

UNIVERSIDAD NACIONAL HERMILIO VALDIZAN
FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL Y DE SISTEMAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERÍA INDUSTRIAL



**EVALUACIÓN TÉRMICA DEL HORNO MÓVIL DE LA
EMPRESA LADRILLOS CERÁMICOS CHAPACUETE -2023**

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN: OTRAS INGENIERÍAS Y TECNOLOGÍA

SUBLÍNEA DE INVESTIGACIÓN: INGENIERÍA DE OPERACIONES

**TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL PARA OPTAR EL TÍTULO
PROFESIONAL DE INGENIERO INDUSTRIAL**

PRESENTADO POR:

Bach. Morales Niño, Esthefani Yuliana

ASESOR:

Mg. Ballarte Zevallos, Carlos Oscar

HUANUCO – PERÚ

2024

DEDICATORIA

Este presente trabajo está dedicado primeramente a Dios por haberme dado la vida y permitirme el haber llegado hasta este momento tan importante de mi formación profesional. A mi madre por ser el pilar más importante, por su fuerza, constancia y al mismo tiempo por su ternura y cariño. A mi tía Rosa a quien quiero como una madre, A mi prima María por ser una hermana para mí, por ser una mujer perseverante y con coraje. A mi padre, a pesar de que no se encuentre en esta tierra siempre estará en mi corazón.

AGRADECIMIENTO

Dios por darme fuerza y sabiduría para seguir adelante, a mi familia, a la universidad por haber recibido formación académica, a mi asesor el Ing. Carlos Oscar Ballarte Zevallos, por haberme brindado la oportunidad de recurrir a su capacidad y conocimiento, a la empresa por facilitarme acceso a la información requerida para alcanzar los objetivos trazados en este trabajo.

RESUMEN

El presente trabajo tiene como propósito presentar un balance energético del horno móvil de la empresa Ladrillos Cerámicos Chapacuate que esta fundamentado en los principios de primera ley de la termodinámica, la cual busca una evaluación de la combustión del horno con inyección de aire y suministro de biomasa (aserrín) de manera automatizada, en el proceso realice un levantamiento de datos en la planta donde identifique el funcionamiento de cada equipo que interviene en las operaciones del Horno Móvil; esto con el fin de cuantificar la energía térmica que suministra la biomasa al horno. Se realiza un balance energético del Horno Móvil para conocer su rendimiento.

Los resultados obtenidos en el desarrollo son de gran ayuda a la hora de evaluar el comportamiento de temperaturas y flujos de gases producto de la combustión interna en el horno, como también la variación de temperaturas de los ladrillos dentro del Horno Móvil.

Palabras claves: Horno Móvil, combustión, primera ley de la termodinámica y transferencia de calor.

SUMMARY

The purpose of this work is to present an energy balance of the oven mobile of the Chapacuate Ceramic Bricks company that is based on the principles of the first law of thermodynamics, which seeks an evaluation of the combustion of the furnace with air injection and supply of biomass (sawdust) in an automated way, in the process carry out a data survey in the plant where you identify the operation of each equipment involved in the operations of the Mobile Furnace; this in order to quantify the thermal energy supplied by the biomass to the furnace. An energy balance of the Furnace is carried out Mobile to know its performance.

The results obtained in the development are of great help when evaluating the behavior of temperatures and flows of gases product of internal combustion in the kiln, as well as the variation in temperatures of the bricks within the Mobile Kiln.

Keywords: Mobile Furnace, combustion, first law of thermodynamics and heat transfer

INTRODUCCIÓN

La empresa Ladrillos Cerámicos Chapacuate se encuentra ubicada en el Caserío de Huancahuasi, Distrito de Ambo, Provincia de Ambo, Departamento de Huánuco, en la actualidad produce ladrillos de arcilla para la construcción para muros portantes (King Kong 18 huecos), muros divisorios (pandereta raya y pandereta lisa) y losas aligeradas (techo 15 y techo 12).

El presente trabajo evalúa el rendimiento que tiene el horno móvil con alimentación automatizada de aserrín, aplicando un sistema de inyección de aire controlada por sensores de temperaturas accionadas por las termocuplas.

Las causas del problema pueden radicar en el desempeño del horno móvil, algunas de ellas son: una mala combustión, desgaste o deterioro de elementos de aislamiento del horno, exceso de humedad en la arcilla, exceso de humedad del aserrín, fallas en equipos de suministro de aire y aserrín, calor específico del aserrín, etc.

En este estudio se realiza un análisis de balance energético de los humos y pruebas de laboratorio al aserrín utilizado en la ladrillera, con el fin de determinar la humedad y el poder calorífico del combustible utilizado en el horno móvil de la empresa.

Al diagnosticar los elementos que generan pérdidas de energía térmica, con el fin de generar la posible reducción de estos factores. Con estas acciones se requiere disminuir el consumo de energías no renovables y contaminantes para el medio ambiente, proporcionando mejoras de la eficiencia de la combustión, a razón de ello el presente trabajo propone diseñar un plan de mejora para la empresa. En este sentido, se ha concretizado los siguientes capítulos:

El capítulo I, descripción general del área de trabajo, que precisa una referencia histórica de la empresa, explicando el puesto de trabajo, con propósitos, limitaciones y resultados alcanzados en el periodo de tiempo.

El capítulo II, el marco situacional del problema, que precisa el diagnóstico del problema y la descripción de la realidad problemática que se identificó en el desarrollo del trabajo.

El capítulo III, los fundamentos teóricos y prácticos, que precisa los antecedentes conceptuales donde se describe y se utiliza figuras para mostrar el proceso de producción y las bases teóricas sobre el balance energético del Horno.

El capítulo IV, en las competencias profesionales, se utiliza tablas, figuras y levantamiento de datos para realizar un balance térmico del horno móvil, los aportes se presentan en forma resumida.

