles de calidad, es devuelto al proceso de producción. A esto se le conoce como material de reproceso.

1.2.7.4 Productos terminados de la Planta Ladrillera Terraforte.

La Planta cuenta con alrededor de quince productos para la demanda del consumidor, las materias primas (arcilla roja, arcilla blanca y material de reproceso), se utilizan en una misma proporción para la elaboración de todos los productos. Los procesos para elaborar son los mismos, lo que diferencia es en el molde de cada producto y el peso.

EVALUACIÓN DEL PROCESO PRODUCTIVO DE LA PLANTA INDUSTRIAL LADRILLERA
TERRAFORTE UBICADA EN EL SECTOR DE CALACALÍ EN EL PERIODO 2012-2013.

Tabla 10: Productos terminados en la planta ladrillera Terraforte. (Autor).

Línea del producto	Nombre del producto	Medidas (cm)	Peso (kg)	Usos	
Ladrillos estructurales tipo U	Ladrillos estructurales tipo U de 8 cm	14x08x29	3	Paredes estructurales, Dinteles, Mampostería interior y exterior.	
Mampostería	Ladrillo cara vista 8 huecos	14x20x29	1,9	Cerramientos, Mampostería interior y exterior	
Ladrillos vistos	Ladrillo semimacizo de 8cm y 10 cm	14x08x29 14x10x29	3,2 4,1	Columnas de cerramientos, Cerramientos, Mampostería interior y exterior	
Visto	Ladrillo visto de 2 huecos	4,3x6,3x31	3	Mampostería interior, Cerramientos, evita el enlucido	
Mampostería	Ladrillo visto de 4 huecos	08x20x29	4,05	Mampostería interior, Cerramientos	
Teja	Teja colonial	06x17x38	1,16	Cubiertas, uso decorativo	

EVALUACIÓN DEL PROCESO PRODUCTIVO DE LA PLANTA INDUSTRIAL LADRILLERA
TERRAFORTE UBICADA EN EL SECTOR DE CALACALÍ EN EL PERIODO 2012-2013.

Línea del producto	Nombre del producto	Medidas (cm)	Peso (kg)	Usos	
Fachada	Fachaleta	7x29	0,57	Fachadas, recubrimiento interior de chimeneas	

1.2.7.5 Nomenclatura de Equipos y Simbología (DFP).

La nomenclatura y simbología de Equipos, servirá para la descripción del Proceso de la Industria Terraforte y el Diagrama de Flujos de Procesos (DFP). Se obtuvo del libro Diseño y Economía de los Procesos de la Ingeniería Química (Ulrich, 1992).

Anexo 2: Nomenclatura de Equipos. (Autor).

1.2.7.6 Diagrama de procesos (PFD).

Antes de la descripción del proceso de producción de la Planta se debe identificar en el diagrama de procesos las entradas y salidas del ciclo de fabricación.

Anexo 3: Diagrama de procesos. (Autor).

1.2.7.7 Descripción del Proceso Productivo de la Planta Ladrillera Terraforte.

Considerando que la industria de construcción, hoy en día, ha tomado un gran impulso, se ha incrementado la demanda de ladrillos, exigiendo no solo cantidad sino sobre todo de calidad, por lo que se considera necesario primero realizar la evaluación técnica de la Planta ladrillera Terraforte para verificar en qué condiciones se encuentra todos los procesos de producción.

EVALUACIÓN DEL PROCESO PRODUCTIVO DE LA PLANTA INDUSTRIAL LADRILLERA TERRAFORTE UBICADA EN EL SECTOR DE CALACALÍ EN EL PERIODO 2012-2013.

La planta procesa alrededor de 83.800 m³ de arcilla al día. Las pérdidas más relevantes se encuentran en el proceso de moldeado entre el 20 y 30 % valores de pérdidas tan altos ponen en riesgo la planta ladrillera Terraforte.

La planta tiene un sistema de producción empírico, no cuentan con una mezcla homogénea de los productos a la entrada del proceso, la dosificación del agua depende de la experiencia del operador, la granulometría supera los límites máximos requeridos, existe gran cantidad de pérdidas de material, el proceso de secado, pre-secado y cocción no cuenta con un estudio energético adecuado.

A continuación se presenta la descripción del proceso de producción de la Planta Industrial Ladrillera Terraforte y las especificaciones de los equipos utilizados.

- **Recepción de la Materia Prima.**

En esta primera etapa de producción, se realiza la recepción de la materia prima que es la arcilla roja, arcilla blanca o caolín, para la utilización en la elaboración de los diferentes productos que posee la Industria Ladrillera Terraforte. Para lo cual la empresa se maneja con un stock de seguridad de las materias primas.

Se transforma la materia prima, la arcilla, en una materia sumamente plástica. Esto se logra a través que la materia prima pase por varias máquinas intercomunicadas, cintas transportadoras que mezclan, muelen, trituran, amasan y agregan la humedad necesaria. De este modo se logra que el proceso de meteorización, que naturalmente demora alrededor de 6 meses, se realice en minutos, transformando un producto natural y poco homogéneo en uno más

EVALUACIÓN DEL PROCESO PRODUCTIVO DE LA PLANTA INDUSTRIAL LADRILLERA
TERRAFORTE UBICADA EN EL SECTOR DE CALACALÍ EN EL PERIODO 2012-2013.

uniforme, que garantiza la elaboración de productos de igual calidad. (Bianucci, 2009).

Figura 14: (A) Recepción de la arcilla roja. (B) Recepción del caolín o arcilla blanca. (Autor).



(A)

(B)

- **Formulación.**

El principal objetivo del cajón dosificador (F-110) es establecer una alimentación constante y regulada, con lo cual se pueden establecer las condiciones óptimas de funcionamiento de las máquinas de la cadena de preparación, evitándose atascos y paradas inútiles lográndose la producción óptima. (Fernández, 2000).

La materia prima: arcilla roja, caolín y material de reproceso, es incorporada al proceso de producción por medio de un tractor a un cajón dosificador (F-110), el cual posee un motor eléctrico (M-110) para el accionamiento de las cadenas de arrastre del material y para el eje de alimentación. La arcilla ya dosificada de acuerdo a la experiencia del operador es arrastrada a una banda transportadora continua flexible (J-120) y es impulsada a través de rodillos de potencia mediante

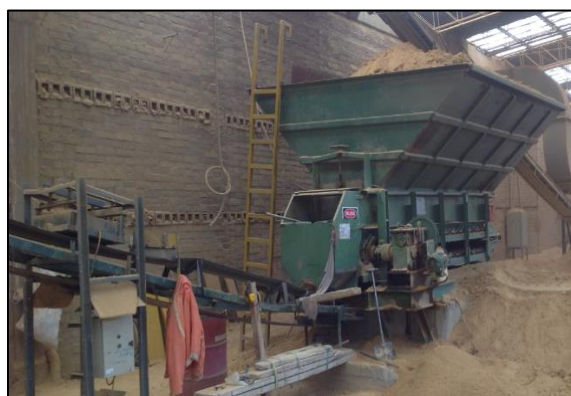
EVALUACIÓN DEL PROCESO PRODUCTIVO DE LA PLANTA INDUSTRIAL LADRILLERA TERRAFORTE UBICADA EN EL SECTOR DE CALACALÍ EN EL PERIODO 2012-2013.

un motor (M-120) con una longitud de la banda de 14m y una inclinación máxima de 30°, la arcilla es depositada al proceso de molienda (C-130) .

El operador realiza un control visual de la materia para eliminar cualquier tipo de materia orgánica (ramas, hojas, basura, etc.) y piedras de gran tamaño volumétrico, además cuenta con un detector de metales cuyo funcionamiento es mediante el principio de magnetismo con la finalidad de quitar ciertos metales que puedan ocasionar daños en el molino de martillos (C-130).

La formulación se realiza a temperatura ambiente y sin presencia de agua.

Figura 15: Formulación de las materias primas en un cajón dosificador. (Autor).



- **Molienda.**

El material que proviene de la banda transportadora (J-120) es introducido al molino de martillos oscilantes o martillos locos (C-130) por la parte superior ,la molienda consiste en pasar el material donde las piezas pequeñas son molidas en partículas finas por molinos de martillos dobles (C-130), el cual tiene un motor (M-130),que permite que la fuerza centrífuga haga que cierto número de martillos pivoteados, montados sobre la periferia del rotor, oscilen dentro de la

EVALUACIÓN DEL PROCESO PRODUCTIVO DE LA PLANTA INDUSTRIAL LADRILLERA
TERRAFORTE UBICADA EN EL SECTOR DE CALACALÍ EN EL PERIODO 2012-2013.

carcasa, en la cual existe placas rompedoras que forman una superficie de impacto y corte, cuenta con veinte y cuatro martillos y ciento ochenta grillas de 3mm de ancho para que el material molido al momento del mezclado no contenga una granulometría mayor a la requerida, esta operación unitaria tiene como propósito purificar y refinar la materia prima, cuyo tamaño de partícula debe tener una granulometría $\phi = 0,12$ pulgadas con malla de 30mm, la molienda es realizada a temperatura ambiente y sin presencia de agua.

Figura 16: Molino de martillos. (Autor).



- **Mezclado.**

El material fino que sale del proceso de molienda (C-130), desciende a un proceso de mezclado (ME-140), el cual tiene un motor (M-140) para hacer girar el mezclador de tornillos giratorios la máquina tiene como objetivo homogenizar y humectar la arcilla, es una amasadora continua de cuba horizontal abierta, en cuyo interior hay un eje horizontal giratorio portador de unas piezas trazadas en hélice que impulsan y mezclan la arcilla a la parte final de la cuba. La arcilla es

EVALUACIÓN DEL PROCESO PRODUCTIVO DE LA PLANTA INDUSTRIAL LADRILLERA TERRAFORTE UBICADA EN EL SECTOR DE CALACALÍ EN EL PERIODO 2012-2013.

mezclada con agua en forma de fina lluvia, ya que la arcilla necesita de esta para adquirir sus propiedades físico – químicas.

El material que sale de la mezcladora es incorporado a una banda transportadora (J-150) con una inclinación máxima de 90° con un motor (M-150A) longitud de 12,00 metros, la arcilla se incorpora a una nueva banda transportadora con un motor (M-150B) con una longitud de 60,00 metros, el material desciende al proceso de maduración (F-210).

Figura 17: Mezcladora (Autor).



- **Maduración o Pudrimiento de la arcilla.**

El material ya mezclado cae al proceso de maduración o envejecimiento (F-210) de la arcilla, la principal característica, de este proceso es que el material contenga propiedades uniformes, se realiza a temperatura ambiente con presencia de luz es un pudrimiento a campo abierto, el reposo de la arcilla se lo realiza en el interior de la planta, en un determinado periodo de tiempo.

EVALUACIÓN DEL PROCESO PRODUCTIVO DE LA PLANTA INDUSTRIAL LADRILLERA
TERRAFORTE UBICADA EN EL SECTOR DE CALACALÍ EN EL PERIODO 2012-2013.

Figura 18: Maduración o Pudrimiento de la arcilla. (Autor).



- **Dosificación.**

El material homogenizado con características físicas y químicas semejantes, y después de haber cruzado el proceso de maduración (F-210) es incorporado a una cajón dosificador (F-220), para almacenar y dosificar el material en forma continua, uniforme y controlada a una tolva o cajón dosificador el cual tiene un motor (M-220), para arrastrar la arcilla hasta la malaxadora (ME-230).

Figura 19: Incorporación del material al proceso de dosificación. (Autor).



EVALUACIÓN DEL PROCESO PRODUCTIVO DE LA PLANTA INDUSTRIAL LADRILLERA
TERRAFORTE UBICADA EN EL SECTOR DE CALACALÍ EN EL PERIODO 2012-2013.

- **Amasado.**

La arcilla que sale del cajón alimentador (F-220) por la parte inferior es incorporada a un proceso de mezclado cuya máquina es una amasadora extrusora (ME-230), cuya principal operación es garantizar una pasta homogénea en el producto. El proceso se puede dividir en las siguientes partes:

Primera parte: consta de una mezcladora de tornillos giratorios que tiene un motor (M-230) para hacer girar el mezclador de tornillos sin fin doubles.

La segunda parte: el material que sale de la cuba es introducida a una amasadora la cual tiene en la salida mazos trituradores, las ruedas giran sobre la pasta, golpeándola y tallándola a la arcilla, esta tiene como propósito amasar y cortar la arcilla en partículas más finas.

Figura 20: (A) Mezcladora de tornillos giratorios. (B) Mazos trituradores.
(Autor).



(A)

(B)

EVALUACIÓN DEL PROCESO PRODUCTIVO DE LA PLANTA INDUSTRIAL LADRILLERA TERRAFORTE UBICADA EN EL SECTOR DE CALACALÍ EN EL PERIODO 2012-2013.

- **Mezclado.**

El material amasado (ME-230) es trasladado a una banda transportadora de rodillos giratorios (J-240) con una inclinación máxima de 90° con una longitud de 7.50 metros, posee un motor (M-240) por la cual la banda transportadora gira, el material desciende a un proceso de mezclado (ME-250) el cual posee un motor (M-250) para hacer girar los tornillos giratorios de cuba abierta, este proceso depende de que el operador agregue agua en forma de lluvia al mezclado.

Figura 21: Mezclador doble tornillos sin fin. (Autor).



- **Laminado.**

El material mezclado cae al proceso de laminado (C-260), el cual posee dos motores (M-260A) y el (M-260B) para que el material sea laminado o cortado, es la máquina adecuada para la reducción definitiva del material, consiguiendo una masa uniforme que garantiza la máxima calidad del moldeado.

El principal objetivo es tener una arcilla con características similares, es por eso que la arcilla entra y es laminada con una especie de cuchillas en piezas muy bien

EVALUACIÓN DEL PROCESO PRODUCTIVO DE LA PLANTA INDUSTRIAL LADRILLERA
TERRAFORTE UBICADA EN EL SECTOR DE CALACALÍ EN EL PERIODO 2012-2013.

segmentadas para que más adelante, en el proceso de moldeado (X-280), el producto sea una masa uniforme.

Figura 22: Laminador. (Autor).



- **Extrusión y Moldeado.**

El material ya cortado en pequeñas piezas es trasladado mediante un motor (M-270) a una banda transportadora (J-270), la cual cuenta con un largo de 5m y una inclinación máxima de 90°, la arcilla es introducida por la parte superior a una extrusora al vacío (X-280), tiene un motor (M-280) para hacer girar los caracoles y así prensar y adquirir la forma deseada, trabaja a una presión que oscila entre 15 a 20 kg/cm², por la gran presión que ejerce la máquina se pierde una cierta cantidad de agua la misma que es trasladada a un tanque de almacenamiento, lo que diferencia a los otros productos es la placa o molde que es cambiada de acuerdo a las necesidades a producir, el objetivo de la extrusora es que el moldeado sea uniforme y sin presencia de fisuras en el producto. El material sale por la boquilla como un solo bloque. El material que sale de la

EVALUACIÓN DEL PROCESO PRODUCTIVO DE LA PLANTA INDUSTRIAL LADRILLERA
TERRAFORTE UBICADA EN EL SECTOR DE CALACALÍ EN EL PERIODO 2012-2013.

extrusora continuamente ingresa al moldeado (MC-310) del producto que se desea obtener.

Figura 23: Extrusora al vacío. (Autor).



- **Cortado.**

El producto que sale del moldeado (X-280), es incorporado a una banda transportadora (J-320) la cual es una banda continua, no presenta inclinación, tiene una longitud de 4m el cual posee un motor para mover los rodillos (M-320), el material entra a una máquina de cortado (C-330) la cual es seccionada por un alambre de acero inoxidable de diámetro de 2.8mm el cual gira mediante un motor (M-330) para así obtener unidades de un producto. El material ya cortado es incorporado a una banda transportadora (J-340) de 5m de largo el cual tiene un motor (M-340) para girar la banda que moviliza los ladrillos, fachaletas, tejas y los demás productos, en la cual existe de 5 a 6 trabajadores para colocar el producto en las vagonetas. La operación se realiza a temperatura ambiente.

Figura 24: Maquina cortadora. (Autor)



- **Pre-secado.**

El producto crudo es llevado al pre- secado (P-350) mediante vagonetas o coches, este proceso se realiza sin presencia de luz en un lugar cerrado y a temperatura ambiente, el tiempo que permanece el producto en el pre-secado oscila alrededor de 36 horas. Las primeras 12 horas el ladrillo es cubierto con plástico con la finalidad que no exista presencia de luz y que el material se consolide y no presente fisuras, las 24 horas subsiguientes las piezas crudas entran a reposo, para que en las 12 horas restantes exista ventilación mediante aire que viene del enfriamiento del horno a una temperatura de 28° C y finalmente existen ventiladores de hélices ubicados en la parte superior e inferior.

Las dimensiones del equipo son: 54m de largo x 4.60m de ancho.

EVALUACIÓN DEL PROCESO PRODUCTIVO DE LA PLANTA INDUSTRIAL LADRILLERA TERRAFORTE UBICADA EN EL SECTOR DE CALACALÍ EN EL PERIODO 2012-2013.

Figura 25: (A) Pre-secado. (B) Ventilación en el Pre-secado. (Autor).



(A)

(B)

- **Secado.**

El producto que sale del pre-secado (P-350) es incorporado mediante las mismas vagonetas al proceso de secado (B-360), dicho equipo es un secador túnel, el cual presenta las siguientes dimensiones: 39 m de largo x 4.20 m de ancho. Los coches son empujados al final del horno mediante una presión que oscila entre 62 psi, el ciclo de operación es de doce horas, el aire es extraído del horno de la zona de enfriamiento mediante un ventilador a una temperatura del secador máxima de 90°C, el secador túnel está construido con ladrillo comercial.

La etapa de secado se realiza principalmente para eliminar parte del agua que trae la pieza extruida. Las piezas en el secado pasan por tres fases: una primera de pérdida de agua contenida en los poros; otra de nueva eliminación de agua hasta alcanzar la máxima contracción y una tercera consistente en la pérdida del resto de agua.

EVALUACIÓN DEL PROCESO PRODUCTIVO DE LA PLANTA INDUSTRIAL LADRILLERA TERRAFORTE UBICADA EN EL SECTOR DE CALACALÍ EN EL PERIODO 2012-2013.

Figura 26: Secador Túnel. (Autor).



- **Horno Túnel.**

Una vez terminado el proceso de secado (B-360), se pasa a la siguiente fase que es la evacuación de los coches, para ser cambiados de vagonetas a vagones que poseen materiales que resisten la temperatura de cocción, el producto se desplaza lentamente a través del horno túnel (Q-370).

El Horno Túnel de la Industria Ladrillera está dividido básicamente en tres zonas:

- Zona de precalentamiento.
- Zona de quema.
- Zona de enfriamiento.

Zona de Precalentamiento: Es la etapa donde el producto es sometido a calentamiento, inicia desde una temperatura de 35°C a una temperatura máxima que oscila entre 400-450 °C, en esta zona avanzan las vagonetas en el interior del horno en donde van ganando temperatura en forma continua, esto depende

EVALUACIÓN DEL PROCESO PRODUCTIVO DE LA PLANTA INDUSTRIAL LADRILLERA
TERRAFORTE UBICADA EN EL SECTOR DE CALACALÍ EN EL PERIODO 2012-2013.

del ciclo de cocción, es la etapa donde el material no debe presentar humedad.

Las piezas alcanzan gradualmente la temperatura con el calor de los gases de combustión en contracorriente con la carga, los cuales son extraídos del horno mediante un ventilador (G-370 A), que emana gases contaminantes a la atmosfera como CO, NO_x, SO₂ y material particulado. El ventilador funciona con un motor (M-370 A) para hacer girar el mismo. Cabe señalar que en esta etapa de precalentamiento existen dos bloques distribuidos de la siguiente manera:

- Bloque 1 Zona de Calentamiento: existen seis quemadores distribuidos tres en la parte lateral derecha y los tres restantes en la parte lateral izquierda. Se debe recalcar que el bloque 1 no se encuentra en funcionamiento.
- Bloque 2 Zona de Calentamiento: se encuentran ocho quemadores, cuatro en la parte lateral derecha y cuatro en la parte lateral izquierda.

Zona de Cocción: se la conoce con el nombre de cámara de cocción o zona de fuego. Es el periodo donde se presentan las reacciones químicas de la arcilla, y la cocción del material, a una temperatura que fluctúa entre 900 -1200°C la cual depende del ciclo de cocción. Es la etapa más crucial ya que depende de la resistencia que el producto requiera. En la zona de cocción se encuentra el bloque 3 y el bloque 4 distribuido de la siguiente manera:

- Bloque 3 Zona de Cocción: se localizan diez quemadores distribuidos cinco en la parte lateral izquierda y cinco en la parte lateral derecha. En

EVALUACIÓN DEL PROCESO PRODUCTIVO DE LA PLANTA INDUSTRIAL LADRILLERA
TERRAFORTE UBICADA EN EL SECTOR DE CALACALÍ EN EL PERIODO 2012-2013.

este bloque se encuentra un ventilador (G-370 B) para proporcionar aire a los quemadores, el cual tiene un motor (M-370 B), para llevar el aire a los diferentes quemadores.

- Bloque 4 Zona de Quema: se sitúan cuatro quemadores, ubicados dos en la parte lateral izquierda y los dos restantes en la parte lateral derecha.

Zona de enfriamiento: es la zona donde ingresa aire atmosférico en contracorriente, inyectado por la parte superior del horno mediante cuatro ventiladores en paralelo. Parte de este aire es utilizado como aire secundario de combustión y el resto es extraído después del enfriamiento por un ventilador (G-370 F) que lo induce al proceso de Secado y una pequeña parte al proceso de Presecado, el cual tiene un motor (M-370 F).

- El primer ventilador (G-370 C) es conocido como ventilador de rodamiento uno, el cual tiene un motor (M-370 C) para enfriar el rodamiento de los coches y facilitar la movilidad de los mismos.
- El segundo ventilador (G-370 D) es conocido como ventilador de rodamiento dos, el cual tiene un motor (M-370 D) con la misma finalidad del antes mencionado.
- El tercer ventilador (G-370 E) es conocido como ventilador de enfriamiento rápido que tiene un motor (M-370 E), que tiene como objetivo soplar aire del ambiente en la parte media de las vaginetas.

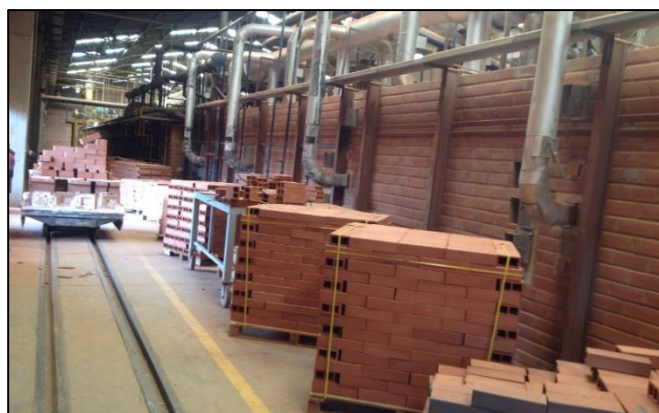
EVALUACIÓN DEL PROCESO PRODUCTIVO DE LA PLANTA INDUSTRIAL LADRILLERA TERRAFORTE UBICADA EN EL SECTOR DE CALACALÍ EN EL PERIODO 2012-2013.

- El ventilador de contraviento de salida (G-370 G), tiene como función enfriar el producto después de la zona de quema, el cual tiene un motor (M-370 G).