Al final del trabajo se presenta las conclusiones que se encuentran orientados al trabajo; asimismo, se muestra las recomendaciones, bibliografías, anexos (figuras, cuadros, y la nota bibliográfica).

LISTA DE TABLA

Tabla 1 <i>Datos para calcular el Volumen de la mampostería</i>	53
Tabla 2 <i>Humedad de ladrillo en el área de secado</i>	63
Tabla 3 <i>Humedad de ladrillo en el horno móvil</i>	64
Tabla 4 <i>Masa del ladrillo que ingresa al horno en cada proceso de cocción</i>	66
Tabla 5 <i>Temperaturas y tiempos de cocción de los ladrillos King Kong 18 huecos que ingresa a la base del Horno Móvil</i>	68
Tabla 6 <i>Temperaturas y tiempos de cocción de los ladrillos Pandereta Rayas que ingresa al Horno Móvil</i>	71
Tabla 7 <i>Temperaturas y tiempos de cocción de los ladrillos Techo 15 que ingresa al Horno Móvil</i>	74
Tabla 8 <i>Temperaturas y tiempos de cocción de los ladrillos Techo 12 que ingresa al Horno Móvil</i>	77
Tabla 9 <i>Datos para determinar la pérdida de calor en la mampostería del Horno Móvil</i>	85
Tabla 10 <i>Temperatura de la pared, puerta, techo y el piso del Horno Móvil A 300°C</i>	85
Tabla 11 <i>Temperatura de la pared, puerta, techo y el piso del Horno Móvil A 600°C</i>	86
Tabla 12 <i>Temperatura de la pared, puerta, techo y el piso del Horno Móvil A 800°C</i>	86
Tabla 13 <i>Temperatura de la pared, puerta, techo y el piso del Horno Móvil A 950°C</i>	87
Tabla 14 <i>Datos del aserrín</i>	96
Tabla 15 <i>Cantidad de aserrín disponible utilizado en el Horno Móvil para la cocción</i>	98
Tabla 16 <i>Cantidad de aserrín teórico para la cocción de cada tipo de ladrillo</i>	98
Tabla 17 <i>Balance termodinámica en la ladrillera</i>	100

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 <i>Extracción de la arcilla</i>	21
Figura 2 <i>Tamizado de la arcilla roja</i>	22
Figura 3 <i>Almacenamiento de la arcilla</i>	23
Figura 4 <i>Mezclado de arcilla</i>	24
Figura 5 <i>Tolva de alimentación</i>	25
Figura 6 <i>Zaranda Rotatoria hexagonal N°1</i>	26
Figura 7 <i>Molino de martillo</i>	27
Figura 8 <i>Tolva y faja de alimentación</i>	28
Figura 9 <i>Área de Formado</i>	28
Figura 10 <i>Amasadora</i>	29
Figura 11 <i>Extrusora</i>	30
Figura 12 <i>Cortadora</i>	31
Figura 13 <i>Traslado de ladrillos de la faja a los coches</i>	32
Figura 14 <i>Traslado de ladrillos al área de secado</i>	32
Figura 15 <i>Descarga de ladrillos a la estantería.</i>	33
Figura 16 <i>Área de secado</i>	34
Figura 17 <i>Proceso de carga de ladrillos crudos al camión</i>	35
Figura 18 <i>Descarga de ladrillos en la base del horno Móvil</i>	35
Figura 19 <i>Apilamiento de ladrillos por paquetes de ladrillos.</i>	36
Figura 20 <i>Horno Móvil listo para el inicio de las operaciones</i>	36
Figura 21 <i>Producto terminado en almacenamiento temporal.</i>	37
Figura 22 <i>Distribución del producto terminado.</i>	38

Figura 23 <i>Vista transversal del horno móvil</i>	39
Figura 24 <i>Vista longitudinal del horno móvil</i>	40
Figura 25 <i>Estructura del horno móvil donde se muestra la manta refractaria de fibra cerámica</i>	41
Figura 26 <i>Termocuplas y fajas transportadoras de cadena</i>	42
Figura 27 <i>Controladores o indicadores de temperatura tipo shimaden</i>	43
Figura 28 <i>Quemadores del Horno Móvil</i>	44
Figura 29 <i>Ventilador es de tipo centrífugo</i>	44
Figura 30 <i>Las compuertas</i>	45
Figura 31 <i>Los ductos</i>	46
Figura 32 <i>Bases del Horno Móvil</i>	46
Figura 33 <i>La chimenea del Horno Móvil</i>	47
Figura 34 <i>Humedad del aserrín</i>	49

LISTA DE ANEXOS

Anexo 1. Nota Biográfica	105
Anexo 2. Acta de sustentación.....	106
Anexo 3. Constancia de Similitud	107
Anexo 4. Autorización de Publicación Digital	111
Anexo 5 Vista planta del horno móvil.	114
Anexo 6 <i>Plano de la mampostería de piso de la base del Horno Móvil</i>	114
Anexo 7 <i>Abastecimiento de aserrín en la tolva</i>	115
Anexo 8 <i>Tolva de alimentación del aserrín</i>	115
Anexo 9 <i>Ladrillo kk18 huecos</i>	116
Anexo 10 <i>Ladrillo pandereta rayas</i>	116
Anexo 11 <i>Ladrillo Techo 15</i>	117
Anexo 12 <i>Ladrillo Techo 12</i>	117
Anexo 13 <i>Traslado del Horno Móvil hacia nuevo proceso de cocción de los ladrillos.</i>	118
Anexo 14 <i>Traslado del Horno Móvil después de la cocción hacia el nuevo proceso.</i>	118
Anexo 15 <i>Apertura de las puertas del Horno Móvil después de la cocción.</i>	119
Anexo 16 <i>Interior de los quemadores del Horno Móvil</i>	120
Anexo 17 <i>Toma de temperatura de la mampostería de las puertas del Horno Móvil</i>	120

INDICE

DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTO	iii
RESUMEN	iv
SUMMARY	v
INTRODUCCIÓN.....	vi
LISTA DE TABLA	viii
LISTA DE FIGURAS	ix
LISTA DE ANEXOS	xi
CAPÍTULO I DESCRIPCIÓN GENERAL DEL ÁREA DE TRABAJO.....	15
1.1 Referencia histórica de la empresa.....	15
1.2 Explicación del rango o puesto de trabajo.....	16
1.3 Propósito del puesto (objetivos, retos).....	16
1.4 Limitaciones u obstáculos	17
1.5 Resultados concretos que he alcanzado en este periodo de tiempo	17
CAPÍTULO II MARCO SITUACIONAL DEL PROBLEMA.....	18
2.1 Diagnóstico del problema	18
2.2 Descripción de la realidad problemática identificada.....	20
CAPÍTULO III FUNDAMENTOS TEÓRICOS Y PRÁCTICOS	21
3.1 Antecedentes conceptuales.....	21
3.1.1 Proceso de producción	21
3.1.1.1 Extracción de la materia prima.....	21
3.1.1.2 Separación mecánica de la arcilla roja.	22
3.1.1.3 Almacenamiento de la materia prima.....	22
3.1.1.4 Dosificación de las arcillas.....	23
3.1.1.5 Molienda.....	24
3.1.1.5.1 Tolva de alimentación.	24
3.1.1.5.2 Clasificación primaria y molino.....	25

3.1.1.5.3	Molienda.....	26
3.1.1.6	Formado.....	28
3.1.1.6.1	Amasado.....	29
3.1.1.6.2	Moldeado.....	30
3.1.1.6.3	Cortado.....	31
3.1.1.7	Secado.....	33
3.1.1.8	Cocción.....	34
3.1.1.9	Zona de enfriamiento y almacenamiento de producto terminado.	37
3.1.2	Descripción general del horno.....	38
3.1.2.1	Horno Móvil.	38
3.1.2.1.1	Estructura interna del horno.	40
3.1.2.1.2	Instrumento de medición de temperatura.....	41
3.1.2.1.3	Controlador/ Indicador MPU PID modelo SR-93 (SHIMADEN).....	42
3.1.2.1.4	Quemadores.....	43
3.1.2.1.5	Compuerta para cerrar/abrir el ducto de los gases de combustión.	45
3.2	Teóricas	47
3.2.1	Combustión.....	47
3.2.2	Combustible	48
3.2.2.1	Madera.....	48
3.2.2.1.1	Composición química de la madera.	48
3.2.2.1.2	Análisis de humedad del aserrín.....	49

3.3	Implicaciones prácticas	49
CAPÍTULO IV COMPETENCIAS PROFESIONALES		50
4.1	Plan de acción.....	50
4.1.1	Balance energético del horno móvil actual	50
4.1.1.1	Calor acumulado en la mampostería (Q_o).....	50
4.1.1.2	Calor por carga del material a cocer (Q_{cm}).....	62
4.1.1.3	Calor para sacar la humedad del material (Q_{wm}).....	79
4.1.1.4	Perdida de calor por la mampostería del horno al medio ambiente (radiación)(Q_{mp}).....	84
4.1.1.5	Calor por humedad de aire (Q_{wa}).....	91
4.1.1.6	Evacuación de calor por humos (Q_h).....	93
4.1.1.7	Calor suministrado teórico.....	95
4.1.1.8	Calor de entrada.....	98
4.1.1.9	Rendimiento del Horno móvil	99
4.2	Aportes en la solución del problema	100
4.3	Resultados	101
CONCLUSIONES.....		102
RECOMENDACIONES.....		103
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....		104
ANEXOS		105

CAPÍTULO I

DESCRIPCIÓN GENERAL DEL ÁREA DE TRABAJO

1.1 Referencia histórica de la empresa.

La empresa inicia sus operaciones en el año 1995 con la fabricación de ladrillos macizos artesanales con procesos empíricos utilizando arcilla y tierra negra en combinaciones del 75% y 25% respectivamente, con el nombre de “Santa María”, posteriormente se llamó “tres estrellas” quemando en los hornos “criollos” artesanales 160 millares mensuales de producción, usando carbón de piedra, llantas en desuso y leña de eucalipto como combustible.

En el año 2007, la junta de socios cambia su nombre comercial a ladrillera Chapacuate, en el año 2011 se ejecuta el proyecto industrial cambiando el nombre comercial a Ladrillos Cerámicos Chapacuate del señor Zenón Ceferino Cahuana Quispe, hasta la actualidad se mantiene, ubicada en la Km 20 de la Carretera Huánuco – Ambo, Caserío de Huancahuasi, Distrito y Provincia de Ambo y Departamento de Huánuco; cuentan con dos hectáreas y media para su planta industrial y con las maquinarias industriales como: molino de martillos, zaranda hexagonal, amasadora, extrusora, cortadora y el Horno Hoffman con una producción de 500 millares al mes para producción de ladrillos en sus diversas presentaciones. Los productos que fabrica y comercializa son ladrillos de material cerámico de arcilla utilizado para construir edificios, viviendas e infraestructuras en general.

El proyecto de adquisición de un Horno Móvil para incrementar la producción en 400 millares más de ladrillos mensuales, en el año 2014 se ejecutó la compra del horno móvil a la empresa Gelenski-Curitiva-Brasil a cargo de los ingenieros Mauro KenoblooK y Vido Sinorelly. El inicio de operaciones de este horno se dio el 01 de febrero del 2015 incrementado la capacidad productiva.

La arcilla materia prima proporcionada, es extraída por la Ladrillera Cerámicos Chapacuate a través de una concesión autorizada por la Dirección Regional de Energía y Minas de Huánuco.