La longitud del horno túnel en la Planta Ladrillera Terraforte es de 80 m de largo y 1,45 m de ancho, está construido en la parte interior con ladrillo refractario y en la parte exterior con ladrillo común, tiene un ciclo de cocción de treinta minutos.

El combustible usado en La Planta Ladrillera Terraforte es gas natural (GNL), el cual se encuentra almacenado en una esfera de capacidad de 14 ton.

Figura 27: Horno túnel. (Autor)



EVALUACIÓN DEL PROCESO PRODUCTIVO DE LA PLANTA INDUSTRIAL LADRILLERA TERRAFORTE UBICADA EN EL SECTOR DE CALACALÍ EN EL PERIODO 2012-2013.

1.2.7.8 Motores del proceso productivo de la Industria Ladrillera Terraforte.

Tabla 11: Motores de operación de los equipos de la Planta Ladrillera Terraforte.
(Autor).

Motores del proceso productivo			
Nomenclatura	Marca	Potencia (hp)	Revoluciones por minuto
M-110	Weg	5	1720
M-120	Weg	3	1725
M-130	Weg	125	1780
M-140	Weg	30	1765
M-150 A	Weg	3	1725
M-150 B	Weg	3	1725
M-220	Weg	5	1715
M-230	Weg	30	1765
M-240	Weg	2	1150
M-250	Weg	15	1170
M-260 A	Weg	15	1170
M-260 B	Metalcorte	15	1165
M-270	Metalcorte	3	1725
M-280	Weg	150	1785
M-320	Induction Motor	1	1690
M-330	Weg	1	1150
M-340	Weg	2	1150
M-370 A	Weg	30	1665
M-370 B	Weg	40	3555
M-370 C	Weg	5	3485
M-370 D	Weg	10	1750
M-370 E	Weg	25	3525
M-370 F	Weg	7.5	3500
M-370 G	Weg	30	1765
Tractor	Caterpillar 920	80	2200

EVALUACIÓN DEL PROCESO PRODUCTIVO DE LA PLANTA INDUSTRIAL LADRILLERA TERRAFORTE UBICADA EN EL SECTOR DE CALACALÍ EN EL PERIODO 2012-2013.

Tabla 12: Características de los equipos de la Planta Ladrillera Terraforte (Nomenclatura, Condiciones de operación, Marca, Capacidad de los equipos y operación unitaria). (Autor)

Equipo	Nomenclatura	Condiciones de operación	Marca	Material	Capacidad	Operación
Cajón Alimentador	F-110	Temperatura de 20°C	MS SOUZA	Acero inoxidable especial	5-15 ton/h	Almacenamiento
Banda transportadora	J-120	Temperatura de 20°C	-	Caucho cojín de alta durabilidad.	-	Transporte
Molino de martillos	C-130	Temperatura de 20°C	-	Acero inoxidable especial	-	Trituración. Reducción de tamaño de partícula Gravimetría $\phi = 0.12$ pulg con malla 30mm
Mezclador	ME-140	Temperatura de 20°C	MS SOUZA	Acero inoxidable especial	8-15 ton/h	Homogenización
Banda transportadora	J-150	Temperatura de 20°C	-	Caucho cojín de alta durabilidad.	-	Transporte
Cajón alimentador	F-220	Temperatura de 20°C	MS SOUZA	Acero inoxidable especial	5-15 ton/h	Almacenamiento
Mezclador Amasador	ME-230	Temperatura de 20°C	MS SOUZA	Acero inoxidable especial	15-25 ton/h	Homogenización
Banda transportadora	J-240	Temperatura de 20°C	-	Caucho cojín de alta durabilidad.	-	Transporte
Mezclador	ME-250	Temperatura de 20°C	MS SOUZA	Acero inoxidable especial	8-15 ton/h	Homogenización

EVALUACIÓN DEL PROCESO PRODUCTIVO DE LA PLANTA INDUSTRIAL LADRILLERA
TERRAFORTE UBICADA EN EL SECTOR DE CALACALÍ EN EL PERIODO 2012-2013.

Equipo	Nomenclatura	Condiciones de operación	Marca	Material	Capacidad	Operación
Laminadora	C-260	Temperatura de 20°C	MS SOUZA	Acero inoxidable especial	20-30 ton/h	Romper Amasar Mezclar
Banda transportadora	J-270	Temperatura de 20°C	-	Caucho cojín de alta durabilidad.	-	Transporte
Extrusora	X-280	Temperatura de 20°C	MS SOUZA	Acero inoxidable especial	18-25 ton/h	Moldeado
Moldeadora	MC-310	Temperatura de 28°C	-	Acero inoxidable especial	-	Moldeado
Banda transportadora	J-320	Temperatura de 26°C	-	Caucho cojín de alta durabilidad.	-	Transporte
Cortadora	C-330	Temperatura de 24°C	-	Acero inoxidable especial	12000 cortes/h	Cortado de piezas
Banda transportadora	J-340	Temperatura de 22°C	-	Caucho cojín de alta durabilidad.	-	Transporte
Pre-Secado	P-350	Temperatura de 20°C	-	-	-	Reposo
Secado	B-360	Temperatura de 22°C	-	Ladrillo	-	Secado
Horno	Q-370	Temperatura de 25°C	-	Ladrillo común y ladrillo refractario	-	Cocción

II. CAPÍTULO

METODOLOGÍA

EVALUACIÓN DEL PROCESO PRODUCTIVO DE LA PLANTA INDUSTRIAL LADRILLERA
TERRAFORTE UBICADA EN EL SECTOR DE CALACALÍ EN EL PERIODO 2012-2013.

2.1. Nivel de estudio.

Esta investigación tendrá un nivel de estudio exploratorio, descriptivo y explicativo. Es exploratoria ya que el muestreo se efectuará en el campo, la toma de muestras se realizará en la ciudad de Quito en la Industria Ladrillera Terraforte, la investigación estará estructurada en base de revisiones bibliográficas, ensayos a realizarse en los laboratorios para ejecutar el balance de masa y energía en la Industria Ladrillera.

Es descriptiva ya que detalla el proceso de producción de la Planta y sus cambios posteriores para la fabricación de ladrillos, tejas, fachaletas, etc., a partir de arcillas. Y es de tipo explicativo ya que a partir de la evaluación a realizarse y de los estudios hechos en campo se busca identificar la problemática actual de la Planta Ladrillera Terraforte y esto servirá para el estudio posterior para la optimización y mejoramiento del proceso.

2.2.Modalidad de Investigación.

La modalidad adoptada para la presente investigación es de campo, ya que las muestras tomadas y ensayos se realizaron en la Planta ladrillera Terraforte a esto también se lo conoce como investigación in situ.

2.3.Método.

La investigación realizada es de carácter Inductivo ya que se realiza la toma de muestras en campo y varios análisis experimentales para obtener un resultado general del comportamiento productivo de la Planta Ladrillera. Además, es Deductiva ya que a partir de los cálculos matemáticos realizados se obtendrá conclusiones de cómo está operando la menciona planta.

2.4.Población y Muestra.

Población: Producción total de ladrillos, fachaletas, tejas obtenidas durante el periodo que duró la investigación.

EVALUACIÓN DEL PROCESO PRODUCTIVO DE LA PLANTA INDUSTRIAL LADRILLERA
TERRAFORTE UBICADA EN EL SECTOR DE CALACALÍ EN EL PERIODO 2012-2013.

Muestra: Producción de ladrillos, fachaletas, tejas tomadas para el análisis en ciertos periodos de tiempo.

2.5. Selección de Instrumentos de Investigación.

Para el desarrollo de esta investigación, los instrumentos utilizados son: observación y experimentación.

Se utilizó la observación, ya que se tomó información de los procesos y operaciones unitarias de la Planta Ladrillera, entre esta información se encuentran la toma de datos de las condiciones de operación y toma de muestras de cada proceso. Además se usó la experimentación para determinar las propiedades físico-químicas de las corrientes y productos. La Industria Ladrillera Terraforte, puso a disposición sus equipos para la ejecución de este estudio.

Los equipos utilizados para la experimentación son:

- Cronómetro.
- Estufa.
- Tamiz malla 30 mm.
- Buretas.
- Pirómetro.
- Recipientes.
- Envolturas plásticas.

EVALUACIÓN DEL PROCESO PRODUCTIVO DE LA PLANTA INDUSTRIAL LADRILLERA
TERRAFORTE UBICADA EN EL SECTOR DE CALACALÍ EN EL PERIODO 2012-2013.

2.6. Validez y confiabilidad de datos.

Previo a la realización de los ensayos experimentales, se procedió a efectuar una adecuada calibración de los equipos utilizados de acuerdo al manual del proveedor y a las normas existentes.

2.7. Procesamiento de datos para el balance de masa y de energía.

Los datos serán procesados para esta investigación mediante el paquete Microsoft Office (Word, Excel y Power Point).

AutoCAD para la realización de los diagramas (PFD), (DFP), simbología y distribución de la Planta Ladrillera Terraforte.

Aspen Hysys versión 7.2 para obtención de fundamentos para la realización del balance de materia y energía.

Se usarán registros escritos para la realización de fichas técnicas para la realización del balance de masa y de energía.

III. CAPÍTULO

RESULTADOS

EVALUACIÓN DEL PROCESO PRODUCTIVO DE LA PLANTA INDUSTRIAL LADRILLERA
TERRAFORTE UBICADA EN EL SECTOR DE CALACALÍ EN EL PERIODO 2012-2013.

3.1 Procedimiento.

Para la evaluación se tuvo que realizar un levantamiento de información y visitas a la planta. La obtención de datos de campo se efectuó a través de fichas técnicas para la realización del balance de materia, los registros se efectuaron de acuerdo a las necesidades de cada uno de los procesos de la Planta Ladrillera Terraforte. Las fichas tomadas en todos los procedimientos se realizaron durante el periodo de tiempo de un mes. Se realizó medidas de tendencia central y de dispersión como (media, mediana, moda, media geométrica, mínimo, máximo, rango, varianza, desviación estándar y coeficiente de varianza) la información para dicho cálculo se obtuvo del libro (Webster, 2000) con el fin de que los datos obtenidos sean confiables. Para la realización del balance de masa se trabajó con la medida de dispersión de la media.

3.2 Cantidad de palas que ingresaron a la tolva (F-110).

Se recolectaron datos diarios durante un mes de las materias primas (arcilla roja, arcilla blanca y material de rotura) que ingresan al proceso de producción (tolva F-110). Para la alimentación de la materia prima al proceso se utiliza un tractor con pala mecánica que constantemente suministra material al proceso. Con la información de la marca y modelo del tractor se obtuvo la capacidad del cucharón ($1,4 \text{ m}^3$). Para el análisis, se asumió un criterio del 80% de llenado del cucharón con material ($1,12 \text{ m}^3$). Además, se determinó el número de veces al día que se alimentaba cada materia prima al proceso. Para determinar la cantidad total de cada material que ingresa al proceso durante un día se multiplicó el número de palas que ingresaron por el volumen de la pala. Los datos se muestran en la tabla 13: cantidad de materia prima que ingresa a la Tova (F-110).

Cabe señalar que el proceso de producción tiene dos jornadas laborales, por lo cual el número de palas en que ingresan se toma en 16 horas/día.

3.3 Humedad de la arcilla a la entrada a la banda transportadora (J-120).

La humedad de la arcilla se calculó con una base de cálculo de 100 g de material por día, la arcilla recolectada dentro de envases plásticos se desmenuzó con la ayuda de un mortero para que la muestra expulse uniformemente la humedad, el material se pesó en una balanza analítica y se colocó en recipientes metálicos para trasladarlos a una estufa durante un tiempo de cuatro horas, a una temperatura que oscila entre 25-30°C, cabe señalar que la mufla es de lámparas infrarrojas y la temperatura fue medida mediante un pirómetro. La humedad se calculó por diferencia de pesos, es decir, el peso de la arcilla (100g) menos el porcentaje de humedad en el transcurso de cuatro horas. El procedimiento es el mismo para todos los procesos donde requiere determinar humedad. Los datos obtenidos se presentan en la tabla 16: humedad de la arcilla a la entrada de la banda transportadora (J-120).

3.4 Granulometría de la materia prima en el proceso de Molienda (C-130).

Una vez que la arcilla ha pasado por el molino de martillos, con la ayuda de envases plásticos se recolectó muestras cada dos horas durante el transcurso de cada día. Se pesó 100g de muestra en una balanza analítica. Se realizó un tamizado utilizando una luz de malla de 30mm. Se pesó el material que no atravesó el tamiz utilizando una balanza analítica, con los valores obtenidos del peso de la muestra y el peso del material que no atravesó el tamiz se obtuvo el porcentaje de granulometría. Los datos observados se presentan en la tabla 14: granulometría obtenida en el proceso (C-130).

3.5 Determinación de la cantidad de agua utilizada en el proceso de mezclado (ME-140).

El caudal de agua que ingresa al proceso de mezclado con la arcilla se calculó midiendo el volumen del fluido de entrada con una bureta durante un tiempo de treinta segundos.

EVALUACIÓN DEL PROCESO PRODUCTIVO DE LA PLANTA INDUSTRIAL LADRILLERA
TERRAFORTE UBICADA EN EL SECTOR DE CALACALÍ EN EL PERIODO 2012-2013.

El agua para el mezclado sale en forma de fina lluvia por medio de un tubo horizontal que tiene 21 orificios, la muestra para determinar el caudal se tomó de uno de los orificios, considerando que el flujo que pasa por cada orificio es constante.

Los datos se tomaron dos veces al día durante un mes. El caudal total que ingresa al proceso de mezclado se obtuvo multiplicando el flujo de agua por el número de orificios totales. Los datos adquiridos se presentan en la tabla 15: caudal obtenido en el proceso (ME-140).

3.6 Humedad de la arcilla a la salida de la mezcladora (ME-140).

Con el procedimiento mencionado en la sección 3.3 se calculó la humedad por gravimetría. Los datos obtenidos se presentan en la tabla 17: humedad de la arcilla a la salida del proceso (M-140).

3.7 Humedad de la arcilla en el proceso de maduración (F-210).

Para el proceso de maduración se tomó muestras de la corriente que sale del mezclador (M-140), se dejó las muestras en reposo durante siete días a temperatura ambiente, posteriormente, se calculó el porcentaje de humedad de la arcilla por el procedimiento mencionado en la sección 3.3. Se obtuvo datos de la maduración de la mezcla cada siete días. Los datos obtenidos se muestran en la tabla 18: humedad de la arcilla en el proceso (F-210).

3.8 Cantidad de palas que ingresaron a la tolva (F-220).

Se realizó fichas técnicas del número de palas mecánicas de materia prima que ingresan a la tolva o cajón dosificador en el transcurso del día y se multiplicó por la capacidad del cucharón, considerando un criterio del 80% de llenado. Los datos observados se presentan en la tabla 19: cantidad de materia prima que ingreso al proceso (F-220).

3.9 Cantidad de agua requerida para el mezclado de la arcilla (ME-230).

EVALUACIÓN DEL PROCESO PRODUCTIVO DE LA PLANTA INDUSTRIAL LADRILLERA
TERRAFORTE UBICADA EN EL SECTOR DE CALACALÍ EN EL PERIODO 2012-2013.

El procedimiento que se utilizó para calcular el caudal que sale de la mezcladora fue anteriormente expuesto en la sección 3.5. El número de orificios del tubo horizontal por donde ingresa el agua a este proceso son nueve. Los datos obtenidos se presentan en la tabla 20: caudal del proceso (ME-230).

3.10 Humedad de la arcilla a la salida de la mezcladora (ME-230).

La humedad se calculó con el procedimiento descrito en la sección 3.3. Los datos obtenidos se presentan en la tabla 21: humedad de la arcilla a la salida del proceso (ME-230).

3.11 Procedimiento para calcular la cantidad de pérdidas de material después de la extrucción.

Para el cálculo de las pérdidas de arcilla que se genera debido a la caída de material durante el transporte por la banda transportadora, material que contiene defectos o a cortes que no cuentan con las medidas adecuadas, se determinó la cantidad total de pérdidas diarias que se genera, mediante la contabilización del número de caretillas de material residual que se reenvían a reproceso. Con la información de la marca y modelo de la caretilla se obtuvo la capacidad de carga (volumen). Para el análisis, se asumió un criterio del 80% de llenado de la caretilla con material (0.08 m^3). Para determinar la cantidad total de pérdidas diarias, se multiplicó el número de palas que ingresaron a reproceso por el volumen de la caretilla. Los datos obtenidos se muestran en la tabla 23: material defectuoso o caído, cortado o rechazo.

3.12 Humedad de la arcilla a la salida de la extrusora (X-280).

El producto ya moldeado, se recolectó una unidad de producto y se procedió a sacar la humedad con el procedimiento descrito en la sección 3.3. Los datos obtenidos se presentan en la tabla 22: humedad de la arcilla a la salida del proceso (X-280).

EVALUACIÓN DEL PROCESO PRODUCTIVO DE LA PLANTA INDUSTRIAL LADRILLERA
TERRAFORTE UBICADA EN EL SECTOR DE CALACALÍ EN EL PERIODO 2012-2013.

3.13 Determinación de la humedad de la arcilla a la salida del Pre-Secado (P-350).

Se recolectó datos de muestras a la salida del proceso de pre-secado, tanto de la parte inferior como superior de las vagonetas y se procedió a determinar la humedad con el procedimiento descrito en la sección 3.3. Los datos observados se presentan en la tabla 25: humedad en el proceso (P-350).

3.14 Humedad de la arcilla a la salida del Secado (B-360).

La humedad se calculó con el procedimiento descrito en la sección 3.3. Los datos conseguidos se presentan en la tabla 26: Humedad en el proceso B-360.

3.15 Datos experimentales.

Para la recolección de los datos experimentales insitu se realizó fichas técnicas de cada proceso, a continuación se presentan en las siguientes tablas:

Tabla 13: Cantidad de materia prima que ingresa a la tolva F-110. (Autor).

Fecha	Arcilla Roja, Ton/día	Arcilla Blanca o Caolín, Ton/día	Rotura, Ton/día	Total de mezcla, Ton/día
3/27/2013	83,7	10,8	24,3	119
3/28/2013	43,2	5,4	10,8	59
3/29/2013	43,2	5,4	10,8	59
4/1/2013	21,6	2,7	5,4	30
4/2/2013	43,2	5,4	10,8	59
4/3/2013	64,8	8,1	18,9	92
4/4/2013	64,8	8,1	18,9	92
4/5/2013	83,7	10,8	24,3	119
4/8/2013	43,2	5,4	10,8	59
4/9/2013	43,2	5,4	10,8	59
4/10/2013	83,7	24,3	24,3	132

EVALUACIÓN DEL PROCESO PRODUCTIVO DE LA PLANTA INDUSTRIAL LADRILLERA
TERRAFORTE UBICADA EN EL SECTOR DE CALACALÍ EN EL PERIODO 2012-2013.

Fecha	Arcilla Roja, Ton/día	Arcilla Blanca o Caolín, Ton/día	Rotura, Ton/día	Total de mezcla, Ton/día
4/11/2013	54	0	18,9	73
4/12/2013	54	0	18,9	73
4/15/2013	81	0	27	108
4/16/2013	64,8	8,1	10,8	84
4/17/2013	81	5,4	27	113
4/18/2013	54	0	18,9	73
4/19/2013	83,7	24,3	24,3	132
4/22/2013	43,2	5,4	10,8	59
4/23/2013	81	5,4	27	113
4/24/2013	83,7	24,3	24,3	132
4/25/2013	21,6	2,7	5,4	30
4/26/2013	43,2	5,4	10,8	59
4/29/2013	54	0	18,9	73
4/30/2013	64,8	8,1	18,9	92

Tabla 14: Granulometría obtenida en el proceso C-130. (Autor).

Fecha	Granulometría			
	8:00 AM	10:00 AM	12:00 PM	2:00 PM
3/27/2013	2	3	3	3
3/28/2013	3	2	2	3
3/29/2013	3	2	2	2
4/1/2013	2	2	1	2
4/2/2013	2	2	2	2
4/3/2013	2	2	2	2
4/4/2013	3	3	3	3
4/5/2013	7	8	8	8

EVALUACIÓN DEL PROCESO PRODUCTIVO DE LA PLANTA INDUSTRIAL LADRILLERA
TERRAFORTE UBICADA EN EL SECTOR DE CALACALÍ EN EL PERIODO 2012-2013.

Fecha	Granulometría			
	8:00 AM	10:00 AM	12:00 PM	2:00 PM
4/8/2013	7	7	7	7
4/9/2013	2	2	2	2
4/10/2013	3	3	3	3
4/11/2013	6	5	5	6
4/12/2013	6	4	8	8
4/15/2013	4	5	5	6
4/16/2013	2	2	2	2
4/17/2013	5	4	4	3
4/18/2013	2	2	1	2
4/19/2013	2	2	2	2
4/22/2013	2	2	2	2
4/23/2013	3	3	3	3
4/24/2013	3	3	3	3
4/25/2013	3	3	4	4
4/26/2013	3	3	3	3
4/29/2013	4	5	5	6
4/30/2013	3	4	3	3

Tabla 15: Caudal obtenido en el proceso ME-140. (Autor).

Fecha	Caudal, L/h		
	8:00 AM	2:00 PM	Total de caudal (L/h)
3/27/2013	1.552	2.016	1.784
3/28/2013	1.210	1.391	1.300
3/29/2013	1.613	2.016	1.814
4/1/2013	1.411	1.452	1.431
4/2/2013	1.572	907	1.240

EVALUACIÓN DEL PROCESO PRODUCTIVO DE LA PLANTA INDUSTRIAL LADRILLERA
TERRAFORTE UBICADA EN EL SECTOR DE CALACALÍ EN EL PERIODO 2012-2013.

Fecha	Caudal, L/h		
	8:00 AM	2:00 PM	Total de caudal (L/h)
4/3/2013	302	302	302
4/4/2013	806	806	806
4/5/2013	1.008	806	907
4/8/2013	1.048	1.048	1.048
4/9/2013	1.008	1.008	1.008
4/10/2013	1.210	1.250	1.230
4/11/2013	2.722	2.419	2.570
4/12/2013	2.117	1.814	1.966
4/15/2013	2.117	2.117	2.117
4/16/2013	1.048	1.048	1.048
4/17/2013	1.210	1.250	1.230
4/18/2013	302	302	302
4/19/2013	2.722	2.419	2.570
4/22/2013	1.210	1.391	1.300
4/23/2013	1.572	907	1.240
4/24/2013	1.008	1.008	1.008
4/25/2013	2.117	1.814	1.966
4/26/2013	1.552	2.016	1.784
4/29/2013	1.411	1.452	1.431
4/30/2013	302	302	302

Tabla 16: Humedad de la arcilla a la entrada de la banda transportadora J-120. (Autor).

Fecha	Peso, g
	$H = P_f - P_i$
3/27/2013	4
3/28/2013	4

EVALUACIÓN DEL PROCESO PRODUCTIVO DE LA PLANTA INDUSTRIAL LADRILLERA
TERRAFORTE UBICADA EN EL SECTOR DE CALACALÍ EN EL PERIODO 2012-2013.

3/29/2013	5
4/1/2013	4
4/2/2013	4
4/3/2013	4
4/4/2013	5
4/5/2013	3
4/8/2013	5
4/9/2013	4
4/10/2013	5
4/11/2013	4
4/12/2013	4
4/15/2013	5
4/16/2013	3
4/17/2013	5
4/18/2013	4
4/19/2013	6
4/22/2013	4
4/23/2013	8
4/24/2013	5
4/25/2013	4
4/26/2013	4
4/29/2013	3
4/30/2013	4

EVALUACIÓN DEL PROCESO PRODUCTIVO DE LA PLANTA INDUSTRIAL LADRILLERA
TERRAFORTE UBICADA EN EL SECTOR DE CALACALÍ EN EL PERIODO 2012-2013.