La empresa del señor Zenón Ceferino Cahuana Quispe con RUC: 10089443780, con nombre comercial Ladrillos Cerámicos Chapacuate, el proceso industrial lleva 12 años en el mercado perteneciente al sector construcción.

1.2 Explicación del rango o puesto de trabajo.

En la empresa Ladrillos Cerámicos Chapacuate, la suscrita ejerce el cargo de supervisora de producción y de seguridad y salud en el trabajo durante el periodo 2019 hasta la actualidad según certificado de trabajo y la base de datos del T-registro de la planilla de SUNAT. Las actividades que realizo diariamente son planeación, control y supervisión de la producción y mantenimiento. Entre otras funciones desarrolladas se encuentra la organización, planificación, evaluación del desempeño y control del personal y en la función de supervisora de seguridad y salud en el trabajo realiza la elaboración, ejecución y actualización de planes, programas, procedimientos, la matriz de riesgo, en la formación, instrucción, capacitación y orientación sobre la prevención de riesgos.

1.3 Propósito del puesto (objetivos, retos)

Coadyuvar en el proceso de producción, administrando el programa de producción, también la planificación del equipo de trabajadores asignados a cada etapa de producción y de la seguridad de todos los trabajadores que tiene a su cargo.

1.4 Limitaciones u obstáculos

El tema de la evaluación térmica del horno móvil no tiene suficiente información teórico, por solo contar con tres hornos de este tipo en el país, por lo tanto, gran parte de la información es a través de la experimentación y del trabajo continuo en la producción de ladrillos en la empresa Ladrillos Cerámicos Chapacuate.

1.5 Resultados concretos que he alcanzado en este periodo de tiempo

Durante el trabajo que realizo en la empresa he adquirido las siguientes capacidades: Desarrollar los procesos de producción, identificación del consumo de energía y la mejora del rendimiento en horno móvil logrando el aumento en la productividad, optimizar la distribución de las áreas de producción de la planta, reducir los riesgos de accidentes, reducción de subproductos de menor calidad y control en los desperdicios del proceso.

CAPÍTULO II

MARCO SITUACIONAL DEL PROBLEMA

2.1 Diagnóstico del problema

La industria de fabricación de ladrillos es uno de los sectores de la construcción que tiene una alta demanda, siendo el ladrillo por años la base de la mayoría de las edificaciones de la construcción nacional, tanto en obras que desarrolla, el Estado, así como la empresa privada. Tiene una alta presencia en el sector de la construcción particular. Ante ello, la Asociación de Ladrillos Cerámicos del Perú (ALACEP), informó que la industria ladrillera en el Perú se encuentra limitada por diferentes factores como la burocracia, infraestructura y competitividad desleal, sin embargo, en este sector las empresas generan 95 millones de toneladas anuales, de los cuales el 35% de las empresas están formalmente constituidas y las demás se encuentra en la informalidad (ALACEP, 2017). El problema encontrado dentro de estas empresas formales repercute en el ámbito social, económico y ambiental, lo que evidencia la necesidad, que tienen las empresas ladrilleras de implementar recursos técnicos, con el propósito de disminuir el impacto ambiental y los costos de producción.

Las empresa dedicadas a la fabricación de ladrillos para la construcción consta necesariamente de cuatro partes, las cuales son esenciales para un correcto proceso de fabricación, donde se realiza las operaciones y actividades más relevantes y esenciales en el proceso de fabricación de ladrillos son; la reducción del tamaño de la materia prima realizado por la molienda, el formado del ladrillo hecho por la maquina extrusora, la perdida de humedad del ladrillo se lleva a cabo en el área de secado ya sea a medio ambiente o forzada y fundamentalmente la cocción, en nuestro caso realizado el horno móvil.

El intercambio de energía generado por la diferencia de temperatura se conoce como transferencia de calor (CENGEL, 2009). Para algunos casos éstas se manifiestan como pérdidas de energía que no se aprovechan en el proceso de cocción. La identificación de estas pérdidas se realizará mediante la implementación de un balance térmico fundamentado en la primera ley de la termodinámica. Dicha ley relaciona la energía que entra y sale del sistema con la transferencia de calor, realizado en el mismo sistema, siendo posible cuantificar la cantidad de energía perdida por el funcionamiento de los equipos del proceso de cocción.

Dentro de la línea de producción la cocción es uno de los procesos más importantes en la fabricación de ladrillos, que genera mayor impacto ambiental y generación de energía térmica, siendo el horno móvil, razón del estudio.

2.2 Descripción de la realidad problemática identificada

La empresa Ladrillos Cerámicos Chapacúete del sector construcción es el objeto del presente estudio, ésta empresa produce cinco tipos de ladrillos, de los cuales son el King Kong 18 huecos, Pandereta Rayas, Techo 15 y Techo 12, los cuales son usados en las construcciones de albañilería.

El aprovechamiento de energía y las pérdidas es uno de los principales temas de investigación en la industria ladrillera. Este proyecto busca hacer un diagnóstico de los elementos que generen pérdidas de energía térmica, con el fin de evaluar la operación del horno móvil y realizar la posible reducción de estos factores. Existiendo diversas causas que afectan el desempeño de la cocción que pueden radicar en el desempeño del horno móvil, algunas de ellas son: una mala combustión, desgaste o deterioro de elementos de aislamiento del horno, exceso de humedad en la arcilla, fallas en equipos de suministro de aire y exceso de humedad del aserrín, utilizado como combustible, este aserrín se adquiere de distintos proveedores sin saber su calidad. La ladrillera está interesada en la evaluación de las condiciones de operación del horno móvil y el reconocimiento de los principales factores que causan las pérdidas de energía.