Tabla 17: Humedad de la arcilla a la salida del proceso ME-140. (Autor).

Fecha	Peso, g
	$H=P_f - P_i$
3/27/2013	7
3/28/2013	7
3/29/2013	8
4/1/2013	5
4/2/2013	9
4/3/2013	7
4/4/2013	6
4/5/2013	7
4/8/2013	7
4/9/2013	6
4/10/2013	7
4/11/2013	9
4/12/2013	6
4/15/2013	6
4/16/2013	7
4/17/2013	7
4/18/2013	6
4/19/2013	7
4/22/2013	7
4/23/2013	7
4/24/2013	8
4/25/2013	6
4/26/2013	6
4/29/2013	7
4/30/2013	7

EVALUACIÓN DEL PROCESO PRODUCTIVO DE LA PLANTA INDUSTRIAL LADRILLERA
TERRAFORTE UBICADA EN EL SECTOR DE CALACALÍ EN EL PERIODO 2012-2013.

Tabla 18: Humedad de la arcilla en el proceso F-210. (Autor).

Fecha	Peso, g
	$H=P_f - P_i$
3/27/2013	5
3/28/2013	6
3/29/2013	7
4/1/2013	2
4/2/2013	6
4/3/2013	3
4/4/2013	4
4/5/2013	5
4/8/2013	3
4/9/2013	4
4/10/2013	6
4/11/2013	7
4/12/2013	3
4/15/2013	5
4/16/2013	4
4/17/2013	6
4/18/2013	5
4/19/2013	5
4/22/2013	6
4/23/2013	6
4/24/2013	4
4/25/2013	5
4/26/2013	3
4/29/2013	4
4/30/2013	6

EVALUACIÓN DEL PROCESO PRODUCTIVO DE LA PLANTA INDUSTRIAL LADRILLERA
TERRAFORTE UBICADA EN EL SECTOR DE CALACALÍ EN EL PERIODO 2012-2013.

Tabla 19: Cantidad de materia prima que ingreso al proceso F-220. (Autor).

Fecha	Ton/día
3/27/2013	97,2
3/28/2013	99,9
3/29/2013	89,1
4/1/2013	99,9
4/2/2013	108
4/3/2013	72,9
4/4/2013	64,8
4/5/2013	72,9
4/8/2013	59,4
4/9/2013	43,2
4/10/2013	97,2
4/11/2013	70,2
4/12/2013	51,3
4/15/2013	56,7
4/16/2013	91,8
4/17/2013	99,9
4/18/2013	89,1
4/19/2013	78,3
4/22/2013	45,9
4/23/2013	72,9
4/24/2013	75,6
4/25/2013	48,6
4/26/2013	70,2
4/29/2013	48,6
4/30/2013	59,4

EVALUACIÓN DEL PROCESO PRODUCTIVO DE LA PLANTA INDUSTRIAL LADRILLERA
TERRAFORTE UBICADA EN EL SECTOR DE CALACALÍ EN EL PERIODO 2012-2013.

Tabla 20: Caudal del proceso ME-230 (Autor).

Fecha	Caudal, L/h		Caudal, L/d
	8:00 AM	12:00 PM	Promedio
27/03/2013	53,28	64,08	469,44
28/03/2013	144,00	72,00	864,00
29/03/2013	201,60	252,00	1814,40
01/04/2013	105,48	101,76	828,96
02/04/2013	176,40	203,28	1.518,72
03/04/2013	339,12	231,12	2.280,96
04/04/2013	486,00	414,72	3.602,88
05/04/2013	680,40	567,00	4.989,60
08/04/2013	501,12	393,12	3.576,96
09/04/2013	375,84	267,84	2.574,72
10/04/2013	81,60	98,88	721,92
11/04/2013	253,80	394,20	2.592,00
12/04/2013	112,32	117,12	917,76
15/04/2013	53,28	64,08	469,44
16/04/2013	144,00	72,00	864,00
17/04/2013	201,60	252,00	1.814,40
18/04/2013	339,12	231,12	2.280,96
19/04/2013	486,00	414,72	3.602,88
22/04/2013	680,40	567,00	4.989,60
23/04/2013	375,84	267,84	2.574,72
24/04/2013	81,60	98,88	721,92
25/04/2013	253,80	394,20	2.592,00
26/04/2013	112,32	117,12	917,76
29/04/2013	144,00	72,00	864,00
30/04/2013	201,60	252,00	1.814,40

EVALUACIÓN DEL PROCESO PRODUCTIVO DE LA PLANTA INDUSTRIAL LADRILLERA
TERRAFORTE UBICADA EN EL SECTOR DE CALACALÍ EN EL PERIODO 2012-2013.

Tabla 21: Humedad de la arcilla a la salida del proceso ME-230. (Autor).

Fecha	Peso, g
	$H=P_f - P_i$
3/27/2013	7
3/28/2013	8
3/29/2013	8
4/1/2013	8
4/2/2013	7
4/3/2013	8
4/4/2013	8
4/5/2013	6
4/8/2013	7
4/9/2013	7
4/10/2013	9
4/11/2013	7
4/12/2013	7
4/15/2013	6
4/16/2013	6
4/17/2013	6
4/18/2013	7
4/19/2013	6
4/22/2013	6
4/23/2013	8
4/24/2013	6
4/25/2013	7
4/26/2013	5
4/29/2013	7
4/30/2013	6

EVALUACIÓN DEL PROCESO PRODUCTIVO DE LA PLANTA INDUSTRIAL LADRILLERA
TERRAFORTE UBICADA EN EL SECTOR DE CALACALÍ EN EL PERIODO 2012-2013.

Tabla 22: Humedad de la arcilla a la salida del proceso X-280. (Autor).

Fecha	Peso, g
	$H=P_f - P_i$
3/27/2013	5
3/28/2013	4
3/29/2013	6
4/1/2013	5
4/2/2013	7
4/3/2013	6
4/4/2013	4
4/5/2013	6
4/8/2013	6
4/9/2013	5
4/10/2013	7
4/11/2013	5
4/12/2013	6
4/15/2013	5
4/16/2013	5
4/17/2013	6
4/18/2013	4
4/19/2013	5
4/22/2013	5
4/23/2013	7
4/24/2013	5
4/25/2013	5
4/26/2013	6
4/29/2013	5
4/30/2013	6

EVALUACIÓN DEL PROCESO PRODUCTIVO DE LA PLANTA INDUSTRIAL LADRILLERA
TERRAFORTE UBICADA EN EL SECTOR DE CALACALÍ EN EL PERIODO 2012-2013.

Tabla 23: Material defectuoso o caído, cortado o rechazo. (Autor).

Fecha	Peso, m ³ /día		
	Producto caído o defectuoso	Producto cortado o rechazo	Total del producto caído o de rechazo.
3/27/2013	7	7	14
3/28/2013	7	10	17
3/29/2013	7	9	16
4/1/2013	11	11	22
4/2/2013	4	5	9
4/3/2013	4	0	4
4/4/2013	3	8	11
4/5/2013	3	13	16
4/8/2013	7	19	26
4/9/2013	11	7	18
4/10/2013	4	16	20
4/11/2013	5	9	14
4/12/2013	3	7	10
4/15/2013	5	11	16
4/16/2013	11	21	32
4/17/2013	4	5	9
4/18/2013	4	16	20
4/19/2013	5	9	14
4/20/2013	3	3	6
4/23/2013	11	22	33
4/24/2013	3	8	11
4/25/2013	3	13	16
4/26/2013	7	19	26
4/29/2013	3	7	10

EVALUACIÓN DEL PROCESO PRODUCTIVO DE LA PLANTA INDUSTRIAL LADRILLERA TERRAFORTE UBICADA EN EL SECTOR DE CALACALÍ EN EL PERIODO 2012-2013.

Fecha	Peso, m ³ /día		
	Producto caído o defectuoso	Producto cortado o rechazo	Total del producto caído o de rechazo.
4/30/2014	4	16	20

Tabla 24: Producto que se fabricó al día. (Autor).

Fecha	Producto
3/27/2013	Fachaleta
3/28/2013	Fachaleta
3/29/2013	Fachaleta
4/1/2013	Fachaleta
4/2/2013	Adoquín
4/3/2013	Tejas
4/4/2013	Fachaleta
4/5/2013	Fachaleta
4/8/2013	Fachaleta
4/9/2013	Ladrillo 6H
4/10/2013	Ladrillo 6H
4/11/2013	Ladrillo 6H
4/12/2013	Ladrillo 6H
4/15/2013	Ladrillo 6H
4/16/2013	Fachaleta
4/17/2013	Adoquín
4/18/2013	Tejas
4/19/2013	Fachaleta
4/22/2013	Ladrillo 6H
4/23/2013	Ladrillo 6H
4/24/2013	Ladrillo 6H

EVALUACIÓN DEL PROCESO PRODUCTIVO DE LA PLANTA INDUSTRIAL LADRILLERA TERRAFORTE UBICADA EN EL SECTOR DE CALACALÍ EN EL PERIODO 2012-2013.

Fecha	Producto
4/25/2013	Fachaleta
4/26/2013	Adoquín
4/29/2013	Tejas

Tabla 25: Humedad en el proceso P-350. (Autor).

Fecha	Parte superior, g	Parte Inferior, g	Promedio, g
	$H=P_f - P_i$	$H=P_f - P_i$	
3/27/2013	2,0	5,0	3,5
3/28/2013	2,0	4,5	3,3
3/29/2013	5,0	6,0	5,5
4/1/2013	3,0	5,0	4,0
4/2/2013	4,0	4,0	4,0
4/3/2013	2,6	4,7	3,7
4/4/2013	5,2	5,1	5,2
4/5/2013	4,8	5,3	5,1
4/8/2013	3,4	4,8	4,1
4/9/2013	4,0	4,0	4,0
4/10/2013	4,6	3,9	4,3
4/11/2013	4,0	5,0	4,5
4/12/2013	6,7	4,2	5,5
4/15/2013	4,8	5,0	4,9
4/16/2013	2,6	5,8	4,2
4/17/2013	4,1	5,1	4,6
4/18/2013	4,0	4,0	4,0
4/19/2013	5,6	5,4	5,5
4/22/2013	4,0	4,0	4,0
4/23/2013	6,0	5,0	5,5

EVALUACIÓN DEL PROCESO PRODUCTIVO DE LA PLANTA INDUSTRIAL LADRILLERA
TERRAFORTE UBICADA EN EL SECTOR DE CALACALÍ EN EL PERIODO 2012-2013.

Fecha	Parte superior, g	Parte Inferior, g	Promedio, g
	$H=P_f - P_i$	$H=P_f - P_i$	
4/24/2013	5,0	5,0	5,0
4/25/2013	6,7	4,2	5,5
4/26/2013	4,8	6,0	5,4
4/29/2013	2,6	5,8	4,2
4/30/2013	4,0	5,0	4,5

Tabla 26: Humedad en el proceso B-360. (Autor).

Fecha	Parte superior, g	Parte Inferior, g	Promedio, g
	$H=P_f - P_i$	$H=P_f - P_i$	
3/27/2013	2,0	5,0	3,5
3/28/2013	2,0	4,5	3,3
3/29/2013	5,0	6,0	5,5
4/1/2013	3,0	5,0	4,0
4/2/2013	4,0	4,0	4,0
4/3/2013	2,6	4,7	3,7
4/4/2013	5,2	5,1	5,2
4/5/2013	4,8	5,3	5,1
4/8/2013	3,4	4,8	4,1
4/9/2013	4,0	4,0	4,0
4/10/2013	4,6	3,9	4,3
4/11/2013	4,0	5,0	4,5
4/12/2013	6,7	4,2	5,5
4/15/2013	4,8	5,0	4,9
4/16/2013	2,6	5,8	4,2
4/17/2013	4,1	5,1	4,6
4/18/2013	4,0	4,0	4,0

EVALUACIÓN DEL PROCESO PRODUCTIVO DE LA PLANTA INDUSTRIAL LADRILLERA
TERRAFORTE UBICADA EN EL SECTOR DE CALACALÍ EN EL PERIODO 2012-2013.

Fecha	Parte superior, g	Parte Inferior, g	Promedio, g
	$H=P_f - P_i$	$H=P_f - P_i$	
4/19/2013	5,6	5,4	5,5
4/22/2013	4,0	4,0	4,0
4/23/2013	6,0	5,0	5,5
4/24/2013	5,0	5,0	5,0
4/25/2013	6,7	4,2	5,5
4/26/2013	4,8	6,0	5,4
4/29/2013	2,6	5,8	4,2
4/30/2013	4,0	5,0	4,5

Tabla 27: Resultado de datos estadísticos de la cantidad de arcilla roja que ingresa a la tolva F-110. (Autor).

F-110	
N	25
Media (ton/día)	59,29
Mediana (ton/día)	54
Moda (ton/día)	43,2
Media geométrica	55,63
Máximo	83,7
Mínimo	21,6
Rango	62,1
Varianza ²	371,2
Desviación estándar	19,27
Coeficiente de varianza	32,49

EVALUACIÓN DEL PROCESO PRODUCTIVO DE LA PLANTA INDUSTRIAL LADRILLERA
TERRAFORTE UBICADA EN EL SECTOR DE CALACALÍ EN EL PERIODO 2012-2013.

Tabla 28: Resultado de datos estadísticos de la cantidad de caolín que ingresa a la tova F-110.
(Autor).

F-110	
N	25
Media (ton/día)	7,24
Mediana (ton/día)	5,4
Moda (ton/día)	5,4
Máximo	24,30
Mínimo	0
Rango	24,30
Varianza ²	49,41
Desviación estándar	7,03
Coeficiente de varianza	97,14

Tabla 29: Resultados de datos estadísticos de la cantidad de material de reproceso que ingresa a la tolva F-110. (Autor).

F-110	
N	25
Media (ton/día)	17,28
Mediana (ton/día)	18,9
Moda (ton/día)	10,8
Media geométrica	15,69
Máximo	27,00
Mínimo	5,4
Rango	21,60
Varianza ²	46,66
Desviación estándar	6,83
Coeficiente de varianza	39,53

EVALUACIÓN DEL PROCESO PRODUCTIVO DE LA PLANTA INDUSTRIAL LADRILLERA
TERRAFORTE UBICADA EN EL SECTOR DE CALACALÍ EN EL PERIODO 2012-2013.

Tabla 30: Resultados de datos estadísticos de la materia prima que ingresa a la tolva F-110.
(Autor).

F-110	
N	25
Media (ton/día)	83,81
Mediana (ton/día)	73
Moda (ton/día)	59,4
Media geométrica	77,85
Máximo	132,00
Mínimo	30
Rango	102,60
Varianza ²	901,32
Desviación estándar	30,02
Coeficiente de varianza	35,82

Tabla 31: Humedad de la arcilla a la entrada de la banda transportadora J-120. (Autor).

J-120	
N	25
Media	4,3
Mediana	4
Moda	4
Media geométrica	4,2
Máximo	8
Mínimo	3
Rango	5,4
Varianza ²	1,1
Desviación estándar	1,1
Coeficiente de varianza	24,4

EVALUACIÓN DEL PROCESO PRODUCTIVO DE LA PLANTA INDUSTRIAL LADRILLERA
TERRAFORTE UBICADA EN EL SECTOR DE CALACALÍ EN EL PERIODO 2012-2013.

Tabla 32: Resultados estadísticos de la granulometría en C-130. (Autor)

C-130	
N	25
Media	3,4
Mediana	3
Moda	2
Media geométrica	3,1
Máximo	7,8
Mínimo	1,8
Rango	6
Varianza ²	2,9
Desviación estándar	1,7
Coefficiente de varianza	49,6

Tabla 33: Resultados estadísticos del caudal de mezclado ME-140. (Autor).

ME-140	
N	25
Media (L/día)	1.348
Mediana (L/día)	1.240
Moda (L/día)	1.784
Media geométrica	1.175
Máximo	2.570
Mínimo	302
Rango	2.268
Varianza ²	367.653
Desviación estándar	606
Coefficiente de varianza	45

EVALUACIÓN DEL PROCESO PRODUCTIVO DE LA PLANTA INDUSTRIAL LADRILLERA
TERRAFORTE UBICADA EN EL SECTOR DE CALACALÍ EN EL PERIODO 2012-2013.

Tabla 34: Resultados estadísticos de la humedad a la salida de la mezcladora ME-140. (Autor).

ME-140	
N	25
Media	7
Mediana	7
Moda	7
Media geométrica	7
Máximo	9
Mínimo	5
Rango	4
Varianza ²	1
Desviación estándar	1
Coeficiente de varianza	13

Tabla 35: Humedad de la arcilla en el proceso de maduración F-210. (Autor).

F-210	
N	25
Media	115
Mediana	5
Moda	5,7
Media geométrica	4,427
Máximo	7
Mínimo	2
Rango	4
Varianza ²	12147,17
Desviación estándar	110,21
Coeficiente de varianza	96,01

EVALUACIÓN DEL PROCESO PRODUCTIVO DE LA PLANTA INDUSTRIAL LADRILLERA
TERRAFORTE UBICADA EN EL SECTOR DE CALACALÍ EN EL PERIODO 2012-2013.

Tabla 36: Resultados estadísticos del caudal del mezclado ME-230. (Autor).

ME-230	
N	25
Media (l/día)	2.010,3
Mediana (l/día)	1.814,4
Moda (l/día)	864
Media geométrica	1.599,4
Máximo	4.989,6
Mínimo	469,4
Rango	4.520,2
Varianza ²	1.715.595,8
Desviación estándar	1.309,8
Coeficiente de varianza	65,2

Tabla 37: Resultados estadísticos de la humedad a la salida de ME-230. (Autor).

ME-230	
N	25
Media	7
Mediana	6,7
Moda	8
Media geométrica	6,7
Máximo	9,4
Mínimo	4,8
Rango	4,6
Varianza ²	1,1
Desviación estándar	1
Coeficiente de varianza	15,2

EVALUACIÓN DEL PROCESO PRODUCTIVO DE LA PLANTA INDUSTRIAL LADRILLERA
TERRAFORTE UBICADA EN EL SECTOR DE CALACALÍ EN EL PERIODO 2012-2013.

Tabla 38: Resultados estadísticos de la humedad a la salida de la extrusora X-280. (Autor).

X-280	
N	25
Media	5,5
Mediana	5,4
Moda	5
Media geométrica	5,4
Máximo	7,3
Mínimo	3,8
Rango	3,5
Varianza ²	0,9
Desviación estándar	0,9
Coeficiente de varianza	17

Tabla 39: Resultados estadísticos del material caído o de rechazo J-340. (Autor).

J-340	
N	25
Media (m ³ /día)	16,37
Mediana (m ³ /día)	16
Moda (m ³ /día)	19,84
Media geométrica	14,71
Máximo	33
Mínimo	4
Rango	29
Varianza ²	51,02
Desviación estándar	7,14

EVALUACIÓN DEL PROCESO PRODUCTIVO DE LA PLANTA INDUSTRIAL LADRILLERA
TERRAFORTE UBICADA EN EL SECTOR DE CALACALÍ EN EL PERIODO 2012-2013.

Tabla 40: Resultados estadísticos de la humedad a la salida del Pre Secado P-350. (Autor).

P-350	
N	25
Media	4,55
Mediana	4,50
Moda	4
Media geométrica	4,49
Máximo	5,50
Mínimo	3,25
Rango	2,25
Varianza ²	0,46
Desviación estándar	0,68
Coeficiente de varianza	15,01

Tabla 41: Resultados estadísticos de la humedad a la salida de B-360. (Autor).

B-360	
N	25
Media	4,55
Mediana	4,50
Moda	4
Media geométrica	4,49
Máximo	5,50
Mínimo	3,25
Rango	2,25
Varianza ²	0,46
B-360	
Desviación estándar	0,68
Coeficiente de varianza	15,01

3.16 Datos adicionales para la realización del balance de materia.

Tabla 42: Datos adicionales para el balance de masa. (Perry, 1998).

Datos adicionales para la realización del balance de masa a condiciones (25°C y 72kPa)	
Peso molecular de la arcilla roja.	305 kg/kgmol
Peso molecular de la arcilla blanca.	258,2 kg/kgmol
Densidad de la arcilla roja.	1.360 kg/m ³
Densidad de la arcilla blanca.	961,1 kg/m ³
Capacidad calorífica de la arcilla roja.	2.190 J/kg °K
Capacidad calorífica de la arcilla blanca.	942,8 J/kg °K
Densidad del agua.	1.000 kg/m ³
Capacidad calorífica del agua.	4.314 J/kg °K

3.17 Cálculos tipos para el balance de materia.

- Cálculo del flujo másico en la corriente tres. Ver anexo 3.

$$\left(16,2 \frac{\text{ton}}{\text{día}}\right) \times \left(1000 \frac{\text{kg}}{\text{ton}}\right) = 16.243 \frac{\text{kg}}{\text{día}}$$

- Cálculo del flujo volumétrico en la corriente tres. Ver anexo 3.

$$V = \frac{m}{\rho} = \frac{16.243 \frac{\text{kg}}{\text{día}}}{1.316,4 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}} = 12,3 \frac{\text{m}^3}{\text{día}}$$

- Cálculo de la densidad en la corriente tres. Ver anexo 3.

$$\rho = \frac{m}{V} = \frac{16.243 \frac{\text{kg}}{\text{día}}}{12,3 \frac{\text{m}^3}{\text{día}}} = 1.316,4 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

- Cálculo del flujo másico en la corriente siete. Ver anexo 3.

$$m = V \times \rho = 1,4 \frac{\text{m}^3}{\text{día}} \times 1.000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} = 1.350 \frac{\text{kg}}{\text{día}}$$

- Cálculo del flujo másico total de la mezcla en la corriente cuatro. Ver anexo 3.

$$P_f = P_{f1} + P_{f2} + P_{f3} = 56.918 + 6.941 + 16.240 = 83.800 \frac{\text{kg}}{\text{día}}$$

EVALUACIÓN DEL PROCESO PRODUCTIVO DE LA PLANTA INDUSTRIAL LADRILLERA
TERRAFORTE UBICADA EN EL SECTOR DE CALACALÍ EN EL PERIODO 2012-2013.

Dónde:

P_f = Flujo másico total.

P_{f1} = Flujo másico de la arcilla roja.

P_{f2} = Flujo másico de la arcilla blanca.

P_{f3} = Flujo másico del material de rotura.

- Cálculo del peso molecular de la mezcla en la corriente cuatro. Ver anexo 3.

$$M = X_i \times M1 + X_i \times M2 + X_i \times M3$$

$$M = 0,711 \times 305 + 0,087 \times 258,1 + 0,203 \times 299,9 = 299,9 \frac{\text{kg}}{\text{mol}}$$

Dónde:

M_T = Peso molecular total.

$M1$ = Peso molecular de la arcilla roja.

$M2$ = Peso molecular de la arcilla blanca.

$M3$ = Peso molecular del material de rotura.

X_i = Fracción molar de cada componente.

- Cálculo de la densidad de la mezcla en la corriente cuatro. Ver anexo 3.

$$\rho = X_i \times \rho1 + X_i \times \rho2 + X_i \times \rho3$$

$$\rho = 0,711 \times 1,360 + 0,087 \times 961,1 + 0,203 \times 1.316,4 = 1.316 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

Dónde:

ρ = Densidad total.