CAPÍTULO III

FUNDAMENTOS TEÓRICOS Y PRÁCTICOS

3.1 Antecedentes conceptuales

3.1.1 *Proceso de producción*

3.1.1.1 Extracción de la materia prima.

La ladrillera obtiene la materia prima de las canteras de la empresa MINERA ALER I S.A.C., se extrae, selecciona y clasifica la arcilla roja que se encuentra a mayor profundidad, mientras que la arcilla amarilla se encuentra más superficial del tajo abierto, se extrae con la excavadora, para ser transportadas por volquetes al almacén de arcillas.

Figura 1

Extracción de la arcilla



Fuente: Fotografía tomada en instalaciones de la cantera.

3.1.1.2 Separación mecánica de la arcilla roja.

La separación de la arcilla roja se realiza por el tamizado donde se separan piedra caliza y silicatos por medio de una malla con abertura de 5 x 5 cm, luego se vuelve a almacenar.

Figura 2

Tamizado de la arcilla roja



Fuente: Fotografía tomada en instalaciones de la cantera.

3.1.1.3 Almacenamiento de la materia prima.

Las arcillas extraídas del tajo abierto, se someten a la separación de caliza y silicatos, se selecciona y clasifica según la coloración y composición de la arcilla, estas son almacenadas a la intemperie, donde se inicia el proceso de enriquecimiento de la arcilla.

Figura 3

Almacenamiento de la arcilla



Fuente: Fotografía tomada en el almacenamiento de materia prima.

3.1.1.4 Dosificación de las arcillas.

Se procede a mezclar las arcillas para su homogenización, según el tipo de producto a obtener, Se realiza la composición de las arcillas donde se controla la humedad, y así es transportado al almacén para iniciar el proceso de molienda.

Figura 4

Mezclado de arcilla

Fuente: Fotografía tomada en instalaciones de la cantera

3.1.1.5 Molienda.

Se realiza las siguientes operaciones con sus respectivos equipos en el siguiente orden:

3.1.1.5.1 Tolva de alimentación.

Mediante la retroexcavadora, la tolva de alimentación recibe las arcillas, en la parte superior tiene una malla de fierro corrugado con aberturas de 5 x 5 cm, tiene forma cónica con capacidad de 8 m³ y un operario se encarga de controlar la separación de los gruesos que no pasan por la malla. Los finos que pasan, se transportan mediante una faja hacia la zaranda rotatoria hexagonal de 3 x 3 mm, que es accionada por un motor de 2 HP y 1730 RPM.

Figura 5

Tolva de alimentación

Fuente: Fotografía tomada en el área de molienda-Tolva cónica.

3.1.1.5.2 Clasificación primaria y molino.

La zaranda rotatoria hexagonal de abertura de 3 x 3 mm por el cual pasa la arcilla donde se separa los finos de los gruesos, los gruesos se recirculan hacia el molino de martillo para continuar con la reducción del tamaño deseado, los finos continúan hacia la faja transportadora dos, donde se unen con los finos provenientes de la zaranda rotatoria hexagonal de abertura de 3 x 3 mm.

Figura 6

Zaranda Rotatoria hexagonal N°1



Fuente: Fotografía tomada en el área de molienda

3.1.1.5.3 Molienda.

En el molino de martillos la arcilla es triturada reduciendo su tamaño, hasta obtener un material fino determinada por la abertura de las parrillas, con separación entre sí de 2 x 2 mm, para ser transportada a la faja número tres luego hacia la zaranda rotatoria hexagonal número dos.

Figura 7*Molino de martillo*

Fuente: Fotografía tomada en el área de molienda

La arcilla proveniente de la zaranda rotatoria hexagonal dos de abertura de 2 x 2 mm, es depositada en la tolva de alimentación de finos para ser transportada hacia la amasadora.

Figura 8

Tolva y faja de alimentación



Fuente: Fotografía tomada en el área de formado

3.1.1.6 Formado.

En el área de formado se muestra los siguientes componentes que se visualizan en la (figura 9).

Figura 9

Área de Formado



Fuente: Fotografía tomada en el área de formado

3.1.1.6.1 Amasado.

En la amasadora se adiciona la arcilla con la correspondiente proporción de agua, el material es mezclado por un par de tornillos sinfín de la amasadora mediante unas paletas de alimentación, para lograr la plasticidad y la homogeneidad adecuada y obtener la pasta cerámica que es transportada hacia la extrusora.

Figura 10

Amasadora



Fuente: Fotografía tomada en el área de formado

3.1.1.6.2 Moldeado

La pasta cerámica proveniente de la amasadora ingresa a la extrusora, donde se encuentra el eje con las hélices, que comprime la pasta cerámica efectuando el vacío para la mejor cohesión entre las partículas de la pasta cerámica, proceso que consiste en moldear a alta presión con vacío a través de una boquilla donde se coloca el molde según tipo de ladrillo a producir.

Figura 11

Extrusora



Fuente: Fotografía tomada en el área de formado

3.1.1.6.3 Cortado.

El cortado se realiza mediante hilos metálicos para dar a la pieza las dimensiones requeridas según el tipo de ladrillo como se aprecia en (figura 12), estos ladrillos son transportados en los coches (ver figura 13) hacia el área de secado, (ver figura 14).

Figura 12

Cortadora



Fuente: Fotografía tomada en el área de formado

Figura 13

Traslado de ladrillos de la faja a los coches



Fuente: Fotografía tomada en el área de formado

Figura 14

Traslado de ladrillos al área de secado



Fuente: Fotografía tomada en el área de formado

3.1.1.7 Secado.

El secado se realiza de forma espontánea, los ladrillos se colocan en la estantería ver (figura 15) y se deja secar. El tiempo de secado es de dos a cuatro días dependiendo de las condiciones climáticas y velocidad del viento ver (figura 16).

Figura 15

Descarga de ladrillos a la estantería.