$\rho1$ = Densidad de la arcilla roja.

$\rho2$ = Densidad de la arcilla blanca.

$\rho3$ = Densidad del material de rotura.

X_i = Fracción molar de cada componente.

EVALUACIÓN DEL PROCESO PRODUCTIVO DE LA PLANTA INDUSTRIAL LADRILLERA TERRAFORTE UBICADA EN EL SECTOR DE CALACALÍ EN EL PERIODO 2012-2013.

- Cálculo de la capacidad calorífica de la mezcla en la corriente tres. Ver anexo 3.

$$C_p = X_i \times C_{p1} + X_i \times C_{p2}$$

$$C_p = 0,711 \times 2.190 + 0,087 \times 942,8 = 2.054 \frac{J}{kg \text{ } ^\circ K}$$

- Cálculo para la determinación de pérdidas de material en la corriente veinte y ocho. Ver anexo 3.

$$\text{Masa húmeda} = \frac{V_h \left(\frac{m^3}{\text{día}} \right) \times PM \text{ de la mezcla} \left(\frac{kg}{kg \text{ mol}} \right)}{1000(kg)}$$

$$\text{Masa húmeda} = \frac{17 \left(\frac{m^3}{\text{día}} \right) \times 299,9 \left(\frac{kg}{kg \text{ mol}} \right)}{1.000(kg)}$$

$$\text{Masa húmeda} = 5,1 \left(\frac{ton}{\text{día}} \right)$$

$$\text{Humedad} = \frac{\% H}{100} \times \text{Masa húmeda}$$

$$\text{Humedad} = \frac{5,5}{100} \times 5,1$$

$$\text{Humedad} = 0,28 \left(\frac{ton}{\text{día}} \right)$$

$$\text{Masa seca} = \frac{(100 - \% H)m_H}{100}$$

$$\text{Masa seca} = 4,8 \left(\frac{ton}{\text{día}} \right)$$

$$\text{Pérdidas de arcilla roja} = m_s \left(\frac{ton}{\text{día}} \right) \times X_i$$

$$\text{Pérdidas de arcilla roja} = 4,8 \left(\frac{ton}{\text{día}} \right) \times 0,711$$

$$\text{Pérdidas de arcilla roja} = 3,42$$

EVALUACIÓN DEL PROCESO PRODUCTIVO DE LA PLANTA INDUSTRIAL LADRILLERA TERRAFORTE UBICADA EN EL SECTOR DE CALACALÍ EN EL PERIODO 2012-2013.

$$\text{Pérdidas de caolín} = m_s \left(\frac{\text{ton}}{\text{día}} \right) \times X_i$$

$$\text{Pérdidas de caolín} = 4,8 \left(\frac{\text{ton}}{\text{día}} \right) \times 0,087$$

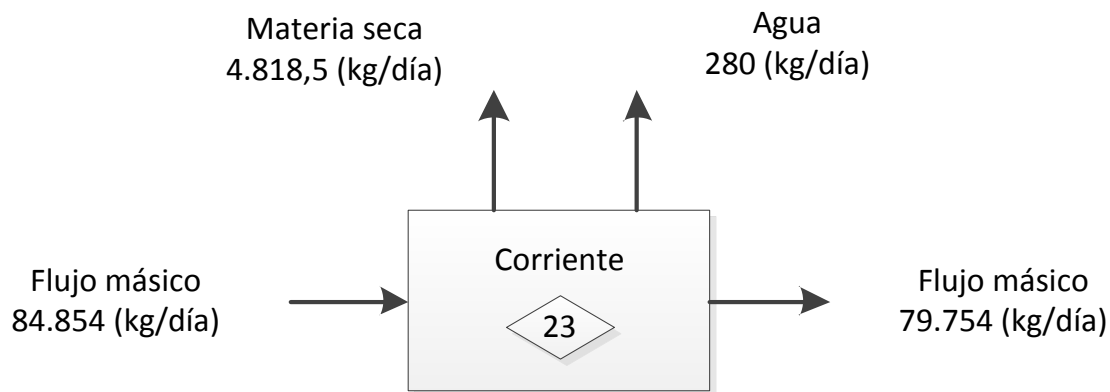
$$\text{Pérdidas de caolín} = 0,42 \left(\frac{\text{ton}}{\text{día}} \right)$$

$$\text{Pérdidas de material de reproceso} = m_s \left(\frac{\text{ton}}{\text{día}} \right) \times X_i$$

$$\text{Pérdidas de material de reproceso} = 4,8 \left(\frac{\text{ton}}{\text{día}} \right) \times 0,203$$

$$\text{Pérdidas de material de reproceso} = 0,98 \left(\frac{\text{ton}}{\text{día}} \right)$$

Figura 28: Balance de masa de la corriente 23. (Autor).



- Cálculo para el procesamiento de datos de las pérdidas por vaporización en Q-370 en la corriente 31.

$$\text{Humedad} = \frac{\% H}{100} \times \text{Masa húmeda (flujo másico corriente 24)}$$

$$\text{Humedad} = \frac{1}{100} \times 78.913$$

$$\text{Humedad} = 0,789$$

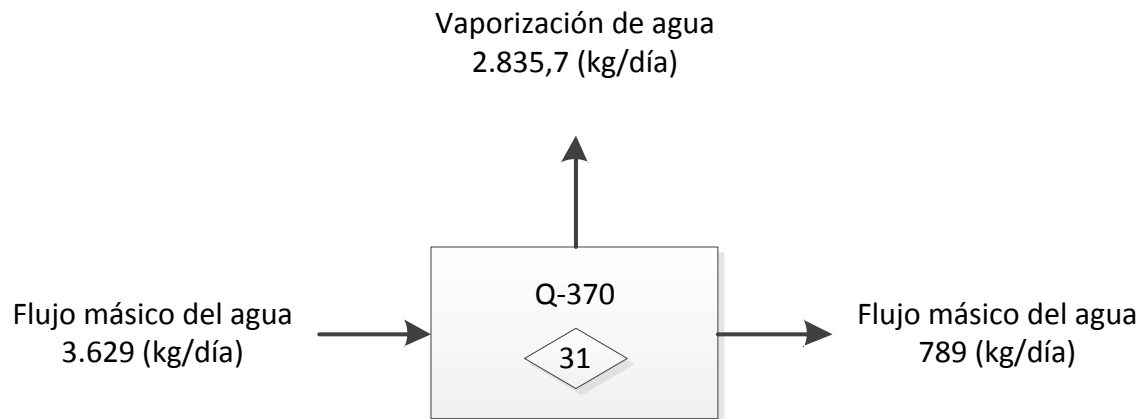
$$\text{Agua evaporada} = Pf_{h_2o} - H \left(\frac{\text{ton}}{\text{día}} \right) - \text{pérdidas de agua} \left(\frac{\text{ton}}{\text{día}} \right)$$

EVALUACIÓN DEL PROCESO PRODUCTIVO DE LA PLANTA INDUSTRIAL LADRILLERA TERRAFORTE UBICADA EN EL SECTOR DE CALACALÍ EN EL PERIODO 2012-2013.

$$\text{Agua evaporada} = 3.629 - 0,789 \left(\frac{\text{ton}}{\text{día}} \right) - 0,00402 \left(\frac{\text{ton}}{\text{día}} \right)$$

$$\text{Agua evaporada} = 2,8 \left(\frac{\text{ton}}{\text{día}} \right)$$

Figura 29: Balance de masa del horno Q-370. (Autor).



Los resultados del balance de materia de la Industria Ladrillera Terraforte se presentan en el anexo 4 y los cálculos tipos en la paginas 125, 126, 127, 128,129. (Autor)

3.18 Consumo energético de la Planta Ladrillera Terraforte. (Autor).

Equipo	HP	kW	horas/día	kW- h/día	días/mes	kW- h/mes	\$/kW-h	\$/mes	\$/año
M-110	5	3,7	16	60	21	1.253	0,08	100	1.203
M-120	3	2,2	16	36	21	752	0,08	60	722
M-130	125	93,2	16	1.491	21	31.319	0,08	2.506	30.067
M-140	30	22,4	16	358	21	7.517	0,08	601	7.216
M-150 A	3	2,2	16	36	21	752	0,08	60	722
M-150 B	3	2,2	16	36	21	752	0,08	60	722
M-220	5	3,7	8	30	21	626	0,08	50	601
M-230	30	22,4	8	179	21	3.758	0,08	301	3.608
M-240	2	1,5	8	12	21	251	0,08	20	241
M-250	15	11,2	8	89	21	1.879	0,08	150	1.804
M-260 A	15	11,2	8	89	21	1.879	0,08	150	1.804
M-260 B	15	11,2	8	89	21	1.879	0,08	150	1.804
M-270	3	2,2	8	18	21	376	0,08	30	361
M-280	150	111,9	8	895	21	18.792	0,08	1.503	18.040
M-320	1	0,7	8	6	21	125	0,08	10	120
M-330	1	0,7	8	6	21	125	0,08	10	120
M-340	2	1,5	8	12	21	251	0,08	20	241
M-370 A	30	22,4	24	537	31	16.644	0,08	1.332	15.978
M-370 B	40	29,8	24	716	31	22.192	0,08	1.775	21.304
M-370 C	5	3,7	24	89	31	2.774	0,08	222	2.663
M-370 D	10	7,5	24	179	31	5.548	0,08	444	5.326
M-370 E	25	18,6	24	447	31	13.870	0,08	1.110	13.315
M-370 F	8	5,6	24	134	31	4.161	0,08	333	3.995
M-370 G	30	22,4	24	537	31	16.644	0,08	1.332	15.978
TOTAL	518	386		3.442		72.285		5.783	69.394

EVALUACIÓN DEL PROCESO PRODUCTIVO DE LA PLANTA INDUSTRIAL LADRILLERA TERRAFORTE, UBICADA EN EL SECTOR DE CALACALÍ EN EL PERIODO 2012-2013

3.19 Datos adicionales para la realización del balance de energía.

Para la realización del balance de energía se consultó la información requerida de libros, (Romo, 1975) y (Development, 1990).

Tabla 43: Composición natural del gas. (Petroamazonas, 2014).

N	Componente	Xi molar	M	ρ , kg/m ³	Cp, kJ/kg-°C
1	CO ₂	0,00000	44,01	1,98	0,86
2	H ₂	0,00016	2,02	0,09	14,08
3	O ₂	0,00004	32,00	1,43	0,91
4	N ₂	0,00152	28,01	1,25	1,04
5	CH ₄	0,99307	16,04	0,72	2,20
6	C ₂ H ₆	0,00198	30,07	1,36	1,68
7	C ₃ H ₈	0,00063	44,10	2,01	1,60
8	i-C ₄ H ₁₀	0,00025	58,12	2,68	1,58
9	n-C ₄ H ₁₀	0,00069	58,12	2,69	1,58
10	i-C ₅ H ₁₂	0,00006	72,15	1,13	1,53
11	n-C ₅ H ₁₂	0,00000	72,15	0,79	1,56
12	n-C ₆ H ₁₄	0,00030	86,18	0,24	1,53
13	H ₂ O	0,00132	18,02	0,0047	1,86
TOTAL		1,00000	16,17	0,73	2,19

Tabla 44: Poder Calorífico de los componentes del Gas Natural. (Hysys, 2006)

N	Componente	Poder Calorífico inferior, kJ/kg
1	CO ₂	0,000000
2	H ₂	120.010,9
3	O ₂	0,000000
4	N ₂	0,000000
5	CH ₄	50.034,8
6	C ₂ H ₆	47.506,3
7	C ₃ H ₈	46.374,4
8	i-C ₄ H ₁₀	45.641,2
9	n-C ₄ H ₁₀	45.757,3
10	i-C ₅ H ₁₂	45.260,2
11	n-C ₅ H ₁₂	45.370,1

EVALUACIÓN DEL PROCESO PRODUCTIVO DE LA PLANTA INDUSTRIAL LADRILLERA TERRAFORTE, UBICADA EN EL SECTOR DE CALACALÍ EN EL PERIODO 2012-2013

12	n-C6H14	45.121,8
N	Componente	Poder Calorífico inferior, kJ/kg
13	H2O	0,0
TOTAL		49.788

- Cálculo para obtener el porcentaje molar del metano (CH₄).

$$\% \text{ molar} = X_{i\text{molar}} \times 100$$

$$\% \text{ molar} = 0,99307 \times 100$$

$$\% \text{ molar} = 99,307$$

- Cálculo del número de moles del metano (CH₄). (Base de cálculo 1kg/mol de combustible)

$$\text{kg} - \text{mol} = X_{i\text{molar}} \times \sum \text{kg} - \text{mol}$$

$$\text{kg} - \text{mol} = 0,99307 \times 1$$

$$\text{kg} - \text{mol} = 0,9931$$

- Cálculo de la masa del metano (CH₄).

$$\text{kg} = \text{kg} - \text{mol} \times M$$

$$\text{kg} = 0,9931 \times 16,04$$

$$\text{kg} = 15,9288$$

- Cálculo del volumen del metano (CH₄).

$$m^3 = \frac{m}{\rho}$$

$$m^3 = \frac{15,9288}{0,72}$$

EVALUACIÓN DEL PROCESO PRODUCTIVO DE LA PLANTA INDUSTRIAL LADRILLERA
TERRAFORTE, UBICADA EN EL SECTOR DE CALACALÍ EN EL PERIODO 2012-2013

$$m^3 = 22,1887$$

- Cálculo de la fracción molar del componente metano (CH_4).

$$X_{i\text{masa}} = \text{kg} \times \sum \text{kg}$$

$$X_{i\text{masa}} = 15,9288 \times 16,1681$$

$$X_{i\text{masa}} = 0,98520$$

- Cálculo de la fracción volumétrica del componente metano (CH_4).

$$X_{i\text{volumen}} = \frac{m^3}{\sum m^3}$$

$$X_{i\text{volumen}} = \frac{22,1887}{27,492}$$

$$X_{i\text{volumen}} = 0,8070998$$

- Cálculo del oxígeno estequiométrico requerido para la combustión del metano (CH_4).

$$\text{Oxígeno estequiométrico} = + \left(\frac{m_i + n_i}{4} \right) X_{i\text{volumen}}$$

$$\text{Oxígeno estequiométrico} = + \left(\frac{1 + 4}{4} \right) 0,8070998$$

$$\text{Oxígeno estequiométrico} = 1,61420 \left(\frac{Nm^3}{m^3} \right) \text{combustible}$$

Dónde:

$m_i = 1$ es el sub índice del Carbono.

$n_i = 4$ es el sub índice del Hidrogeno.

- Cálculo del aire estequiométrico para la combustión del metano (CH_4).

EVALUACIÓN DEL PROCESO PRODUCTIVO DE LA PLANTA INDUSTRIAL LADRILLERA TERRAFORTE, UBICADA EN EL SECTOR DE CALACALÍ EN EL PERIODO 2012-2013

$$\text{Aire estequiométrico} = 4,76 \left(\frac{m_i + n_i}{4} \right) X_{i_{\text{volumen}}}$$

$$\text{Aire estequiométrico} = 4,76 \left(\frac{1 + 4}{4} \right) 0,8070998$$

$$\text{Aire estequiométrico} = 7,6836 \left(\frac{\text{Nm}^3}{\text{m}^3} \right) \text{combustible}$$

Dónde:

$m_i = 1$ es el sub índice del Carbono.

$n_i = 4$ es el sub índice del Hidrogeno.

- Cálculo del aire real requerido para la combustión del metano (CH_4).

$$\text{Aire real} = \text{aire estequiométrico} \left(\frac{\text{exceso de aire}}{100} \right) + 1$$

$$\text{Aire real} = 7,6836 \left(\frac{0}{100} \right) + 1$$

$$\text{Aire real} = 7,6836 \left(\frac{\text{Nm}^3}{\text{m}^3} \right) \text{combustible}$$

- Cálculo del aire en exceso para la combustión del metano (CH_4).

$$\text{Aire en exceso} = \text{aire real} - \text{aire estequiométrico}$$

$$\text{Aire en exceso} = 7,6836 - 7,6836$$

$$\text{Aire en exceso} = 0 \left(\frac{\text{Nm}^3}{\text{m}^3} \right) \text{combustible}$$

EVALUACIÓN DEL PROCESO PRODUCTIVO DE LA PLANTA INDUSTRIAL LADRILLERA
TERRAFORTE, UBICADA EN EL SECTOR DE CALACALÍ EN EL PERIODO 2012-2013

- Cálculo de la cantidad de (CO₂) estequiométrico generado por la combustión del metano (CH₄).

$$CO_2 = m_i \times X_{i\text{volumen}}$$

$$CO_2 = 1 \times 0,81$$

$$CO_2 = 0,81 \left(\frac{Nm^3}{m^3} \right) \text{combustible}$$

Dónde:

$m_i = 1$ es el sub índice del Carbono.

- Cálculo para determinar la formación de agua (H₂O) estequiométrica por la combustión del metano (CH₄).

$$H_2O = \frac{n_i}{2} \times X_{i\text{volumen}}$$

$$H_2O = \frac{4}{2} \times 0,81$$

$$H_2O = 1,614200 \left(\frac{Nm^3}{m^3} \right) \text{combustible}$$

Dónde:

$n_i = 4$ es el sub índice del Hidrógeno.

Tabla 45: Datos adicionales de la composición del gas a 250 psig y 19.6°C (Hysys, 2006).

Flujo GAS, Ton/día	3
ρ , kg/m ³	12,7
P, psig	250
T, °C	20

EVALUACIÓN DEL PROCESO PRODUCTIVO DE LA PLANTA INDUSTRIAL LADRILLERA
TERRAFORTE, UBICADA EN EL SECTOR DE CALACALÍ EN EL PERIODO 2012-2013

- Cálculo para determinar el flujo másico de GAS en kg/día.

$$\text{Flujo}_{\text{GAS}} = \text{Flujo}_{\text{GAS}} \left(\frac{\text{ton}}{\text{día}} \right) \times 1.000_{\text{kg}}$$

$$\text{Flujo}_{\text{GAS}} = 3 \times 1.000_{\text{kg}}$$

$$\text{Flujo}_{\text{GAS}} = 3.000 \frac{\text{kg}}{\text{día}}$$

- Cálculo del flujo volumétrico del GAS en m³/día.

$$\text{Flujo}_{\text{GAS}} = \frac{\text{Flujo}_{\text{GAS}} \left(\frac{\text{kg}}{\text{día}} \right)}{\rho \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}}$$

$$\text{Flujo}_{\text{GAS}} = \frac{3.000 \left(\frac{\text{kg}}{\text{día}} \right)}{12,7 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}}$$

$$\text{Flujo}_{\text{GAS}} = 237 \frac{\text{m}^3}{\text{día}}$$

- Cálculo del flujo molar del GAS en kg-mol/día.

$$\text{Flujo}_{\text{GAS}} = \frac{\text{Flujo}_{\text{GAS}} \left(\frac{\text{kg}}{\text{día}} \right)}{\sum M}$$

$$\text{Flujo}_{\text{GAS}} = \frac{3.000 \left(\frac{\text{kg}}{\text{día}} \right)}{16,17}$$

$$\text{Flujo}_{\text{GAS}} = 185 \text{ kg} - \text{mol/día}$$

EVALUACIÓN DEL PROCESO PRODUCTIVO DE LA PLANTA INDUSTRIAL LADRILLERA
TERRAFORTE, UBICADA EN EL SECTOR DE CALACALÍ EN EL PERIODO 2012-2013

Tabla 46: Datos adicionales de la composición del gas a condiciones normales (0 °C y 1 atm).
(Hysys, 2006)

Flujo GAS, Ton/día	3
ρ , kg/m ³	12,7
P, psig	14,7
T, °C	0

- Cálculo del flujo volumétrico del gas a condiciones normales.

$$\text{Flujo}_{\text{GAS}} = \text{Flujo}_{\text{GAS}} \frac{\text{m}^3}{\text{día}} \times \frac{P}{14,7} \times \frac{273,15}{T + 273,15}$$

$$\text{Flujo}_{\text{GAS}} = 237 \frac{\text{m}^3}{\text{día}} \times \frac{250}{14,7} \times \frac{273,15}{20 + 273,15}$$

$$\text{Flujo}_{\text{GAS}} = 3.755 \frac{\text{Nm}^3}{\text{día}}$$

- Cálculo del flujo molar del gas a condiciones normales.

$$\text{Flujo}_{\text{GAS}} = \sum \rho \left(\frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right) \times \frac{\text{Flujo}_{\text{GAS}} \frac{\text{Nm}^3}{\text{día}}}{M}$$

$$\text{Flujo}_{\text{GAS}} = 0,73 \left(\frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right) \times \frac{3.755 \frac{\text{Nm}^3}{\text{día}}}{16,17}$$

$$\text{Flujo}_{\text{GAS}} = 169,3 \left(\frac{\text{kg} - \text{mol}}{\text{día}} \right)$$

- Cálculo de energía obtenida al combustionar el flujo de gas en el horno (Q-370).

$$Q = \sum \text{Poder calorífico inferior} \left(\frac{\text{kJ}}{\text{kg}} \right) \times \text{Flujo}_{\text{GAS}} \left(\frac{\text{kg}}{\text{día}} \right)$$

$$Q = 49.788 \times 2,996$$

EVALUACIÓN DEL PROCESO PRODUCTIVO DE LA PLANTA INDUSTRIAL LADRILLERA TERRAFORTE, UBICADA EN EL SECTOR DE CALACALÍ EN EL PERIODO 2012-2013

$$Q = 149.160,401 \left(\frac{\text{kJ}}{\text{día}} \right)$$

- Cálculo del oxígeno estequiométrico a condiciones normales.

$$O_2 = \text{Flujo}_{\text{GAS}} \left(\frac{\text{Nm}^3}{\text{día}} \right) \times \sum O_2 \text{ estequiométrico}$$

$$O_2 = 3.755 \left(\frac{\text{Nm}^3}{\text{día}} \right) \times 1,66614 \left(\frac{\text{Nm}^3}{\text{m}^3} \right)$$

$$O_2 = 6.256,5 \left(\frac{\text{Nm}^3}{\text{día}} \right)$$

- Cálculo del aire estequiométrico a condiciones normales.

$$\text{Aire}_{\text{estequiométrico}} = \sum \text{Aire}_{\text{estequiométrico}} \left(\frac{\text{Nm}^3}{\text{m}^3} \right) \times \text{Flujo}_{\text{GAS}} \left(\frac{\text{Nm}^3}{\text{día}} \right)$$

$$\text{Aire}_{\text{estequiométrico}} = 7,9308 \left(\frac{\text{Nm}^3}{\text{m}^3} \right) \times 3.755 \left(\frac{\text{Nm}^3}{\text{día}} \right)$$

$$\text{Aire}_{\text{estequiométrico}} = 29.781,1 \left(\frac{\text{Nm}^3}{\text{día}} \right)$$

- Cálculo del aire real a condiciones normales.

$$\text{Aire}_{\text{Real}} = \text{Aire}_{\text{Real}} \left(\frac{\text{Nm}^3}{\text{m}^3} \right) \times \text{Flujo}_{\text{GAS}} \left(\frac{\text{Nm}^3}{\text{día}} \right)$$

$$\text{Aire}_{\text{Real}} = 7,9308 \left(\frac{\text{Nm}^3}{\text{m}^3} \right) \times 3.755 \left(\frac{\text{Nm}^3}{\text{día}} \right)$$

$$\text{Aire}_{\text{Real}} = 29.781,1 \left(\frac{\text{Nm}^3}{\text{día}} \right)$$