Fuente: Fotografía tomada en el área de secado

Figura 16*Área de secado*

Fuente: Fotografía tomada en el área de secado

3.1.1.8 Cocción.

El material seco es cargado a los camiones ver (figura 17) para ser transportados hacia el Horno Móvil, allí se forman los paquetes según el tipo de ladrillo para la cocción ver (figura 18), son apilamientos de ladrillos especialmente ubicados en el Horno Móvil con sus respectivos amarres ver (figura 19), estos son sometidos al proceso de cocción, la energía necesaria para esta cocción se obtiene de los sub productos de la industria maderera comúnmente llamado aserrín o biomasas.

Figura 17

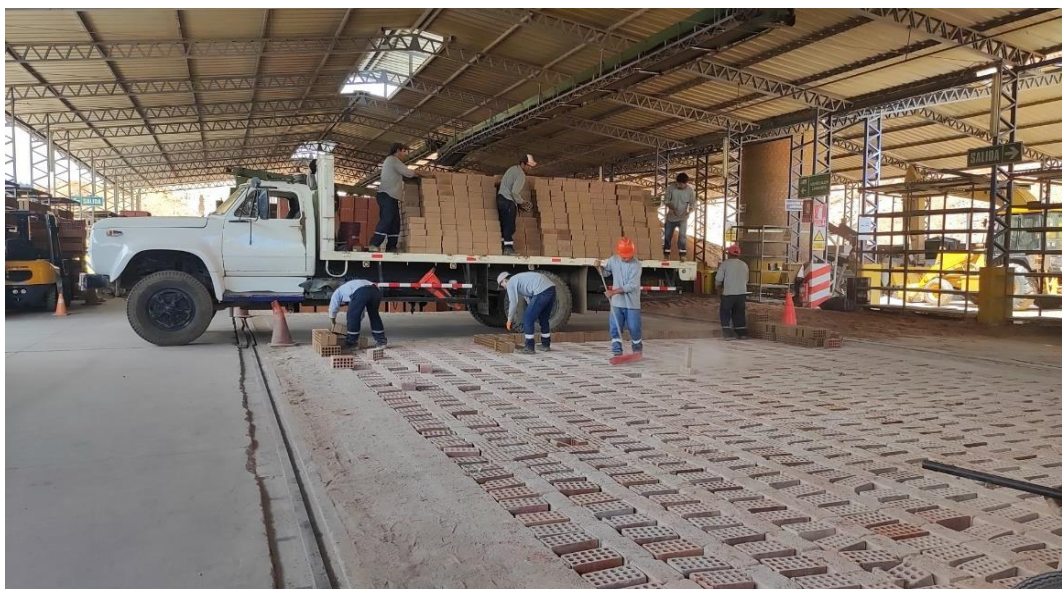
Proceso de carga de ladrillos crudos al camión.



Fuente: Fotografía tomada en el área de secado

Figura 18

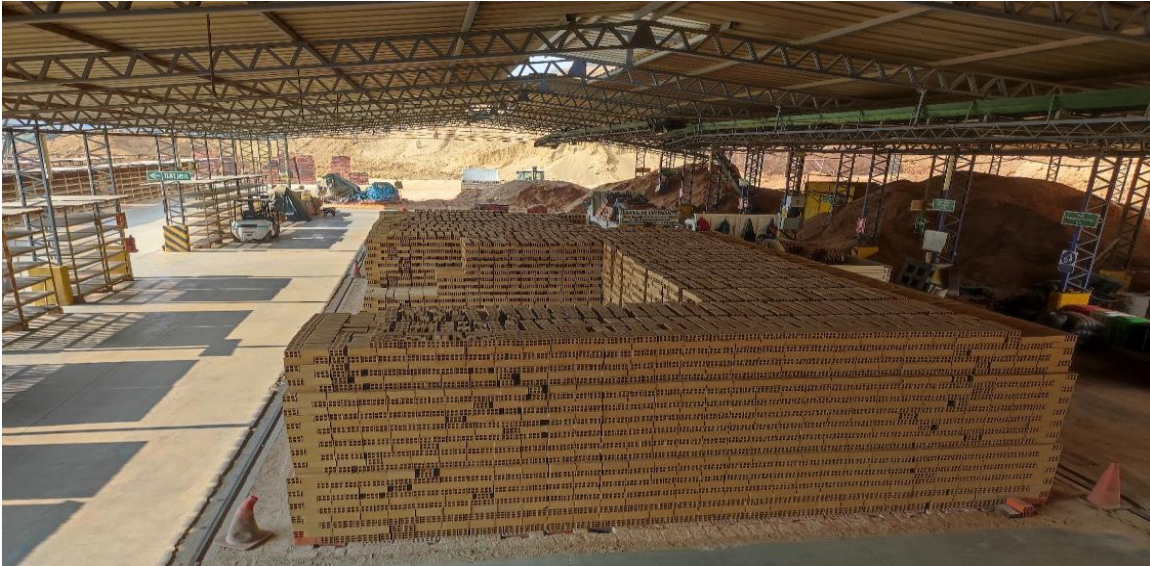
Descarga de ladrillos en la base del horno Móvil.



Fuente: Fotografía tomada en el área de cocción -horno móvil

Figura 19

Apilamiento de ladrillos por paquetes de ladrillos.



Fuente: Fotografía tomada en el área de cocción - horno móvil lleno de ladrillos listos para el proceso de cocción

Figura 20

Horno Móvil listo para el inicio de las operaciones.



Fuente: Fotografía tomada en el área de cocción -horno móvil

3.1.1.9 Zona de enfriamiento y almacenamiento de producto terminado.

Los ladrillos después de la cocción, se enfrían dentro del mismo horno por 24 horas, para evitar fisuras en los ladrillos por shock térmico, cuando se retiran los componentes del horno móvil. Los ladrillos quedan almacenados temporalmente en la misma base del horno ver (figura 21) y posteriormente son distribuidos para su destino final, ver (figura 22).