EVALUACIÓN DEL PROCESO PRODUCTIVO DE LA PLANTA INDUSTRIAL LADRILLERA TERRAFORTE, UBICADA EN EL SECTOR DE CALACALÍ EN EL PERIODO 2012-2013

- Cálculo del aire en exceso en condiciones normales.

$$\text{Aire}_{\text{exceso}} = \text{Aire}_{\text{exceso}} \left(\frac{\text{Nm}^3}{\text{m}^3} \right) \times \text{Flujo}_{\text{GAS}} \left(\frac{\text{Nm}^3}{\text{día}} \right)$$

$$\text{Aire}_{\text{exceso}} = 0 \left(\frac{\text{Nm}^3}{\text{m}^3} \right) \times 3.755 \left(\frac{\text{Nm}^3}{\text{día}} \right)$$

$$\text{Aire}_{\text{exceso}} = 0 \left(\frac{\text{Nm}^3}{\text{día}} \right)$$

- Cálculo del oxígeno en exceso en condiciones normales.

$$\text{O}_{2\text{exceso}} = \text{Aire}_{\text{exceso}} \left(\frac{\text{Nm}^3}{\text{m}^3} \right) \times 0,21$$

$$\text{O}_{2\text{exceso}} = 0 \left(\frac{\text{Nm}^3}{\text{m}^3} \right) \times 0,21$$

$$\text{O}_{2\text{exceso}} = 0 \left(\frac{\text{Nm}^3}{\text{m}^3} \right)$$

- Cálculo de la relación aire/combustible en condiciones normales.

$$\lambda_{\text{estequiométrico}} = \frac{\text{Aire}_{\text{estequiométrico}} \left(\frac{\text{Nm}^3}{\text{día}} \right)}{\text{Flujo}_{\text{GAS}} \left(\frac{\text{Nm}^3}{\text{día}} \right)}$$

$$\lambda_{\text{estequiométrico}} = \frac{29.781,1 \left(\frac{\text{Nm}^3}{\text{día}} \right)}{3.755 \left(\frac{\text{Nm}^3}{\text{día}} \right)}$$

$$\lambda_{\text{estequiométrico}} = 7,9$$

EVALUACIÓN DEL PROCESO PRODUCTIVO DE LA PLANTA INDUSTRIAL LADRILLERA
TERRAFORTE, UBICADA EN EL SECTOR DE CALACALÍ EN EL PERIODO 2012-2013

- Cálculo de la relación aire/combustible en condiciones normales.

$$\lambda_{\text{exceso}} = \frac{\text{Aire}_{\text{real}} \left(\frac{\text{Nm}^3}{\text{día}} \right)}{\text{Flujo}_{\text{GAS}} \left(\frac{\text{Nm}^3}{\text{día}} \right)}$$

$$\lambda_{\text{exceso}} = \frac{29.781,1 \left(\frac{\text{Nm}^3}{\text{día}} \right)}{3.755 \left(\frac{\text{Nm}^3}{\text{día}} \right)}$$

$$\lambda_{\text{exceso}} = 7,9$$

- Cálculo de las emisiones de dióxido de carbono (CO₂) estequiométricos generados por la combustión del metano a condiciones normales.

$$\text{CO}_2 = \text{Xi}_V \times \text{Flujo}_{\text{GAS}} \left(\frac{\text{Nm}^3}{\text{día}} \right) + \sum \text{CO}_2_{\text{Gas de combustión}} \times \text{Flujo}_{\text{GAS}} \left(\frac{\text{Nm}^3}{\text{día}} \right)$$

$$\text{CO}_2 = 0 \times 3.755 \left(\frac{\text{Nm}^3}{\text{día}} \right) + 0,839365 \times 3.755 \left(\frac{\text{Nm}^3}{\text{día}} \right)$$

$$\text{CO}_2 = 3.151,9 \left(\frac{\text{Nm}^3}{\text{día}} \right)$$

- Cálculo tipo de la temperatura adiabática de la llama del gas de combustión

Datos adicionales.

EVALUACIÓN DEL PROCESO PRODUCTIVO DE LA PLANTA INDUSTRIAL LADRILLERA TERRAFORTE, UBICADA EN EL SECTOR DE CALACALÍ EN EL PERIODO 2012-2013

Tabla 47: Entalpía de formación. (Himmelblau, 2002)

REACTIVOS	Componente	$\Delta H^{\circ}f$, KJ/kg-mol
	H ₂	0.0
	CH ₄	-74.840,0
	C ₂ H ₆	-84.667,0
	C ₃ H ₈	-119.840,0
	i-C ₄ H ₁₀	1.172,0
	n-C ₄ H ₁₀	-134.500,0
	i-C ₅ H ₁₂	-146.400,0
	n-C ₆ H ₁₄	-167.200,0
	O ₂	0,0
	N ₂	0,0
PRODUCTOS	CO ₂	393.510,0
	H ₂ O	-241.826,0
	O ₂	0,0
	N ₂	0,0

- Cálculo de la entalpía de formación de los reactivos.

$$n \times \Delta H^{\circ}F = \frac{\text{kg} - \text{mol}}{\text{día}} \text{CH}_4 \times \Delta H^{\circ}F \frac{\text{KJ}}{\text{kg} - \text{mol}}$$

$$n \times \Delta H^{\circ}F = 184,01 \frac{\text{kg} - \text{mol}}{\text{día}} \times (-74.840,00) \frac{\text{KJ}}{\text{kg} - \text{mol}}$$

$$n \times \Delta H^{\circ}F = -13.771.499,9 \frac{\text{KJ}}{\text{día}}$$

Cálculo de la entalpía de formación de los productos.

$$\Delta H = \frac{\text{kg} - \text{mol}}{\text{día}} \text{CO}_2 \times M \frac{\text{kg}}{\text{kg} - \text{mol}} \times \Delta H^{\circ}F \frac{\text{kJ}}{\text{día}}$$

$$\Delta H = \frac{1}{141,7 \text{ kg} - \text{mol}} \frac{\text{día}}{\text{kg}} \times \frac{1}{44} \frac{\text{kg} - \text{mol}}{\text{kg}} \times 55.744.752,1 \frac{\text{kJ}}{\text{día}}$$

EVALUACIÓN DEL PROCESO PRODUCTIVO DE LA PLANTA INDUSTRIAL LADRILLERA
TERRAFORTE, UBICADA EN EL SECTOR DE CALACALÍ EN EL PERIODO 2012-2013

$$\Delta H = 5.346,1 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

- Cálculo del flujo de aire que ingresa al horno

Tabla 48: Datos adicionales para el cálculo de Flujo de aire real que ingresa al horno. (Autor).

Potencia, HP	40
Eficiencia	1
Presión, inH ₂ O	13
T, °C	25

- Cálculo de la potencia en J/s.

$$P = P(\text{HP}) \times 745,7$$

$$P = 40 \text{ HP} \times 745,7$$

$$P = 29.828 \frac{\text{J}}{\text{s}}$$

- Cálculo de la presión de ingreso al horno en psig.

$$P = \frac{\text{Presión inH}_2\text{O}}{12 \times 2,31}$$

$$P = \frac{13}{12 \times 2,31}$$

$$P = 0,47 \text{ psig}$$

- Cálculo de la presión en atm/g.

$$P = \frac{P_{\text{psig}}}{14,7}$$

$$P = \frac{0,47}{14,7}$$

EVALUACIÓN DEL PROCESO PRODUCTIVO DE LA PLANTA INDUSTRIAL LADRILLERA
TERRAFORTE, UBICADA EN EL SECTOR DE CALACALÍ EN EL PERIODO 2012-2013

$$P = 0,032 \text{ atm/g}$$

- Cálculo de la presión en pascales.

$$P = \frac{P_{\text{inH}_2\text{o}}}{12 \times 2.986,12}$$

$$P = \frac{13}{12 \times 2.986,12}$$

$$P = 3.235 \text{ Pa}$$

- Cálculo del caudal en m³/s.

$$Q = \frac{P \frac{\text{J}}{\text{s}}}{P_{\text{Pa}}}$$

$$Q = \frac{29.828}{3.235}$$

$$Q = 9,2 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$$

- Cálculo del caudal en L/s.

$$Q = Q \frac{\text{m}^3}{\text{s}} \times 1000$$

$$Q = 9,2 \frac{\text{m}^3}{\text{s}} \times 1000$$

$$Q = 9.221 \frac{\text{L}}{\text{s}}$$

EVALUACIÓN DEL PROCESO PRODUCTIVO DE LA PLANTA INDUSTRIAL LADRILLERA
TERRAFORTE, UBICADA EN EL SECTOR DE CALACALÍ EN EL PERIODO 2012-2013

- Cálculo del caudal a condiciones normales.

$$Q = \left(\left(\frac{P_{\text{atm.g}} \times Q_L \times 273,15}{T^{\circ}\text{C} + 273,15} \right) \times 1 \right) \times \left(\frac{3600 \times 24}{1000} \right)$$

$$Q = \left(\left(\frac{0,032 \times 9.221 \times 273,15}{25 + 273,15} \right) \times 1 \right) \times \left(\frac{3600 \times 24}{1000} \right)$$

$$Q = 23.285 \frac{\text{Nm}^3}{\text{día}}$$

- Cálculo de la relación aire/combustible real.

$$\lambda = \frac{Q \frac{\text{Nm}^3}{\text{día}}}{\text{Flujo}_{\text{GAS}} \frac{\text{Nm}^3}{\text{día}}}$$

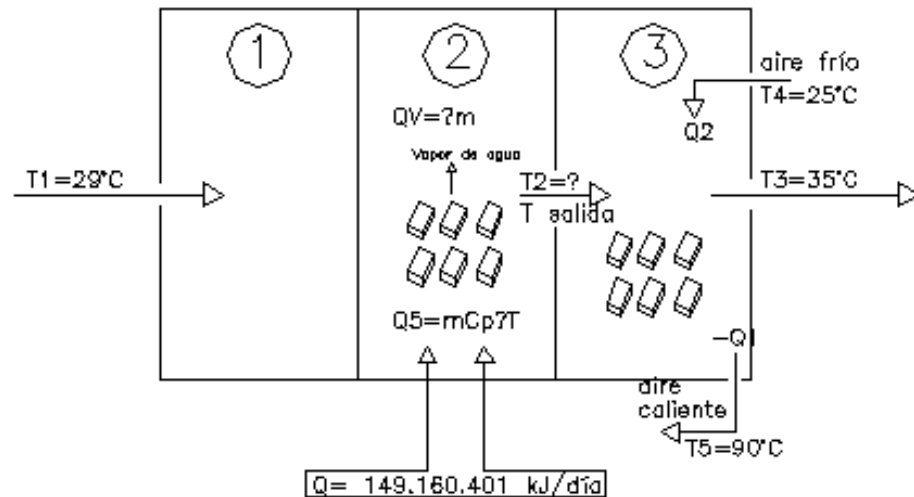
$$\lambda = \frac{23.285 \frac{\text{Nm}^3}{\text{día}}}{3.755 \frac{\text{Nm}^3}{\text{día}}}$$

$$\lambda = 6,2$$

- Cálculo de la transferencia de energía las tres zonas del horno (Q-370).

EVALUACIÓN DEL PROCESO PRODUCTIVO DE LA PLANTA INDUSTRIAL LADRILLERA TERRAFORTE, UBICADA EN EL SECTOR DE CALACALÍ EN EL PERIODO 2012-2013

Figura 30: Zonas del horno (Q-370). (Autor).



Zona 1 y 2

Tabla 49: Datos adicionales para el cálculo de T_2 . (Autor) (Hysys, 2006)

$C_{p_{\text{ladrillo}}}$	$2.054 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}^\circ\text{K}}$
$\lambda_{V_{H_2O}}$	$2,257 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$
Q	$149.160.401 \frac{\text{kJ}}{\text{día}}$
m_{H_2O}	$789 \frac{\text{kg}_{H_2O}}{\text{día}}$

$$Q = Q_5 + Q_V$$

$$Q = m_{\text{ladrillo}} \times C_{p_{\text{ladrillo}}} (T_2 - T_1) + \lambda_v \times m_{\text{agua}}$$

EVALUACIÓN DEL PROCESO PRODUCTIVO DE LA PLANTA INDUSTRIAL LADRILLERA
TERRAFORTE, UBICADA EN EL SECTOR DE CALACALÍ EN EL PERIODO 2012-2013

$$Q = 74.887,2 \frac{kg}{día} \times 2054 \frac{J}{kg^{\circ}K} \times \left(\frac{1kJ}{1000J} \right) (1260,3^{\circ}K - 302,5^{\circ}K) + 2257 \frac{kJ}{kg} \\ \times 789 \frac{kg_{H_2O}}{día}$$

$$Q = 149.160.401 \frac{kJ}{día}$$

Reemplazo Q en ecuación original.

$$T_2 = 987,15^{\circ}C$$

Zona 3

- Cálculo de energía que cede el ladrillo en la zona 3.

$$Q_1 = -m_{ladrillo} \times C_{p\ ladrillo} (T_3 - T_2)$$

$$Q_1 = -748.887,2 \frac{kg}{día} \times 2054 \frac{J}{kg^{\circ}K} \times \frac{1kJ}{1000J} (308,15^{\circ}K - 1260,3^{\circ}K)$$

$$Q_1 = 1464626137 \frac{kJ}{día}$$

- Cálculo de m_{aire} para el enfriamiento de los ladrillos.

Tabla 50: Datos adicionales $C_{p\ aire}$ a 25°C y 1 atm. (Hysys, 2006).

$C_{p\ aire}$	$0,9924 \frac{kJ}{kg^{\circ}C}$
---------------	---------------------------------

$$-Q_1 = Q_2$$

$$-m_{ladrillo} \times C_{p\ ladrillo} (T_3 - T_2) = m_{aire} \times C_{p\ aire} (T_5 - T_4)$$

EVALUACIÓN DEL PROCESO PRODUCTIVO DE LA PLANTA INDUSTRIAL LADRILLERA
TERRAFORTE, UBICADA EN EL SECTOR DE CALACALÍ EN EL PERIODO 2012-2013

$$-748.887,2 \frac{kg}{día} \times 2054 \frac{J}{kg^{\circ}K} \times \frac{1kJ}{1000J} \quad (308,15^{\circ}K - 1260,3^{\circ}K)$$

$$= m_{aire} \times 0,9924 \frac{kJ}{kg^{\circ}C} \quad (90^{\circ}C - 25^{\circ}C)$$

$$m_{aire} = 22.705.031,4 \frac{kg}{día}$$

- Cálculo de energía que genera el aire.

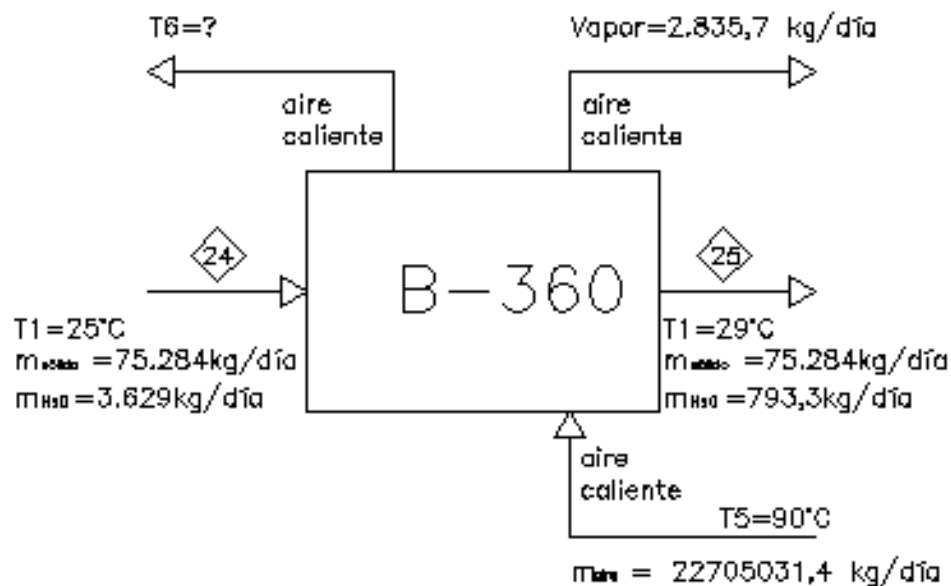
$$Q_2 = m_{aire} \times C_{p\ aire} (T_5 - T_4)$$

$$Q_2 = m_{aire} \times 0,9924 \frac{kJ}{kg^{\circ}C} \quad (90^{\circ}C - 25^{\circ}C)$$

$$Q_2 = 22.705.031,4 \frac{kg}{día} \times 0,9924 \frac{kJ}{kg^{\circ}C} \quad (90^{\circ}C - 25^{\circ}C)$$

$$Q_2 = 1464610755 \frac{kJ}{día}$$

Figura 31: Cálculo del calor requerido en el Secado. (Autor).



EVALUACIÓN DEL PROCESO PRODUCTIVO DE LA PLANTA INDUSTRIAL LADRILLERA
TERRAFORTE, UBICADA EN EL SECTOR DE CALACALÍ EN EL PERIODO 2012-2013

Tabla 51: Datos adicionales para T6 en el Secado. (Hysys, 2006)

$C_{p \text{ aire}}$	$1,004 \frac{kJ}{kg^{\circ}C}$
----------------------	--------------------------------

Datos a 25°C y 1 atm

$$Q_3 = -m_{\text{aire}} \times C_{p \text{ aire}}(T_6 - T_5)$$

$$Q_3 = -22.705.031,4 \frac{kg}{\text{día}} \times 1,004 \frac{kJ}{kg^{\circ}C} (T_6 - 90)^{\circ}C$$

$$Q_3 = 75.248 \frac{kg}{\text{día}} \times 2054 \frac{J}{kg^{\circ}K} \times \frac{1kJ}{1000J} (302,15 - 298,15)^{\circ}K + 2.835,7 \frac{kg}{\text{día}} \\ \times 2.257 \frac{kJ}{kg} + 793,3 \frac{kg}{\text{día}} \times 4.314 \frac{J}{kg^{\circ}K} \times \frac{1kJ}{1000J} \times (302,15 - 298,15^{\circ}K)$$

$$T_6 = 89,7^{\circ}C$$

- Cálculo de calor requerido en el Secado.

$$Q_3 = -m_{\text{aire}} \times C_{p \text{ aire}}(T_6 - T_5)$$

$$Q_3 = -22.705.031,4 \frac{kg}{\text{día}} \times 1,004 \frac{kJ}{kg^{\circ}C} (89,7 - 90)^{\circ}C$$

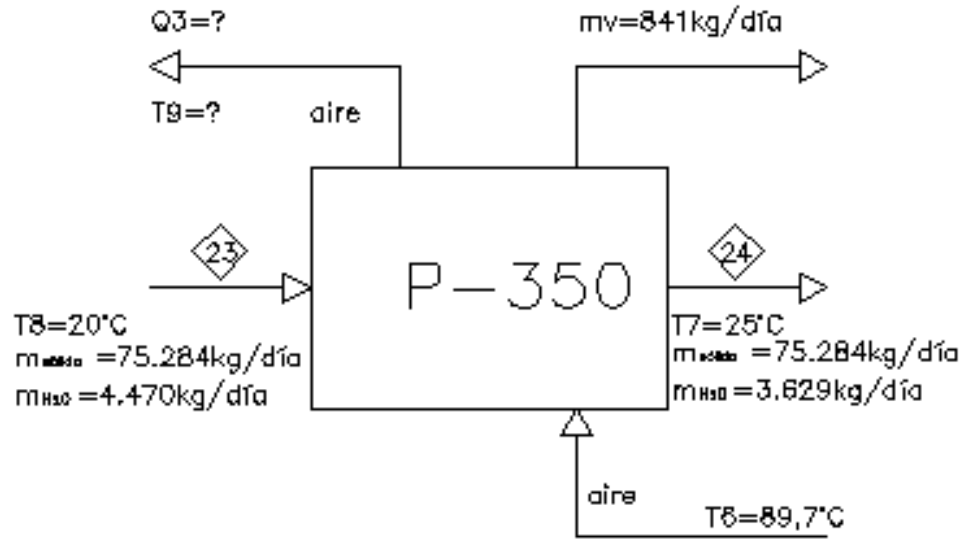
$$Q_3 = -22.795.851,53 \frac{kJ}{^{\circ}C} \times (-0,3)^{\circ}C$$

$$Q_3 = 6.838.755,16 \frac{kJ}{\text{día}}$$

- Cálculo de energía requerida en el Pre Secado.

EVALUACIÓN DEL PROCESO PRODUCTIVO DE LA PLANTA INDUSTRIAL LADRILLERA
TERRAFORTE, UBICADA EN EL SECTOR DE CALACALÍ EN EL PERIODO 2012-2013

Figura 32: Cálculo de energía requerida en el Pre Secado. (Autor).



- Cálculo de la T9.

Tabla 52: Datos adicionales para T₉. (Hysys, 2006).

$C_{p\text{ aire}}$	$1,004 \frac{kJ}{kg^{\circ}C}$
C_{pH_2O}	$4,314 \frac{kJ}{kg^{\circ}K}$

$$Q_5 = -m_{\text{aire}} \times C_{p\text{ aire}}(T_9 - T_6)$$

$$Q_6 = m_{\text{sólido}} \times C_{p\text{ sólido}}(T_5 - T_8) + m_v \lambda + m_{H_2O} C_{pH_2O}(T_7 - T_8)$$

$$\begin{aligned}
 Q_5 &= Q_6 - 22705031,4 \frac{kg}{día} \times 1,004 \frac{kJ}{kg^{\circ}C} (T_9 - 89,7)^{\circ}C \\
 &= 75.284 \frac{kg}{día} \times 2054 \frac{J}{kg^{\circ}K} \times \frac{1kJ}{1000J} (298,13 - 293,15)^{\circ}K + 841 \frac{kg}{día} \\
 &\quad \times 2157 \frac{kJ}{kg} + 3629 \frac{kg}{día} \times 4,314 \frac{kJ}{kg^{\circ}K} (298,15^{\circ}K - 293,15^{\circ}K)
 \end{aligned}$$

EVALUACIÓN DEL PROCESO PRODUCTIVO DE LA PLANTA INDUSTRIAL LADRILLERA
TERRAFORTE, UBICADA EN EL SECTOR DE CALACALÍ EN EL PERIODO 2012-2013

$$T_9 = 89,5^{\circ}C$$

- Cálculo de energía requerida Q5 en el Pre Secado.

$$Q_5 = -m_{aire} \times C_{p\ aire}(T_9 - T_6)$$

$$Q_5 = -22705031,4 \frac{kg}{día} \times 1,004 \frac{kJ}{kg^{\circ}C} (89,5 - 89,7)^{\circ}C$$

$$Q_5 = -22.795.851,53 \frac{kJ}{kg^{\circ}C} (-0,2)^{\circ}C$$

$$Q_5 = 4.558.170,31 \frac{kJ}{día}$$

3.20 Resultado del Poder Calorífico del gas natural.

Tabla 53: Poder Calorífico del Gas Natural. (Autor).

Gas Natural							
N	Componente	Xi molar	% molar	M	ρ , kg/m ³	Cp, kJ/kg-°C	Poder Calorífico inferior, kJ/kg
1	CO2	0,00000	0,000	44,01	1,98	0,86	0,000000
2	H2	0,00016	0,016	2,02	0,09	14,08	120.010,9
3	O2	0,00004	0,004	32,00	1,43	0,91	0,000000
4	N2	0,00152	0,152	28,01	1,25	1,04	0,000000
5	CH4	0,99307	99,307	16,04	0,72	2,20	50.034,8
6	C2H6	0,00198	0,198	30,07	1,36	1,68	47.506,3
7	C3H8	0,00063	0,063	44,10	2,01	1,60	46.374,4
8	i-C4H10	0,00025	0,025	58,12	2,68	1,58	45.641,2
9	n-C4H10	0,00069	0,069	58,12	2,69	1,58	45.757,3
10	i-C5H12	0,00006	0,006	72,15	1,13	1,53	45.260,2
11	n-C5H12	0,00000	0,000	72,15	0,79	1,56	45.370,1
12	n-C6H14	0,00030	0,030	86,18	0,24	1,53	45.121,8
13	H2O	0,00132	0,132	18,02	0,0047	1,86	0,0
TOTAL		1,00000	100,000	16,17	0,73	2,19	49.788

EVALUACIÓN DEL PROCESO PRODUCTIVO DE LA PLANTA INDUSTRIAL LADRILLERA
TERRAFORTE, UBICADA EN EL SECTOR DE CALACALÍ EN EL PERIODO 2012-2013

3.21 Resultados de la Combustión en el horno.

Tabla 54: Combustión en el horno. (Autor).

Combustión						
C	H	Oxígeno estequiométrico, Nm ³ /m ³ combustible	Aire estequiométrico, Nm ³ /m ³ combustible	Exceso de aire %	Aire real, Nm ³ /m ³ combustible	Aire en exceso, Nm ³ /m ³ combustible
		0,00000	0,0000	0	0,0000	0,0000000
		0,00007	0,0003	0	0,0003	0,0000000
		0,00000	0,0000	0	0,0000	0,0000000
		0,00000	0,0000	0	0,0000	0,0000000
1	4	1,61420	7,6836	0	7,6836	0,0000000
2	6	0,00558	0,0266	0	0,0266	0,0000000
3	8	0,00250	0,0119	0	0,0119	0,0000000
4	10	0,00127	0,0060	0	0,0060	0,0000000
4	10	0,00351	0,0167	0	0,0167	0,0000000
5	12	0,00111	0,0053	0	0,0053	0,0000000
5	12	0,00000	0,0000	0	0,0000	0,0000000
6	14	0,03791	0,1805	0	0,1805	0,0000000
		0,00000	0,0000	0	0,0000	0,0000000
		1,66614	7,9308		7,9308	0,00000

3.22 Resultados de los gases de combustión en el horno.

Tabla 55: Gases de combustión del horno. (Autor).

Gases de Combustión.	
CO ₂ , Nm ³ /m ³ combustible	H ₂ O, Nm ³ /m ³ combustible
0,000000	0,000000
0,000000	0,000130
0,000000	0,000000
0,000000	0,000000
0,807100	1,614200
0,003189	0,004784
0,001497	0,001996
0,000781	0,000977
0,002160	0,002700
0,000694	0,000833
0,000000	0,000000
0,023944	0,027935
0,000000	0,000000
0,839365	1,653554

EVALUACIÓN DEL PROCESO PRODUCTIVO DE LA PLANTA INDUSTRIAL LADRILLERA
TERRAFORTE, UBICADA EN EL SECTOR DE CALACALÍ EN EL PERIODO 2012-2013

3.23 Resultados de cálculos estequiométricos: aire real, aire en exceso, oxígeno en exceso y la relación aire/combustible en el horno.

Tabla 56: Resultados estequiométricos en el horno. (Autor).

O ₂ esteq, Nm ³ /día	6.256,5
Aire esteq, Nm ³ /día	29.781,1
Aire real, Nm ³ /día	29.781,1
Aire exceso, Nm ³ /día	0,0
O ₂ exceso, Nm ³ /día	0,0
N ₂ exceso, Nm ³ /día	0,0
λ , air/comb esteq.	7,9
λ , air/comb exc.	7,9

3.24 Resultados del cálculo de energía requerida en el horno.

Tabla 57: Energía requerida en el horno. (Autor).

Energía	
Q, kJ/día	149.160.401
Q, BTU/día	141.471.429
Q, MMBTU/día	141,5
Q, MMBTU/hora	70,7
Q, MMBTU/semana	990,3

3.25 Resultados de la temperatura de combustión adiabática.

Tabla 58: Temperatura de Combustión Adiabática. (Autor).

	Componente	Xi molar	kg-mol/día	M	H°f, KJ/kg-mol	n x ΔH°f	n(hi-hi°)	m*Cp	Te, °C	T, °C
REACTIVOS	H2	0,00016	0,030	2,0	0,0	0,0	0,0			1.948
	CH4	0,99307	184,01	16,0	-74.840,0	-13.771.499,9	0,0			
	C2H6	0,00198	0,37	30,1	-84.667,0	-31.018,6	0,0			
	C3H8	0,00063	0,12	44,1	-119.840,0	-13.887,9	0,0			
	i-C4H10	0,00025	0,05	58,1	1.172,0	53,8	0,0			
	n-C4H10	0,00069	0,13	58,1	-134.500,0	-17.123,3	0,0			
	i-C5H12	0,00006	0,01	72,2	-146.400,0	-1.623,7	0,0			
	n-C6H14	0,00030	0,06	86,2	-167.200,0	-9.268,6	0,0			
	O2		279,40	32,0	0,0	0,0	0,0			
	N2		1.051	28,0	0,0	0,0	0,0			
PRODUCTOS	CO2		141,7	44,0	393.510,0	55.744.752,1	m*Cp*(T-Te)	5346,1	25	
	H2O		1,79	18,0	-241.826,0	-433.866,0	m*Cp*(T-Te)	60,0		
	O2		0,01	32,0	0,0	0,0	m*Cp*(T-Te)	0,2		
	N2		1.051	28,0	0,0	0,0	m*Cp*(T-Te)	30549,5		

EVALUACIÓN DEL PROCESO PRODUCTIVO DE LA PLANTA INDUSTRIAL LADRILLERA TERRAFORTE, UBICADA EN EL SECTOR DE CALACALÍ EN EL PERIODO 2012-2013

3.26 Resultados del flujo de aire que ingresa al horno.

Tabla 59: Flujo de aire que ingresa al horno. (Autor).

Flujo de Aire	
Potencia, HP	40
Potencia, J/s	29.828
Eficiencia	1
Presión, inH ₂ O	13
Presión, psig	0,47
Presión, atm_g	0,032
Presión, Pa	3.235
Q, m ³ /s	9,2
Q, l/s	9.221
T, °C	25
Q, Nm ³ /dia	23.285
λ , air/comb real	6,2

3.27 Observaciones realizadas en cada proceso de producción de la Planta Terraforte.

La calidad final de los ladrillos de arcilla cocida depende de la calidad de las materias primas y su procesamiento, y en gran medida del control riguroso del proceso de elaboración de los mismos, por el motivo mencionado se efectuó una observación de la Planta Ladrillera Terraforte desde el ingreso de las materias primas hasta el producto terminado y se percibió las debilidades en cada uno de los procesos, a pesar que la planta cuenta con la tecnología y maquinaria óptima empleada para su producción.

A continuación se detalla los problemas existentes en la Planta Ladrillera Terraforte:

3.27.1 Tolva o Cajón Alimentador F-110.

1. En el cajón alimentador no existe una cuantificación de las materias primas (caolín, arcilla roja y material de reproceso) que ingresan a la tolva.

EVALUACIÓN DEL PROCESO PRODUCTIVO DE LA PLANTA INDUSTRIAL LADRILLERA
TERRAFORTE, UBICADA EN EL SECTOR DE CALACALÍ EN EL PERIODO 2012-2013

2. No existe una formulación uniforme de caolín, arcilla roja y material de reproceso, lo cual ocasiona que el producto terminado no posea características similares.
3. No se realiza análisis del porcentaje de humedad de las materias primas antes de ingresar al proceso de producción.

3.27.2 Molino de Martillos C-130.

1. En el proceso de molienda se evidencio que en la trituración no era constante el tamaño de partícula de $\phi = 0,12$ pulgadas, por lo que en ciertos días el porcentaje de granulometría era mayor a la requerida.
2. Gran cantidad de material particulado.

3.27.3 Mezcladora ME-140.

1. En el mezclado no existe un sistema de control automatizado de ingreso de agua.
2. Al combinar agua y arcilla en el proceso de mezclado se observó que no existe una dosificación con características únicas en una reacción formulada que pueda aportar toda la resistencia del material, ya que, depende de la experiencia del operador.

3.27.4 Maduración F-210.

1. En este proceso la pasta arcillosa no tiene una maduración durante un tiempo determinado, por lo cual la arcilla no cuenta con una maduración uniforme.
2. En este proceso existe presencia de luz, lo cual no permite un proceso de pudrimiento óptimo para la arcilla.

EVALUACIÓN DEL PROCESO PRODUCTIVO DE LA PLANTA INDUSTRIAL LADRILLERA
TERRAFORTE, UBICADA EN EL SECTOR DE CALACALÍ EN EL PERIODO 2012-2013

3.27.5 Tolva o Cajón Dosificador F-220.

1. No existe un parámetro de la cantidad de material que ingresa a la tolva.
2. No se efectúa un análisis de humedad de la arcilla antes que el material ingrese al cajón dosificador.

3.27.6 Mezcladora/Amasadora ME-230.

1. En el proceso de Mezclado el caudal de agua no tiene una dosificación constante.
2. No se desarrolla un análisis de humedad de la arcilla del material que sale de la mezcladora.

3.27.7 Mezcladora ME-250.

1. No se efectúa una inspección de la cantidad de agua que ingresa a la mezcladora.

3.27.8 Extrusora X-280.

1. No existe un estudio de tiempos y movimientos de la máquina extrusora.

3.27.9 Banda Transportadora J-240.

1. Existe gran pérdida de producto debido a la falta de tiempos y movimientos de la máquina extrusora X-280.

EVALUACIÓN DEL PROCESO PRODUCTIVO DE LA PLANTA INDUSTRIAL LADRILLERA
TERRAFORTE, UBICADA EN EL SECTOR DE CALACALÍ EN EL PERIODO 2012-2013

3.27.10 Pre -Secado P-350.

1. Los productos salientes del Pre-Secado no concluyen el proceso con las mismas condiciones de humedad, porque no existe una distribución uniforme de los ventiladores ni de las tuberías de aire caliente.
2. No existe un parámetro de cuanto flujo másico de aire caliente entra al Pre-Secado.

3.27.11 Secado B-360.

1. Al finalizar el proceso de Secado, no se tiene una cuantificación del porcentaje de humedad.

3.27.12 Horno Q-380.

1. No se cuenta con antecedentes del modelo, capacidad y tipo del horno.
2. No existen datos acerca de la relación aire-combustible del horno.
3. La Planta carece de información acerca del porcentaje de flujo másico de aire que sale del horno al Secado y Pre-Secado.
4. La Industria no cuenta con el porcentaje de aire en exceso que ingresa al horno.
5. No existe un dato real del consumo al día de gas natural.
6. No se tiene un porcentaje de cuanto aire atmosférico entra en el horno.
7. No hay parámetros que evidencien si se tiene una combustión completa o incompleta en el horno.
8. No existe un proceso de remediación de gases, que salen de la chimenea a la atmósfera.

No se cuenta con el porcentaje de eficiencia del rendimiento del horno.

IV. CAPITULO

DISCUSIÓN

EVALUACIÓN DEL PROCESO PRODUCTIVO DE LA PLANTA INDUSTRIAL LADRILLERA
TERRAFORTE, UBICADA EN EL SECTOR DE CALACALÍ EN EL PERIODO 2012-2013

4.1 Discusión

1. En el país, la industria Ladrillera ha tenido un importante crecimiento en los últimos años, debido a la gran demanda en el negocio de la construcción. En esta industria se requiere de un importante consumo energético en cada uno de los procesos y equipos de producción, además de materias primas tales como arcilla roja, arcilla blanca y agua para la elaboración de los diferentes productos. En este trabajo se presenta la evaluación del proceso productivo de la planta Industrial Ladrillera Terraforce durante el periodo 2012-2013, en el cual se realizó una investigación en campo y se analizó el desempeño actual de la planta. La planta Terraforce cuenta con las siguientes unidades de procesamiento: tolvas o cajones dosificadores donde se ingresa las materias primas al proceso, bandas transportadoras de material, molino de martillos para la reducción del tamaño de partícula de los sólidos, mezcladoras para homogenizar la arcilla, una zona de maduración o pudrimiento de la arcilla para que el producto posee características físicas iguales, una laminadora para la reducción definitiva del material, una extrusora para el moldeado de las piezas, equipos para el secado del material y un horno de cocción constituido por tres zonas (calentamiento, cocción y enfriamiento). Para este estudio se elaboró el diagrama de flujo de procesos de la planta ladrillera Terraforce, en donde se encuentran plasmado todo el proceso productivo analizado.
2. En los análisis de laboratorio se tomó muestras a la entrada y salida de cada uno de los equipos de proceso y se realizaron ensayos de: humedad y granulometría. Para los ensayos de humedad se tomó una muestra diaria y para el de granulometría se tomaron muestras cada 2 horas durante un periodo de 30 días. Se tomaron datos de las condiciones de operación de los diferentes procesos, tales como: flujo másico, flujo volumétrico, temperatura y presión. Con estos datos se procedió a realizar el balance de masa del proceso de fabricación de ladrillos de la planta Terraforce. A los datos obtenidos en los ensayos de laboratorio y de la planta se procedió a efectuar un análisis estadístico con la finalidad de tener una mayor confiabilidad de estos. Con estos cálculos, se determinó que la cantidad de materia prima utilizada es de 83,8 Ton/día y que se obtuvo una producción de 60 Ton/día. Por tal razón, la planta tiene un rendimiento del 72%.

EVALUACIÓN DEL PROCESO PRODUCTIVO DE LA PLANTA INDUSTRIAL LADRILLERA
TERRAFORTE, UBICADA EN EL SECTOR DE CALACALÍ EN EL PERIODO 2012-2013

3. Para el análisis del consumo energético de la planta Terraforte, se evaluó datos en campo de la potencia de cada uno de los equipos utilizados en el proceso de producción y las horas de trabajo de los mismos. Con estos datos se determinó que la planta consume 3.442 kW-h/día.
4. Para el estudio del horno de cocción Q-360, se realizó el análisis energético y de combustión. Según datos obtenidos en planta, hay un consumo diario de 3 Ton/día de gas natural, que representa aproximadamente el 15% de la capacidad de la esfera de almacenamiento del combustible. Con esta información, se determinó la cantidad de aire estequiométrico que se requiere para la combustión del flujo volumétrico de gas que ingresa a la cámara de combustión. La cantidad requerida de aire estequiométrico es de 29.781 Nm³/día y la relación aire combustible estequiométrica es de 7,9. Este valor indica que para obtener una combustión completa en el proceso de cocción de los ladrillos se debe contar con una relación mayor a 7,9. Por lo cual, se requiere una cantidad de aire en exceso que no supere el 20% para un mayor aprovechamiento del calor obtenido por la quema del combustible y así también evitar que haya una disminución en la temperatura de la llama. (Development, 1990). La cantidad de aire de combustión real se determinó utilizando los datos de diseño del ventilador que permite el ingreso de aire a la cámara de combustión y su presión de entrada. Con estos datos, se determinó que el flujo de aire de ingreso es de 23.285 Nm³/día, y la relación aire combustible real de 6.2. Esto indica que en el horno se está generando una combustión incompleta debido a un déficit de aire de combustión, lo cual disminuye la eficiencia de combustión, se produce una combustión parcial del gas natural, disminuye el calor transferido y la temperatura de la llama, y se genera emisiones de CO.
5. Además, con la composición del combustible se calculó el poder calorífico del gas natural y la temperatura de llama adiabática, la cual es la máxima temperatura que se puede obtener del combustible (gas natural) considerando que no hay pérdidas de calor (Romo, 1975). El poder calorífico del gas calculado es de 49.788 kJ/kg de combustible y la temperatura de llama adiabática de 1.948 °C. La cantidad de energía obtenida al combustionar las 3 Ton/día de combustible es de 149.160.401 kJ/día. Según los datos obtenidos en campo, la temperatura actual del horno oscila entre los 900-1.200 °C, lo que

EVALUACIÓN DEL PROCESO PRODUCTIVO DE LA PLANTA INDUSTRIAL LADRILLERA
TERRAFORTE, UBICADA EN EL SECTOR DE CALACALÍ EN EL PERIODO 2012-2013

indica que hay pérdidas de calor del orden del 40 al 50%. Esto puede ser ocasionado por una combustión incompleta en el horno, una falta de mantenimiento de los quemadores, y un deterioro de los equipos internos del horno.

6. Durante el relevamiento de información se observó que los productos cerámicos obtenidos de un lote a otro, no cuentan con propiedades y características similares, debido a una falta de control en la dosificación de las materias primas que ingresa al proceso de producción. Por esta razón, no se tiene una relación homogénea en la composición de estos productos.
7. Durante el proceso de mezclado de la arcilla con agua, se evidenció que la dosificación del agua se realiza manualmente y depende de la experiencia del operador. Es decir, no existe un flujo similar de dosificación de agua para la formulación de la pasta. Esto hace que cada lote tenga diferente contenido de humedad y que la resistencia mecánica del mismo varíe. Para determinar el consumo diario de agua en la planta Terraforte se tomó datos de campo del consumo de agua en los procesos de mezcla y se realizó un análisis estadístico. En las unidades ME-140 y ME-230 se tiene un consumo de 1.350 kg/día y 2.010 kg/día de agua, respectivamente. Esto da un consumo diario de 3.360 kg/día de agua.
8. Para las pérdidas de material generadas en el proceso de producción de la planta Terraforte, se tomó datos de campo de los equipos en donde se generan mayores desperdicios. Se determinó que en la banda transportadora J-340 las pérdidas son de 5.098 kg/día, en el proceso de secado B-360 existe pérdidas de material de 402 kg/día y en el proceso de cocción hay pérdidas de 14.977 kg/día debido básicamente a la caída de material, fallas, fisuras, cortes de material remanente y por una descoordinación en los tiempos de movimientos de las máquinas y los operadores. Esto representa el 24,4 % de pérdidas diarias con respecto al total de materia que ingresa al proceso.
9. El cuello de botella del proceso de fabricación de ladrillos de la planta Terraforte, se encuentra en la unidad extrusora X-280, ya que el tiempo de moldeado de la pasta es menor al tiempo que demora el transporte de los ladrillos hacia la cortadora C-330, por lo que existe caídas de material fuera de la banda transportadora J-340.

EVALUACIÓN DEL PROCESO PRODUCTIVO DE LA PLANTA INDUSTRIAL LADRILLERA
TERRAFORTE, UBICADA EN EL SECTOR DE CALACALÍ EN EL PERIODO 2012-2013

10. Para el análisis del proceso de maduración F-210, se tomó una muestra diaria y se dejó en reposo a temperatura ambiente por un período de 7 días. Con estos datos se evidenció que la arcilla tiene una madurez más uniforme y las pérdidas por vaporización son de 790 kg/día.
11. Para el análisis de la vaporización de agua en el Pre-Secado P-350, Secado B-360 y Cocción Q-370 se tomó muestras diarias de humedades a la salida de cada proceso. Con estos datos se determinó que el flujo másico por evaporización en el proceso de Pre-Secado es de 841 kg/día, en el Secado de 2.836 kg/día y en la Cocción 789 kg/día.
12. Para el cálculo de la transferencia de energía que se requiere en los procesos de Pre-Secado y Secado para vaporizar el agua de la pasta se realizó un balance de energía. La cantidad de energía utilizada en el Pre-Secado es de 4.558.170,31 kJ/día y en el Secado de 6.838.755,16 kJ/día.
13. Para el cálculo de la temperatura del horno, se realizó un balance de energía utilizando los datos de la cantidad de energía que suministra el combustible, la cantidad de masa que ingresa a la cocción y la masa de agua evaporada. Se obtuvo un valor de 987°C. Dicho valor concuerda con los datos obtenidos en campo, el cual se encuentran entre 900-1.200°C.
14. Para el cálculo del requerimiento de aire de enfriamiento para la zona 3 del horno túnel se realizó un balance de energía utilizando los datos obtenidos de la temperatura del horno, la cantidad de calor suministrada por el combustible, la cantidad de materia que sale de la cocción (zona 1 y 2) y la temperatura de salida del material a almacenamiento. La cantidad de aire requerida es de 22.705.031 kg/día y la cantidad de energía transferida durante el proceso de enfriamiento es de 1.481.730.349 kJ/día.

4.2 Conclusiones

1. La cantidad de materia prima que requiere la Planta Ladrillera Terraforte para la fabricación de sus productos es de: 57 Ton/día de arcilla roja, 7 Ton/día de arcilla blanca (caolín), 16.2 Ton/día de material de reproceso y 3,4 Ton/día de agua.

EVALUACIÓN DEL PROCESO PRODUCTIVO DE LA PLANTA INDUSTRIAL LADRILLERA
TERRAFORTE, UBICADA EN EL SECTOR DE CALACALÍ EN EL PERIODO 2012-2013

2. La cantidad de producto obtenido en el proceso de fabricación es de 60 Ton/día. Esto representa un rendimiento de la planta del 72% con respecto a la cantidad de materia prima que ingresa al proceso.
3. El consumo energético de los equipos de la Planta Ladrillera Terraforte es de 3.442 kW-h/día.
4. La cantidad requerida de aire estequiométrico para la combustión de 3 Ton/día de gas natural es de 29.781 Nm³/día y la relación aire combustible estequiométrica es de 7,9.
5. El flujo de aire combustible real que ingresa a la cámara de combustión es de 23.285 Nm³/día, y la relación aire combustible real de 6.2. Esto indica que en el horno se está produciendo una combustión incompleta debido a la falta de aire, lo cual disminuye la eficiencia de combustión, se produce una combustión parcial del gas natural, disminuye el calor transferido y la temperatura de la llama, y se genera emisiones de CO.
6. El poder calorífico del gas natural calculado es de 49.788 kJ/kg de combustible y la temperatura de llama adiabática considerando que no existen pérdidas de calor es de 1.948 °C.
7. La cantidad de energía obtenida por la combustión de las 3 Ton/día de gas natural es de 149.160.401 kJ/día.
8. Las pérdidas de calor en el horno túnel se encuentran entre el 40 al 50%. Esto se debe a una combustión incompleta en el horno, una falta de mantenimiento de los quemadores, y un deterioro de los equipos internos del horno.
9. Las pérdidas de material en los diferentes procesos de la planta Terraforte es de 20.477 kg/día, esto se debe básicamente a la caída de material, fallas, fisuras, cortes de material remanente y por una descoordinación en los tiempos de movimientos de las máquinas y los operadores. Esto representa el 24,4 % de pérdidas diarias con respecto al total de materia que ingresa al proceso.
10. La cantidad de energía utilizada en el proceso de Pre-Secado es de 4.558.170,31 kJ/día y en el Secado es de 6.838.755,16 kJ/día.
11. La temperatura del horno calculada es de 987°C. Dicho valor concuerda con los datos obtenidos en campo, el cual se encuentran entre 900-1.200°C.

EVALUACIÓN DEL PROCESO PRODUCTIVO DE LA PLANTA INDUSTRIAL LADRILLERA
TERRAFORTE, UBICADA EN EL SECTOR DE CALACALÍ EN EL PERIODO 2012-2013

12. La cantidad de aire requerida para el enfriamiento de los ladrillos en la zona 3 es de 22.705.031 kg/día y la cantidad de energía transferida durante el proceso de enfriamiento es de 1.481.730.349 kJ/día.