Figura 21

Producto terminado en almacenamiento temporal.



Fuente: Fotografía tomada en el área de cocción -horno móvil

Figura 22

Distribución del producto terminado.



Fuente: Fotografía tomada en el área de cocción -horno móvil

3.1.2 *Descripción general del horno.*

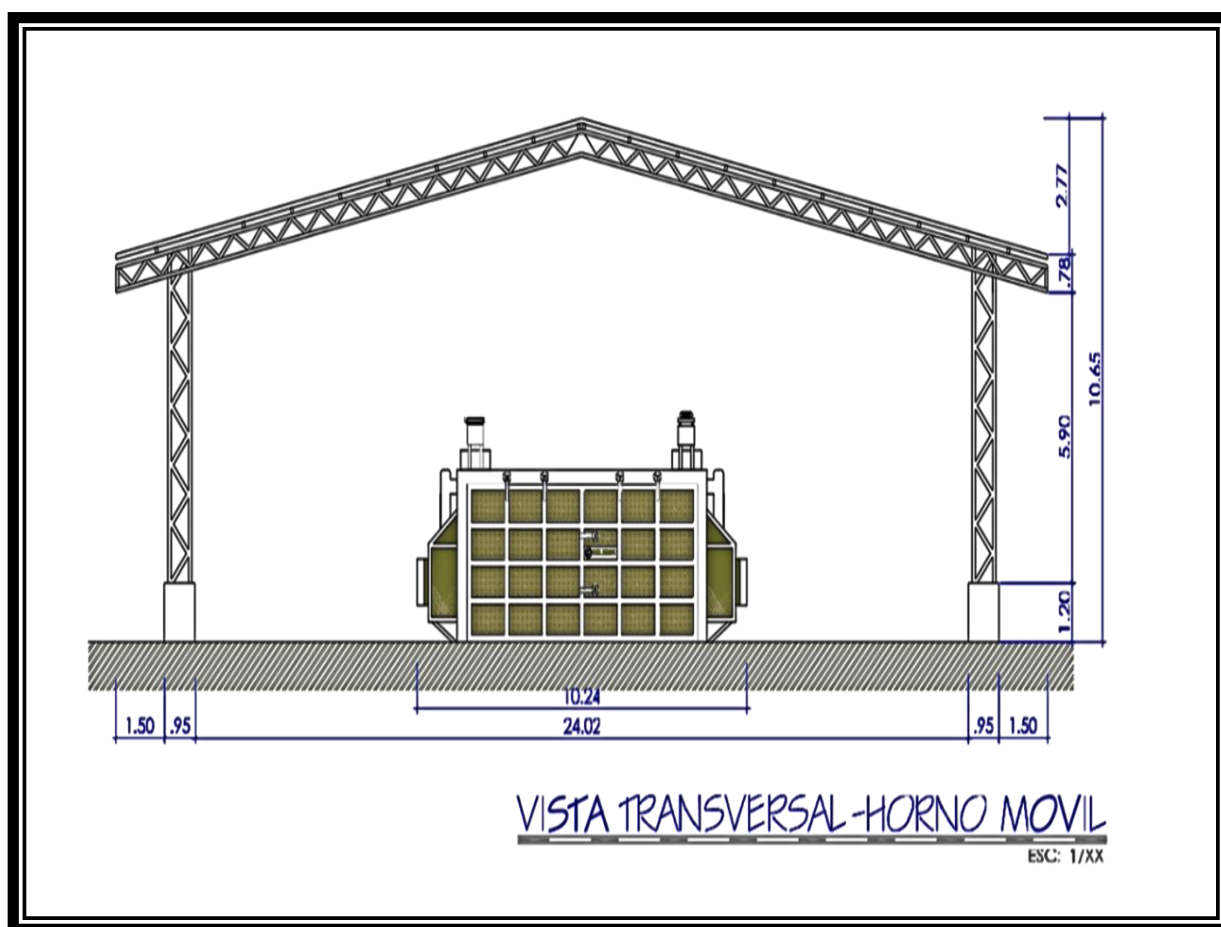
3.1.2.1 Horno Móvil.

El horno móvil tiene forma rectangular y sus dimensiones externas son: ancho de 10.24 m ver (figura 23), longitud de 18.26 m y altura de 3.70 m ver (figura 24), sus dimensiones internas son: ancho de 7.30 m, longitud de 15.30 m y altura de 2.96 m. Es un modelo en el que toda la estructura del horno se traslada utilizando un sistema de rieles. Se ubica los componentes del horno dejando dentro