4.3 Recomendaciones

1. La cantidad de aire combustible que ingresa al horno es menor a la del aire estequiométrico requerido para que se genere una combustión completa del gas. Por tal razón, no se combustionará en su totalidad el gas que ingresa al horno, disminuirá la cantidad de calor generado y la temperatura de la llama. Para garantizar una mayor eficiencia de combustión se recomienda: a) cambiar el ventilador a otro de mayor potencia o b) disminuir el flujo de combustible que ingresa al horno.
2. Se recomienda realizar una inspección interna del horno túnel y de la cámara de combustión para verificar el estado actual del equipo.
3. Se debe realizar un estudio reológico de la pasta (mezcla de arcillas con agua), ya que este permitirá un control adecuado del proceso, de tal manera que el producto a obtenerse garantice que siempre tendrá el mismo comportamiento y características similares para el propósito deseado.
4. Se recomienda hacer un “Estudio del trabajo” en la empresa Ladrillera Terraforte con la finalidad de aumentar la productividad y disminuir los tiempos muertos. Dentro de este estudio se puede realizar un análisis de los tiempos y movimientos de las máquinas y de los operadores para mejorar la eficiencia y rendimiento del trabajo.
5. Se recomienda, realizar un estudio energético más detallado en los procesos de pre-secado, secado, cocción y enfriamiento para aprovechar la energía del horno y reutilizarla de una manera más eficiente, evitando las pérdidas de calor en el proceso.

EVALUACIÓN DEL PROCESO PRODUCTIVO DE LA PLANTA INDUSTRIAL LADRILLERA
TERRAFORTE, UBICADA EN EL SECTOR DE CALACALÍ EN EL PERIODO 2012-2013

6. Se recomienda instalar un sistema de control automático en cada una de las unidades, con la finalidad de disminuir las pérdidas de producción y optimizar el proceso. Además, se recomienda instalar sistemas de medición y monitoreo de caudal, temperatura, presión, humedad, pH, viscosidad en todos los equipos. Esto permitirá tener un control más adecuado de las variables de proceso y mejorar el rendimiento de la planta.
7. En los mezcladores se recomienda colocar dosificadores de agua, para que la pasta de cada lote posea las mismas características y propiedades.
8. Se recomienda colocar un sistema de tamizado después del molino de martillos para tener un tamaño de partícula homogéneo y mejorar la granulometría de la pasta.
9. En el proceso de maduración de la arcilla se debe tener un contenido de agua muy próximo al que se requiere para el moldeado, por lo que se recomienda un pudrimiento mínimo de 7 días con ausencia de luz para que la arcilla presente propiedades uniformes.
10. Se recomienda implementar un Sistema de Gestión de Calidad para garantizar una mejor calidad de los productos obtenidos, una reducción en los costos de producción y asegurar la satisfacción del cliente.
11. Se recomienda mejorar la infraestructura e instalaciones del laboratorio de análisis y ensayo de materiales.

Referencias bibliográficas.

Citas bibliográficas.

- Alcocer & Gachet, S. &. (2007). Desarrollo de objetos utilitarios en ceramica , otorgandoles un valor agregado a traves de nuevas propuestas tecnologicas y de diseño. *proyecto de fin de carrera*. Quito, Ecuador.
- Angüisaca, R. (Junio de 2009). Proyecto de diseño de un horno túnel para la planta procesadora de arcilla “Bella Azhuquita”. *Proyecto de fin de carrera*. Cuenca, Ecuador: Universidad Politecnica Salesiana sede Cuenca, Facultad de ingenieria.
- Austin, G. (1990). *Manual de Procesos Quimicos en la Industria*. Mexico: Mcgraw-Hill.
- Avgustinik, A. (1983). *Ceramica*. Reverte.
- Bianucci, M. (2009). El Ladrillo -Orignes y Desarrollo. *Introduccion a la Tecnologia Area de la Tecnologia y la Produccion.*, (pág. 39). Argentina.
- Cárdenas & Chaparro, M. &. (2004). *Industria Minera de los materiales de construcción. Su sustentabilidad en America del Sur*. Santiago de Chile: Naciones Unidas.
- Casado, M. (2010). *Elaboración de limites maximos permisibles de emisiones para la industria ladillera*. Peru: Ministerio del Ambiente y del Programa Regional de Aire Limpio.
- Castello, F. (1993). *Fundamentos biológicos y tecnoogía de la producción*. Barcelona: Universitat de Barcelona.
- Cun, M. (2010). Mejoramiento y Tecnificación de Extrusora para La Elaboración para la elaboracion de ladrillos artesanales. *Tesis de Grado*. Guayaquil, Ecuador: Escuela Superior Politécnica del Litoral, Facultad de Ingeniería Mecánica y Ciencias de la Producción.
- Development, N. (1990). *Programa de capacitacion en ceramica de la energia en la industria*. Ecuador: Ecuador S.A.
- Ecuadoriana, N. T. (Mayo de 1997). Ladrillos ceramicos definiciones. Clasificacion y condiciones generales. *Inen 293*. Quito.
- Fernandéz, M. (9 de Mayo de 2000). Manual sobre fabricación de baldosas, tejas y ladrillos. Madrid, España: Laboratorio Técnico Cerámico S.L.

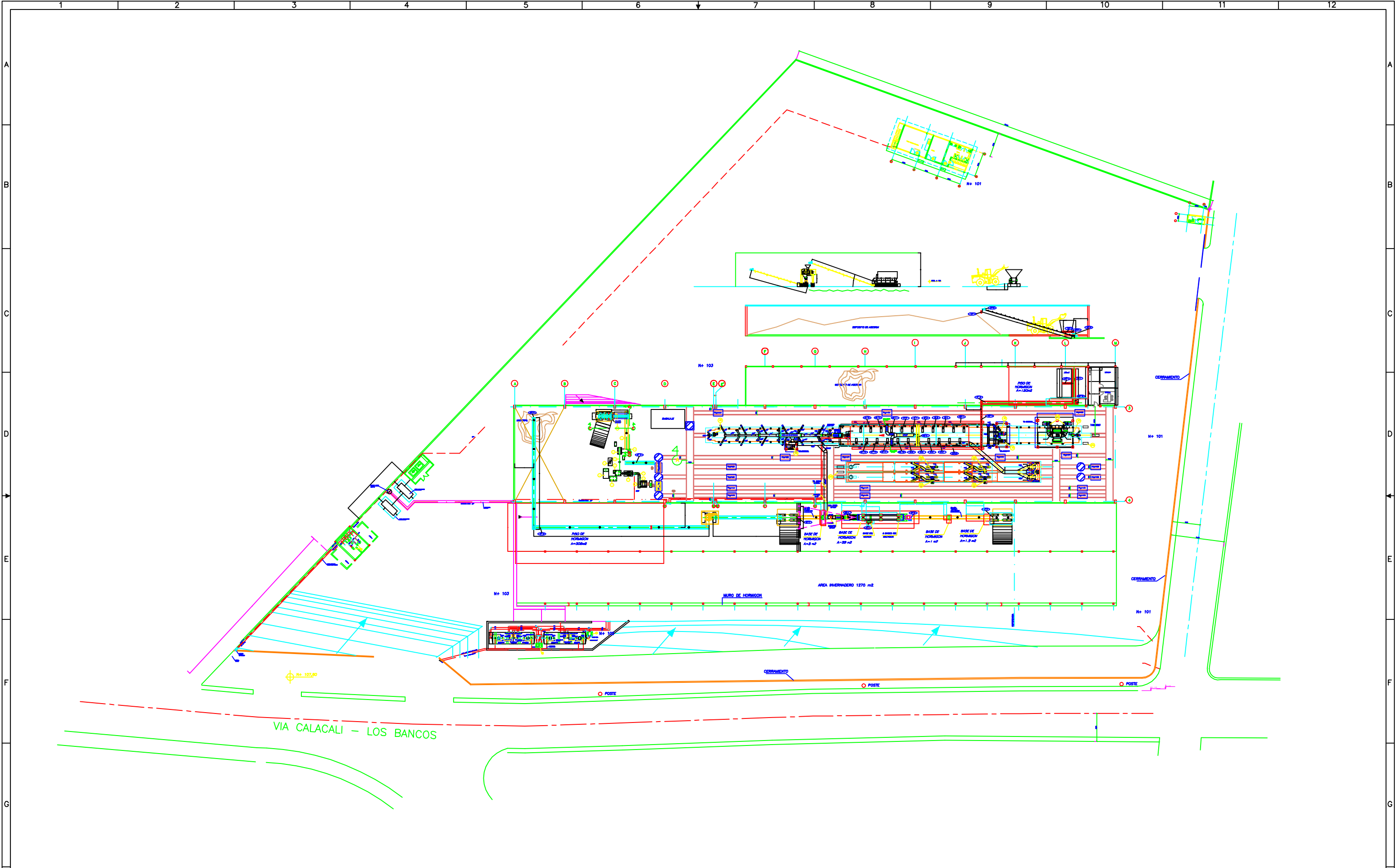
EVALUACIÓN DEL PROCESO PRODUCTIVO DE LA PLANTA INDUSTRIAL LADRILLERA
TERRAFORTE, UBICADA EN EL SECTOR DE CALACALÍ EN EL PERIODO 2012-2013

- Flores, J. (2000). Variables de diseño de horno de ladrillo con geometría cilíndrica y cuadrada. *Tesis de Grado*. Celaya, Mexico: Departamento de Ingeniería Mecánica del Instituto Tecnológico Celaya.
- García & Ronaldo, D. &. (2001). Ladrillos a Escala Industrial. *Tesis de Grado*. Ecuador: Escuela Superior del Litoral, Facultad de Ingeniería Mecánica y Ciencias de la producción.
- Gómez, C. (2010). Modelamiento y simulación de un horno túnel industrial. *Universidad*. Medellin, Colombia: Universidad Nacional de Colombia Facultad de Minas.
- Google. (18 de Noviembre de 2013). *Google Earth*. Recuperado el 26 de Febrero de 2014, de www.googleearth.com
- Groveer, M. (1997). *Fundamentos de manufactura moderna materiales, procesos y sistemas*. Estado de Mexico: Prentice-Hall Hispanoamerica. S.A.
- Hysis. (2006). EEUU.
- INEN. (1997). 292. *Muestreo de la materia prima para la recepcion de la arcilla empleada en la construcción*. Ecuador.
- INEN. (Mayo de 1997). 293. *Ladrillos cerámicos, clasificación y condiciones generales*. Ecuador: Norma Técnica Ecuatoriana.
- INEN. (Mayo de 1997). 293. *Ladrillos ceramicos, clasificacion y condiciones generales*. Ecuador.
- INEN. (Mayo de 1997). 293. *Ladrillos ceramicos, clasificacion y condiciones generales*. Ecuador.
- INEN. (1997). 294. *Determinación de la resistencia a la compresión*. Ecuador.
- INEN. (1997). 295. *Determinación de la resitencia a la flexión*. Ecuador.
- INEN. (1997). 296. *Determinación de la resistencia a la flexión*. Ecuador.
- INEN. (Mayo de 1997). 297. *Ladrillos Ceramicos requisitos*. Ecuador: Norma Tecnica Ecuatoriana.
- INEN. (Mayo de 1997). 297. *Ladrillos Ceramicos requisitos*. Ecuador: Norma Tecnica Ecuatoriana.
- Mazón, G. (2009). Rehabilitacioón de un horno a gas para cerámica. *Tesis de Grado*. Riobamba, Ecuador: Escuela Superior Politecnica de Chimborazo, Facultad de Mecánica.

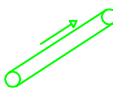
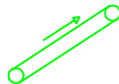
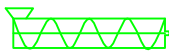
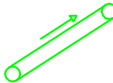
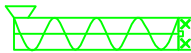
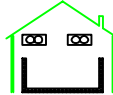
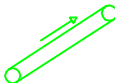
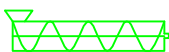
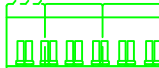
EVALUACIÓN DEL PROCESO PRODUCTIVO DE LA PLANTA INDUSTRIAL LADRILLERA
TERRAFORTE, UBICADA EN EL SECTOR DE CALACALÍ EN EL PERIODO 2012-2013

- Mendigure, A. (2009). Tecnología de la fabricación de ladrillos. *Proyecto de implementación y asistencia técnica en tecnologías limpias para la industria de tejas y ladrillos* (pág. 25). Cusco: Gobierno Regional del Cusco dirección regional de producción.
- Mery, C. (2010). Mejoramiento Y tecnificación de extrusora para La elaboración de ladrillos artesanales. *Tesis de grado*. Guayaquil , Ecuador: Escuela Politecnica del Litoral ,Facultad de ingeniería mecánica y ciencias de la producción.
- Mola, M. (2008). Viabilidad, planificación e implementación de una industria de materiales cerámicos para la construcción. *Estudio y diseño del proceso productivo*, (pág. 133). Cataluña.
- Núñez, A. (1994). *Un mundo aparte: aproximación a la historia de América Latina y el Caribe*. Madrid: De la Torre.
- Perry, R. (1998). *Manual del Ingeniero Químico*. España: McGraw-Hill/Interamericana de España, S.A.
- Petroamazonas. (2014). Ecuador.
- Reverte, P. (1972). *La Industria Ladrillera*. Barcelona: Reverte , S.A.
- Romo, L. (1975). *Termodinámica Química*. Quito: Universitaria.
- Sanchés & Bueno. (Octubre de 2008). Elaboración de un sistema de control para la cocción de ladrillos en un horno de combustión. *Tesis de Grado*. Quito, Ecuador: Escuela Politécnica Nacional, Facultad de Ingeniería Eléctrica y Electrónica.
- Splinger, K. (1954). *Manula de Técnica Ladrilera*. Buenos Aires: Reverté, S. A.
- The Brick Industry. (2006). *Notas Técnicas en la Construcción del Ladrillo*.
- Toctaquiza, O. (2008). Optimización del proceso de cocción en la producción de ladrillos de cerámica roja en el cantón Chambo. *Tesis de Grado*. Riobamba, Ecuador: Escuela Superior del Chimborazo , Facultad de Ciencias.
- Ulrich, G. (1992). *Diseño y economía de los procesos de ingeniería química*. México, D.F.: McGraw-Hill Interamericana de México, S.A. de C.V.
- Webster, A. (2000). *Estadística aplicada a los negocios y la economía*. Colombia: MCGRAW-HILL.

ANEXOS



H	NOTAS GENERALES			DIBUJOS DE REFERENCIA		REVISIONES						INGENIERIA / REGISTRO DISEÑO		FIRMA	FECHA		CLIENTE : 			
	ESTE PLANO CONTIENE INFORMACION CONFIDENCIAL, PROPIEDAD DE LA USEK. QUEDA EXPRESAMENTE PROHIBIDA SU DIFUSION, COPIA O USO SIN AUTORIZACION ESCRITA DE LA USEK. THIS DRAWING CONTAINS PROPRIETARY AND CONFIDENTIAL INFORMATION, ANY DISCLOSURE OR USE OF IS THEREFORE EXPRESSLY PROHIBITED WITHOUT THE WRITTEN PERMISSION OF USEK.	NUMERO	DESCRIPCION	REV.	DESCRIPCION	FECHA	DIBUJO	REISO	APROBO	DIBUJANTE :			30/04/14	PROYECTO : EVALUACIÓN DEL PROCESO PRODUCTIVO DE LA PLANTA INDUSTRIAL LADRILLERA TERRAPORTE						
				0	REVISION	30/04/14	D80	ARO	ARO	DISEÑADOR :				30/04/14	DESCRIPCION : DISTRIBUTION PLANT TERRAPORTE (ANEXO 1).					
											D80			30/04/14	DIBUJO N°: TRR-003 HOJA : 1 DE 1 REV. 0					
											ARO			30/04/14						
											ARO			30/04/14						
											REVISADO			30/04/14	TAMARO : A3 ESCALA : S/E					
											ARO			30/04/14						
											APROBACION GRAL :			30/04/14						
											ARO			30/04/14						

SIMBOLOGÍA											
Nomenclatura	Equipo	Símbolo	Nomenclatura	Equipo	Símbolo						
F-110	Tolva		C-260	Cortadora laminadora							
J-120	Banda transportadora		J-270	Banda transportadora							
C-130	Molino de martillos		X-280	Extrusora							
M-140	Mezclador de tornillos sin fin		MC-310	Equipo de moldeado							
J-150	Banda transportadora		J-320	Banda transportadora							
F-210	Almacenamiento abierto		C-330	Cortadora							
F-220	Tolva		J-340	Banda transportadora							
ME-230	Mezcladora amasadora		P-350	Presecado							
J-240	Banda transportadora		B-360	Secado							
ME-250	Mezclador		Q-370	Secado							
	Continuacion del diagrama de flujo			Entrada/Salida de materia							

NOTAS GENERALES			DIBUJOS DE REFERENCIA				REVISIONES				INGENIERIA / REGISTRO DISEÑO		FIRMA	FECHA		CLIENTE :  UNIVERSIDAD INTERNACIONAL ISEK						
ESTE PLANO CONTIENE INFORMACION CONFIDENCIAL, PROPIEDAD DE LA USEK. QUEDA EXPRESAMENTE PROHIBIDA SU DIFUSION, COPIA O USO SIN AUTORIZACION ESCRITA DE LA USEK. THIS DRAWING CONTAINS PROPRIETARY AND CONFIDENTIAL INFORMATION, ANY DISCLOSURE OR USE OF IS THEREFORE EXPRESSLY PROHIBITED WITHOUT THE WRITTEN PERMISSION OF USEK.			NUMERO	DESCRIPCION	REV.	DESCRIPCION	FECHA	DIBUJO	REVISO	APROBO	DIBUJANTE :		30/04/14	DISEÑADOR :			30/04/14	PROYECTO : EVALUACIÓN DEL PROCESO PRODUCTIVO DE LA PLANTA INDUSTRIAL LADRILLERA TERRAPORTE				
					1	REVISION INTERNA	30/04/14	D80	ARO	ARO	REVISADO :		30/04/14	REVISADO :			30/04/14	DESCRIPCION : SYMBOLS TERRAPORTE (ANEXO 2).				
														APROBACION GRAL :			30/04/14	TAMAÑO : A3	DIBUJO N°:	TRR-002	HOJA : 1 DE 1	REV. 0
																	ESCALA : S/E					

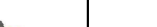
F-110 Tolva Capacidad: 5-15 ton/h Potencia del motor: 5HP	J-120 Banda transportadora Potencia del motor: 3HP	C-130 Molino de martillos Potencia del motor: 125HP	ME-140 Mezclador de tornillos sin fin. Capacidad: 8-15 ton/h Potencia del motor: 30HP	J-150 Banda transportadora Potencia del motor A: 3HP Potencia del motor B: 3HP
--	--	---	--	---

```

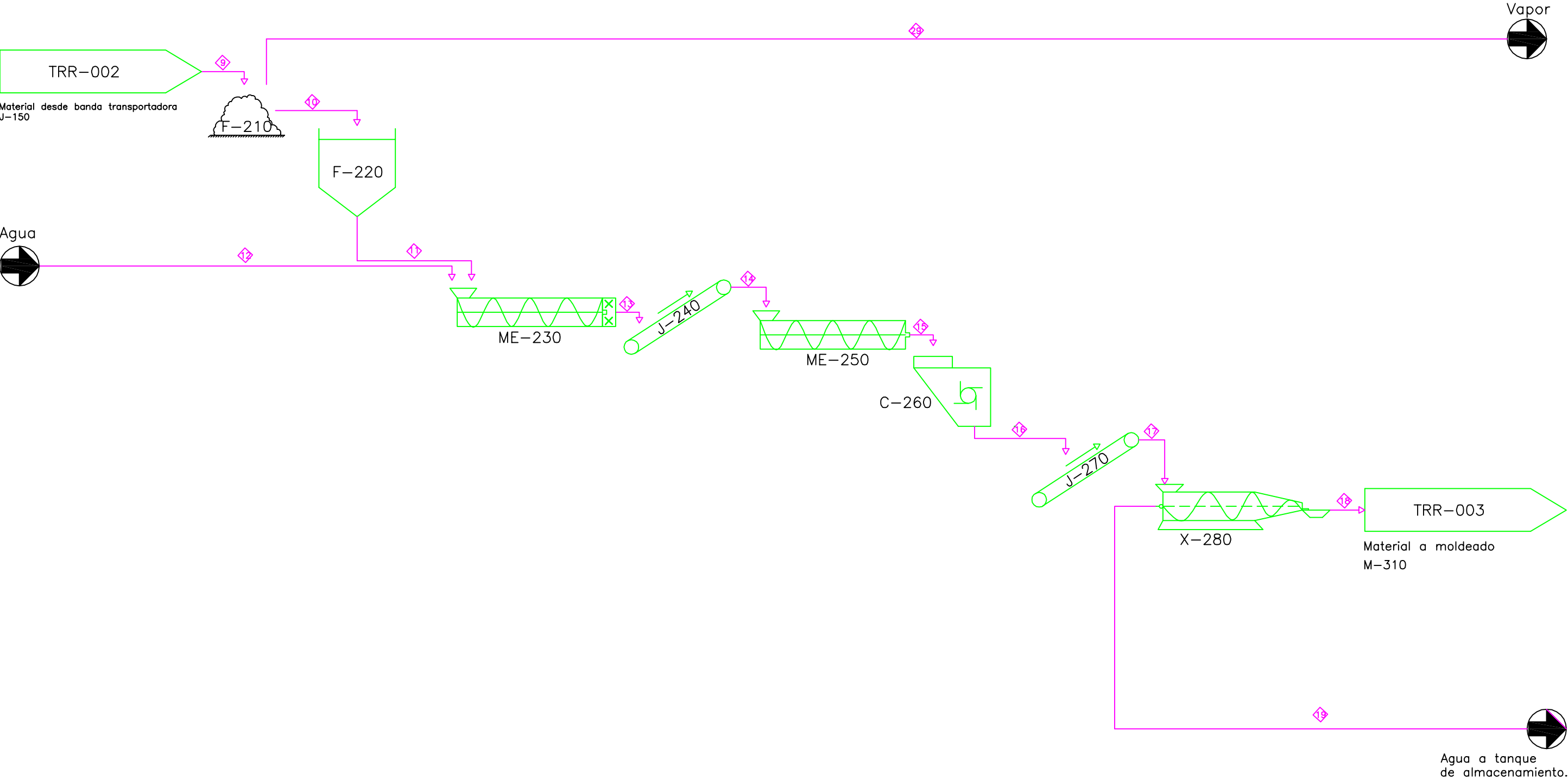
graph TD
    1((1)) --> F110[F-110]
    2((2)) --> F110
    3((3)) --> F110
    F110 -- 4 --> J120[J-120]
    J120 -- 5 --> C130[C-130]
    C130 -- 6 --> ME140[ME-140]
    7((7)) --> ME140
    ME140 -- 8 --> J150[J-150]
    J150 --> TRR002[TRR-002]
    TRR002 --> F210[F-210]
    Agua((Agua)) --> 7
  
```

Diagrama de flujo de la planta de procesamiento de arcilla:

- Entradas:** Arcilla roja desde recepción (1), Arcilla blanca desde recepción (2), Material de reproceso (3).
- Procesamiento:**
 - Material se mezcla en la tolva **F-110**.
 - Se transporta por la banda **J-120** al molino **C-130**.
 - El material pasa al mezclador **ME-140**, donde se agrega **Agua** (línea 7).
 - El material se transporta por la banda **J-150** a la zona de maduración **TRR-002** (F-210).

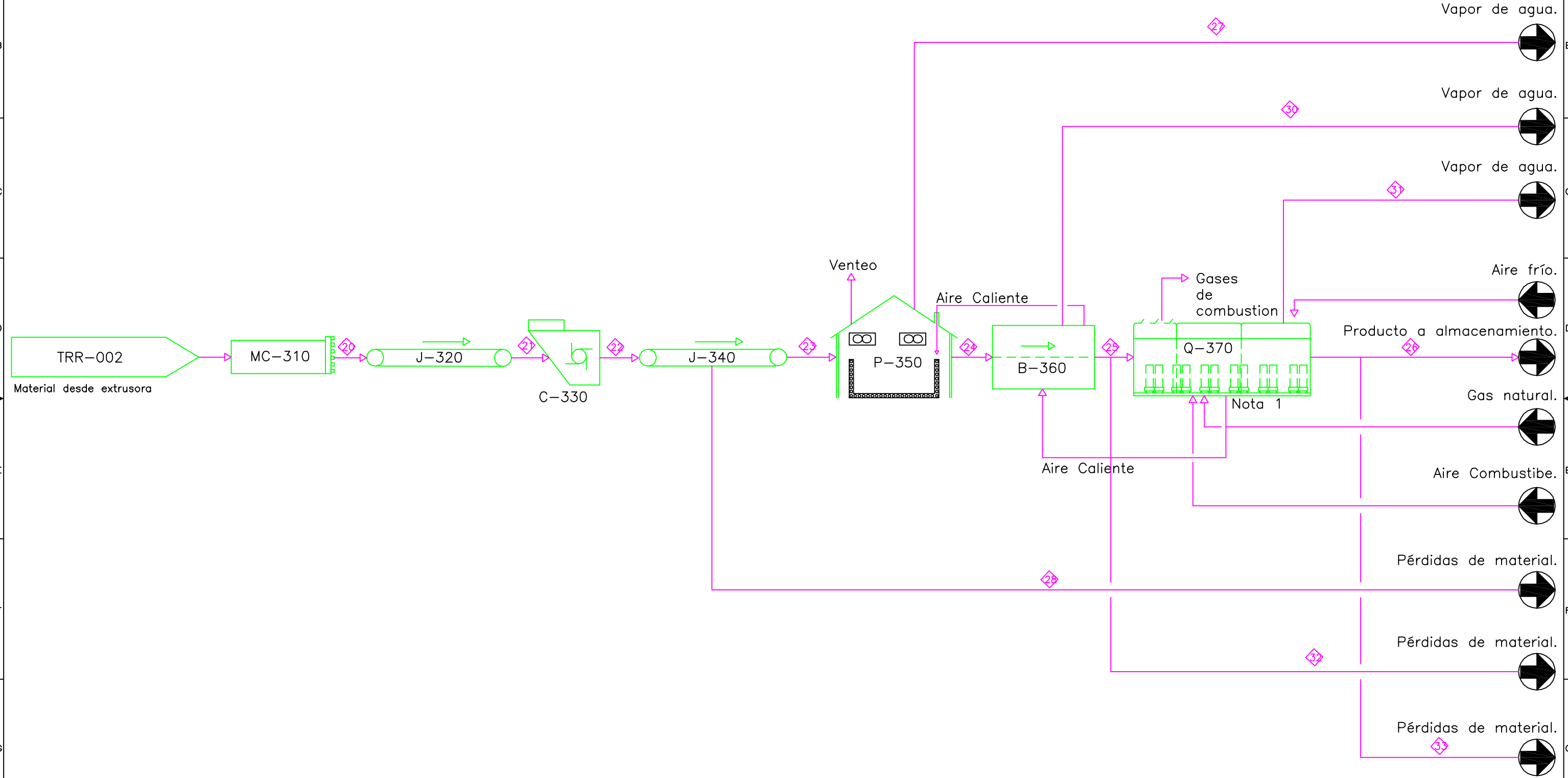
H	NOTAS GENERALES			DIBUJOS DE REFERENCIA		REVISIONES				INGENIERIA / REGISTRO DISEÑO		FIRMA	FECHA		CLIENTE : 																				
				NUMERO	DESCRIPCION	REV.	DESCRIPCION	FECHA	DIBUJO	REWSO	APROBO	DIBUJANTE :				PROYECTO : EVALUACIÓN DEL PROCESO PRODUCTIVO DE LA PLANTA INDUSTRIAL LADRILLERA TERRAFORTE																			
						0	REVISION	30/04/14	D80	ARO	ARO	D80			30/04/14	DESCRIPCION : PROCESS FLOW DIAGRAM TERRAFORTE (ANEXO 3).																			
												DISEÑADOR :																							
												D80			30/04/14																				
												REVISADO																							
												ARO			30/04/14																				
												REVISADO																							
												ARO			30/04/14																				
												APROBACION GRAL :																							
ESTE PLANO CONTIENE INFORMACION CONFIDENCIAL, PROPIEDAD DE LA USEK. QUEDA EXPRESAMENTE PROHIBIDA SU DIFUSION, COPIA O USO SIN AUTORIZACION ESCRITA DE LA USEK.															TAMAÑO : A3			DIBUJO N°: TRR-001	HOJA : 1 DE 3	REV. 0															
THIS DRAWING CONTAINS PROPRIETARY AND CONFIDENTIAL INFORMATION, ANY DISCLOSURE OR USE OF IS THEREFORE EXPRESSLY PROHIBITED WITHOUT THE WRITTEN PERMISSION OF USEK.															ESCALA : S/E																				
1			2			3			4			5			6			7			8			9			10			11			12		

F-210 Almacenamiento a campo abierto	F-220 Tolva Capacidad: 5-15 ton/h Potencia del motor: 5HP	ME-230 Mezclador amasador Capacidad: 15-25 ton/h Potencia del motor:30HP	J-240 Banda transportadora Potencia del motor: 2HP	ME-250 Mezclador Potencia del motor: 15HP	J-270 Banda transportadora Potencia del motor: 3HP	X-280 Extrusora Potencia del motor: 150HP	C-260 Cortadora laminadora Capacidad: 20-30 ton/h Potencia del motor A: 15HP Potencia del motor B: 15 HP
--	--	---	--	---	--	---	--



NOTAS GENERALES		DIBUJOS DE REFERENCIA		REVISIONES					INGENIERIA / REGISTRO DISEÑO	FIRMA	FECHA		CLIENTE :		UNIVERSIDAD INTERNACIONAL ISEK		
ESTE PLANO CONTIENE INFORMACION CONFIDENCIAL, PROPIEDAD DE LA USEK. QUEDA EXPRESAMENTE PROHIBIDA SU DIFUSION, COPIA O USO SIN AUTORIZACION ESCRITA DE LA USEK. THIS DRAWING CONTAINS PROPRIETARY AND CONFIDENTIAL INFORMATION, ANY DISCLOSURE OR USE OF IS THEREFORE EXPRESSLY PROHIBITED WITHOUT THE WRITTEN PERMISSION OF USEK.		NUMERO	DESCRIPCION	REV.	DESCRIPCION	FECHA	DIBUJO	REVISO	APROBO	DIBUJANTE :			30/04/14	PROYECTO :	EVALUACION DEL PROCESO PRODUCTIVO DE LA PLANTA INDUSTRIAL LADRILLERA TERRAPORTE		
				0	REVISION	30/04/14	DGO	ARO	ARO	DISEÑADOR :			30/04/14	DESCRIPCION :	PROCESS FLOW DIAGRAM TERRAPORTE (ANEXO 3).		
											REVISADO			30/04/14			
													ARO		30/04/14		
													REVISADO		30/04/14		
										APROBACION GRAL :		30/04/14	TAMARO : A3	DIBUJO N°: TRR-001	HOJA : 2 DE 3	REV. 0	
										ARO		30/04/14	ESCALA : S/E				

J-320 Banda transportadora Potencia del motor: 1HP	C-330 Cortadora Potencia del motor: 1HP Capacidad: 12000 cortes/h	J-340 Banda transportadora Potencia del motor: 2HP	P-350 Unidad de presecado	B-360 Secador de tunel	Q-370 Horno tunel Capacidad:
--	--	--	------------------------------	---------------------------	------------------------------------



NOTAS GENERALES				DIBUJOS DE REFERENCIA				REVISIONES					INGENIERIA / REGISTRO DISEÑO	FIRMA	FECHA		CLIENTE :
1. El análisis del horno Q-370 se realizó en la sección XXX				NUMERO	DESCRIPCION	REV.	DESCRIPCION	FECHA	DIBUJO	REVISO	APROBO	DIBUJANTE :			30/04/14		UNIVERSIDAD INTERNACIONAL ISEK
						0	REVISIÓN	30/04/14	DGO	ARO	ARO	DISEÑADOR :			30/04/14		
												REVISADO			30/04/14		
												REVISADO			30/04/14		
												APROBACION GRAL :			30/04/14		
ESTE PLANO CONTIENE INFORMACION CONFIDENCIAL, PROPIEDAD DE LA ISEK. QUEDA EXPRESAMENTE PROHIBIDA SU DIFUSION, COPIA O USO SIN AUTORIZACION ESCRITA DE LA ISEK. THIS DRAWING CONTAINS PROPRIETARY AND CONFIDENTIAL INFORMATION, ANY DISCLOSURE OR USE OF IS THEREFORE EXPRESSLY PROHIBITED WITHOUT THE WRITTEN PERMISSION OF ISEK.															TAMAÑO : A3 ESCALA : S/E	DIBUJO N°: TRR-001	HOJA : 3 DE 3 REV. 0

EVALUACIÓN DEL PROCESO PRODUCTIVO DE LA PLANTA INDUSTRIAL LADRILLERA
TERRAFORTE, UBICADA EN EL SECTOR DE CALACALÍ EN EL PERIODO 2012-2013

ANEXO 5. Características de diseño del molino de martillos. (Ulrich, 1992).

Tipo de equipo		
Trituradoras		
Martillos de alta velocidad (pernos)		
Diámetro máximo de los terrones alimentadores. D (m)		50
Relación de reducción típica máxima R		20
Capacidad máxima. m (kg/s)		
<i>Características de eficiencia</i>		
Intervalo de la distribución de tamaño		B
Compatibilidad		
Sólidos duros		x
Materiales abrasivos		x
Sólidos pegajosos o cohesivos		A
Materiales suaves		A
Sustancias elásticas		A
Adecuabilidad		
Trituración húmeda		A
Atmósferas controladas		A
Calentamiento o enfriamiento		A
Otros tipos de proceso		
Simultáneo		Secado
<i>Intervalo de tamaño de quebrado y trituración (las flechas indican el intervalo de trituración)</i>	<i>Diámetro de las</i>	
		x
		x
		B
Quebrado burdo	1 m	A
Quebrado intermedio	0 1 m (10cm)	A
Trituración burda	1 cm	B
Trituración intermedia	1 mm	D
Trituración fina	0 1 mm (100 μ m)	
Trituración extrafina	0 01 mm (10 μ m)	
Trituración extrafina	0 0001 m (1 μ m)	
Trituración extrafina	0 1 μ m	
<i>Consumo de potencia (kw)^a</i>		
Materiales duros (8-10 Moh)		
Medios (4-7 Moh)		40 m In R
Suaves (1-3 Moh)		40 m In R
Consistencia de cuero, materiales tenaces		

EVALUACIÓN DEL PROCESO PRODUCTIVO DE LA PLANTA INDUSTRIAL LADRILLERA
TERRAFORTE, UBICADA EN EL SECTOR DE CALACALÍ EN EL PERIODO 2012-2013

<i>Materiales típicos procesados^c</i>	
Asbestos	x
Huesos	x
Carbón negro	x
Cereales y granos	x
Cemento	
Carbón vegetal	x
Arcilla	
Carbón de piedra	
Coque	
Feldespatos	
Aglutinación de filtros	x
Alimentos	
Greda	x
Grafito	
Yeso	
Cuero	x
Cal	
Piedra caliza	
Mica	
Minerales	
Sólidos orgánicos	
Fosfatos	
Pigmentos	x
Plásticos	x
Refractarios	
Resinas	x
Hule	
Sales	x
Chatarra	
Escoria	
Jabones	x
Esteatita	
Sílice	
Bicarbonato de sodio	
Desperdicio sólido (municipal)	
Azufre	
Talco	x
Madera	

EVALUACIÓN DEL PROCESO PRODUCTIVO DE LA PLANTA INDUSTRIAL LADRILLERA
TERRAFORTE, UBICADA EN EL SECTOR DE CALACALÍ EN EL PERIODO 2012-2013

Clave

A excelente o sin limitaciones

B limitaciones modestas

C unidades disponibles a un costo mayor para reducir los problemas al mínimo

D limitado en este aspecto

E limitado intensamente en este aspecto

X inaceptable

^a El flujo m esta en kilogramos por segundo; la relación de reducción R no tiene dimensiones; D_p es el diámetro final de la partícula, en metros.

^b La potencia de los fluidos de energía se informa como kilogramos de aire comprimido o vapor consumidos por kilogramos de sólidos.

^c Contrariamente a la clave usual, en esta sección una “X” indica el equipo empleado para moler o pulverizar el material especificado.

EVALUACIÓN DEL PROCESO PRODUCTIVO DE LA PLANTA INDUSTRIAL LADRILLERA
TERRAFORTE, UBICADA EN EL SECTOR DE CALACALÍ EN EL PERIODO 2012-2013

ANEXO 6. Características de diseño del amasador. (Ulrich, 1992).

Tipo de mezclador	
Agitado mecánicamente	
Amasador	
Intervalo de tamaños del equipo Diámetro del recipiente. D_t (m) Longitud o altura del recipiente. L (m) Diámetro del agitador. D_a (m) Volumen del recipiente. V (m ³)	
Flujo del fluido mezclado. m (kg/s) Gases Líquidos	
Tiempo típico de resistencia Θ (s) Mezcla	20-200
Extracción líquido líquido Suspensión de sólidos Reacción química	
Intervalo de viscosidad (Pa . s) Fracción de volumen del medio disperso Φ	200-2000
Adecuabilidad	X
Mezcla gas – gas	X
Mezcla gas – líquido	X
Mezcla líquido – líquido (inmiscible)	X
Suspensión líquido – sólido	X
Mezcla pasta – pasta	A
Mezcla sólido – sólido	X
Mejoramiento de la transferencia de calor	B
Reacción química	B
Mezcla líquido – sólido	A
Mezcla de materiales pegajosos	B
Diferencial de presión Δp (bar) Gases Líquidos	
Consumo de potencia P (kW) Gas – gas Gas – líquido	
Líquido – líquido Suave Vigorosa Intensa	
Líquido – sólido Pasta – pasta Sólido - sólido	

EVALUACIÓN DEL PROCESO PRODUCTIVO DE LA PLANTA INDUSTRIAL LADRILLERA
TERRAFORTE, UBICADA EN EL SECTOR DE CALACALÍ EN EL PERIODO 2012-2013

Coeficientes globales de transferencia de calor U ($J/s \cdot m^2 \cdot K$)	50-500
---	--------

Clave

A excelente o sin limitaciones

B limitaciones modestas

C unidades disponibles a un costo mayor para reducir los problemas al mínimo

D limitado en este aspecto

E limitado intensamente en este aspecto

X inaceptable

^a El intervalo de flujos de gas va de 0.004 a 0.06 m³ por metro cuadrado de sección transversal de recipiente. La velocidad de elevación de las burbujas cae normalmente entre 0.15 y 0.30 m/s.

^b Este es el tiempo de residencia dentro de la bomba o mezclador de línea en sí. Para una bomba instalada en una tubería externa de circuito cerrado, el tiempo necesario para la circulación de un volumen igual al contenido del tanque, se considera adecuado para mezclar el contenido del recipiente.

EVALUACIÓN DEL PROCESO PRODUCTIVO DE LA PLANTA INDUSTRIAL LADRILLERA
TERRAFORTE, UBICADA EN EL SECTOR DE CALACALÍ EN EL PERIODO 2012-2013

ANEXO 7. Características de diseño del extrusor. (Ulrich, 1992).

Tipo de mezclador	
Agitado mecánicamente	
Extrusor	
Intervalo de tamaños del equipo Diámetro del recipiente. D_t (m) Longitud o altura del recipiente. L (m) Diámetro del agitador. D_a (m) Volumen del recipiente. V (m ³)	
Flujo del fluido mezclado. m (kg/s) Gases Líquidos	
Tiempo típico de resistencia Θ (s) Mezcla	20-200
Extracción líquido líquido Suspensión de sólidos Reacción química	
Intervalo de viscosidad (Pa . s) Fracción de volumen del medio disperso Φ	200-10.000
Adecuabilidad	X
Mezcla gas – gas	X
Mezcla gas – líquido	X
Mezcla líquido – líquido (inmiscible)	X
Suspensión líquido – sólido	X
Mezcla pasta – pasta	A
Mezcla sólido – sólido	X
Mejoramiento de la transferencia de calor	A
Reacción química	B
Mezcla líquido – sólido	D
Mezcla de materiales pegajosos	A
Diferencial de presión Δp (bar) Gases Líquidos	
Consumo de potencia P (kW) Gas – gas Gas – líquido	
Líquido – líquido Suave Vigorosa Intensa	
Líquido – sólido Pasta – pasta Sólido - sólido	

EVALUACIÓN DEL PROCESO PRODUCTIVO DE LA PLANTA INDUSTRIAL LADRILLERA
TERRAFORTE, UBICADA EN EL SECTOR DE CALACALÍ EN EL PERIODO 2012-2013

Coeficientes globales de transferencia de calor U ($J/s \cdot m^2 \cdot K$)	50-500
---	--------

Clave

A excelente o sin limitaciones

B limitaciones modestas

C unidades disponibles a un costo mayor para reducir los problemas al mínimo

D limitado en este aspecto

E limitado intensamente en este aspecto

X inaceptable

^a El intervalo de flujos de gas va de 0.004 a 0.06 m³ por metro cuadrado de sección transversal de recipiente. La velocidad de elevación de las burbujas cae normalmente entre 0.15 y 0.30 m/s.

^b Este es el tiempo de residencia dentro de la bomba o mezclador de línea en sí. Para una bomba instalada en una tubería externa de circuito cerrado, el tiempo necesario para la circulación de un volumen igual al contenido del tanque, se considera adecuado para mezclar el contenido del recipiente.

EVALUACIÓN DEL PROCESO PRODUCTIVO DE LA PLANTA INDUSTRIAL LADRILLERA
TERRAFORTE, UBICADA EN EL SECTOR DE CALACALÍ EN EL PERIODO 2012-2013

ANEXO 8. Características de diseño de la mazaladora. (Ulrich, 1992).

Tipo de mezclador	
Agitado mecánicamente	
Mazaladora	
Intervalo de tamaños del equipo Diámetro del recipiente. D_t (m) Longitud o altura del recipiente. L (m) Diámetro del agitador. D_a (m) Volumen del recipiente. V (m ³)	
Flujo del fluido mezclado. m (kg/s) Gases Líquidos	
Tiempo típico de resistencia Θ (s) Mezcla	100-200
Extracción líquido líquido Suspensión de sólidos Reacción química	
Intervalo de viscosidad (Pa . s) Fracción de volumen del medio disperso Φ	500-5000
Adecuabilidad	X
Mezcla gas – gas	X
Mezcla gas – líquido	X
Mezcla líquido – líquido (inmiscible)	X
Suspensión líquido – sólido	X
Mezcla pasta – pasta	A
Mezcla sólido – sólido	D
Mejoramiento de la transferencia de calor	D
Reacción química	E
Mezcla líquido – sólido	B
Mezcla de materiales pegajosos	E
Diferencial de presión Δp (bar) Gases Líquidos	
Consumo de potencia P (kW) Gas – gas Gas – líquido	
Líquido – líquido Suave Vigorosa Intensa	
Líquido – sólido Pasta – pasta Sólido - sólido	

EVALUACIÓN DEL PROCESO PRODUCTIVO DE LA PLANTA INDUSTRIAL LADRILLERA
TERRAFORTE, UBICADA EN EL SECTOR DE CALACALÍ EN EL PERIODO 2012-2013

Coeficientes globales de transferencia de calor U ($J/s \cdot m^2 \cdot K$)	
---	--

Clave

A excelente o sin limitaciones

B limitaciones modestas

C unidades disponibles a un costo mayor para reducir los problemas al mínimo

D limitado en este aspecto

E limitado intensamente en este aspecto

X inaceptable

^a El intervalo de flujos de gas va de 0.004 a 0.06 m³ por metro cuadrado de sección transversal de recipiente. La velocidad de elevación de las burbujas cae normalmente entre 0.15 y 0.30 m/s.

^b Este es el tiempo de residencia dentro de la bomba o mezclador de línea en sí. Para una bomba instalada en una tubería externa de circuito cerrado, el tiempo necesario para la circulación de un volumen igual al contenido del tanque, se considera adecuado para mezclar el contenido del recipiente.

EVALUACIÓN DEL PROCESO PRODUCTIVO DE LA PLANTA INDUSTRIAL LADRILLERA
TERRAFORTE, UBICADA EN EL SECTOR DE CALACALÍ EN EL PERIODO 2012-2013

ANEXO 9. Características de diseño de la mezcladora. (Ulrich, 1992).

Tipo de mezclador	
Agitado mecánicamente	
Rotor sencillo y doble	
Intervalo de tamaños del equipo Diámetro del recipiente. D_t (m) Longitud o altura del recipiente. L (m) Diámetro del agitador. D_a (m) Volumen del recipiente. V (m ³)	
Flujo del fluido mezclado. m (kg/s) Gases Líquidos	
Tiempo típico de resistencia Θ (s) Mezcla	20-200
Extracción líquido líquido Suspensión de sólidos Reacción química	
Intervalo de viscosidad (Pa . s) Fracción de volumen del medio disperso Φ	100-1000
Adecuabilidad	X
Mezcla gas – gas	X
Mezcla gas – líquido	X
Mezcla líquido – líquido (inmiscible)	X
Suspensión líquido – sólido	X
Mezcla pasta – pasta	B
Mezcla sólido – sólido	B
Mejoramiento de la transferencia de calor	A
Reacción química	A
Mezcla líquido – sólido	A
Mezcla de materiales pegajosos	D
Diferencial de presión Δp (bar) Gases Líquidos	
Consumo de potencia P (kW) Gas – gas Gas – líquido	
Líquido – líquido Suave Vigorosa Intensa	
Líquido – sólido Pasta – pasta Sólido - sólido	1m – 5m

EVALUACIÓN DEL PROCESO PRODUCTIVO DE LA PLANTA INDUSTRIAL LADRILLERA
TERRAFORTE, UBICADA EN EL SECTOR DE CALACALÍ EN EL PERIODO 2012-2013

Coeficientes globales de transferencia de calor U (J/s . m ² . K)	20-300 ^g
--	---------------------

Clave

A excelente o sin limitaciones

B limitaciones modestas

C unidades disponibles a un costo mayor para reducir los problemas al mínimo

D limitado en este aspecto

E limitado intensamente en este aspecto

X inaceptable

^a El intervalo de flujos de gas va de 0.004 a 0.06 m³ por metro cuadrado de sección transversal de recipiente. La velocidad de elevación de las burbujas cae normalmente entre 0.15 y 0.30 m/s.

^b Este es el tiempo de residencia dentro de la bomba o mezclador de línea en sí. Para una bomba instalada en una tubería externa de circuito cerrado, el tiempo necesario para la circulación de un volumen igual al contenido del tanque, se considera adecuado para mezclar el contenido del recipiente.