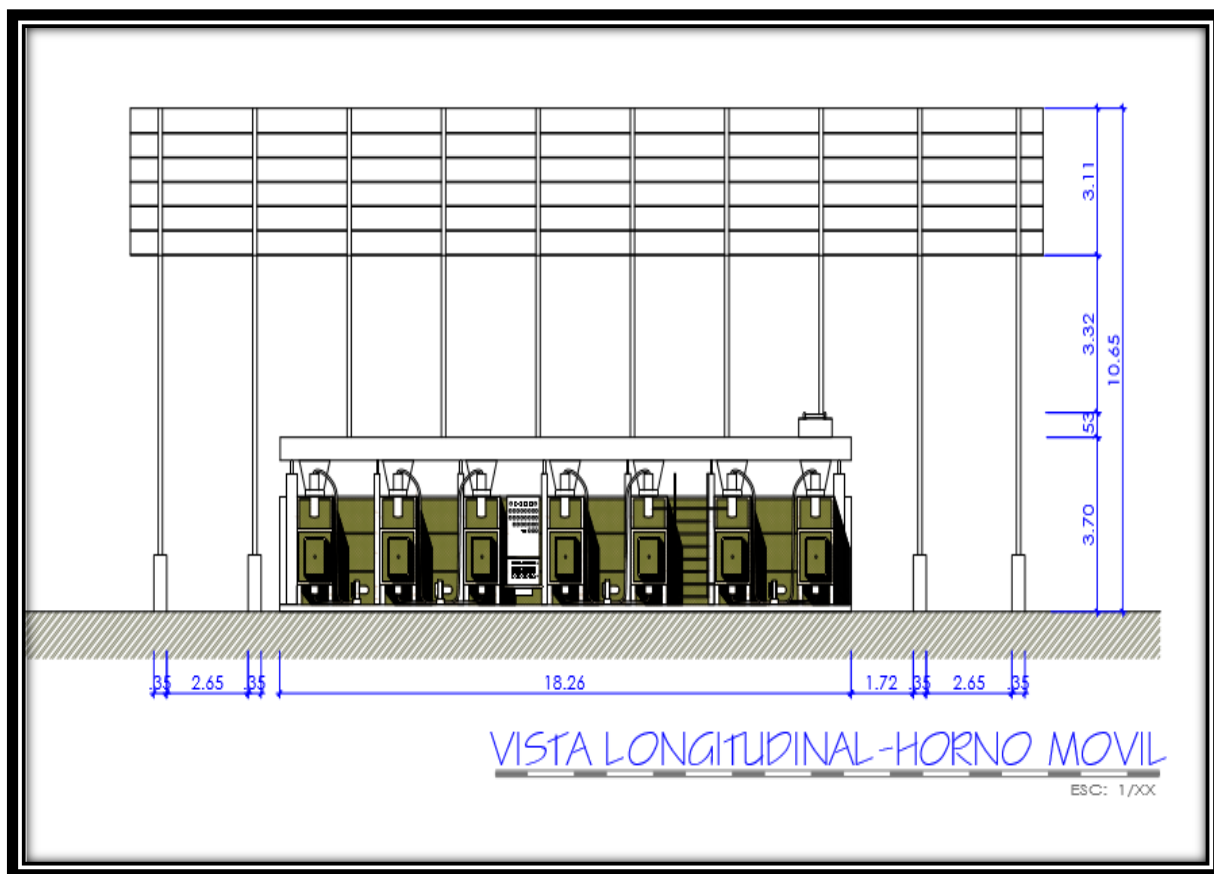
los ladrillos crudos apilados en paquetes sobre la base compuesta de ladrillos refractarios y ladrillos comunes para su cocción. Los quemadores están acoplados en las paredes, la estructura metálica de este horno es de acero y muy ligera, aislados con capas de la manta de fibra cerámica. Como combustible se utiliza la biomasa (aserrín) y es transportado por un sistema de fajas a los quemadores del horno móvil ver anexo 4.

Figura 23

Vista trasversal del horno móvil.



Fuente: Plano del horno móvil medidas exteriores.

Figura 24*Vista longitudinal del horno móvil.*

Fuente: Plano del horno móvil medidas exteriores

3.1.2.1.1 Estructura interna del horno.

Las paredes, puertas y techo del horno tiene una manta refractaria de fibra cerámica, siendo un aislamiento térmico para altas temperaturas, compuesta de fibras cerámicas entrelazadas mediante un proceso continuo de aglutinamiento, la cual permite una excelente resistencia térmica y conservación de calor (Manta de fibra cerámica STD 1260 °C, s.f).

Figura 25

Estructura del horno móvil donde se muestra la manta refractaria de fibra cerámica



Fuente: Vista interna del horno móvil

3.1.2.1.2 Instrumento de medición de temperatura.

Las termocuplas también llamados termopares son sensores de altas temperaturas, la medición de temperaturas internas en diferentes zonas del horno móvil, se cuenta con 14 termocuplas tipo K ver (figura 26), este termopar tiene cabezal de aluminio, sockets de cerámica, funda metálica de Cromel (Nikel – Cromo) y el Alumel (Nikel – Aluminio), alambre termopar y cable compensador blindado conectado a los controladores o indicadores de temperatura tipo shimaden.

Figura 26

Termocuplas y fajas transportadoras de cadena



Fuente: Vista superior del horno móvil donde se observa las termocuplas.

3.1.2.1.3 Controlador/ Indicador MPU PID modelo SR-93 (SHIMADEN).

Permite la programación del tipo de termocuplas en la pantalla (K), es un instrumento que ejecuta la programación automática (auto – tuning) de la banda proporcional, el integral de tiempo y el tiempo derivativo, la fuente se autoregula de 100 – 240 VAC, 50 – 60 Hz, para la salida está disponible la opción contacto (on/off) o la salida analógica de 4–20 mA. El instrumento cuenta con una interface RS-485 para la comunicación bidireccional con una PC ver la (figura 27).

Figura 27

Controladores o indicadores de temperatura tipo shimaden



Fuente: Fotografía de los controladores de las termocuplas para cada quemador.

3.1.2.1.4 Quemadores.

El horno móvil tiene siete quemadores en cada pared lateral ver (figura 28), el equipo está compuesto por cuatro ventiladores por pared lateral que suministran aire tomado del medio ambiente a cada quemador, ver (figura 29). El ventilador es de tipo centrífugo accionado por un motor eléctrico de 1 HP y 1.5 HP respectivamente.

Figura 28

Quemadores del Horno Móvil



Fuente: Fotografía tomada de los quemadores del Horno Móvil.

Figura 29

Ventilador es de tipo centrífugo



Fuente: Fotografía tomada del ventilador del Horno Móvil.

3.1.2.1.5 Compuerta para cerrar/abrir el ducto de los gases de combustión.

Las compuertas son metálicas ver (figura 30), que están en los ductos de cada base del Horno Móvil, accionan la salida de los gases de combustión que se generan en el Horno en operación ver (figura 31 y 32), se encuentran en la parte inferior, bajo el suelo, y luego los gases se desplazan hacia la chimenea para ser expulsados a la atmosfera ver (figura33).

Figura 30

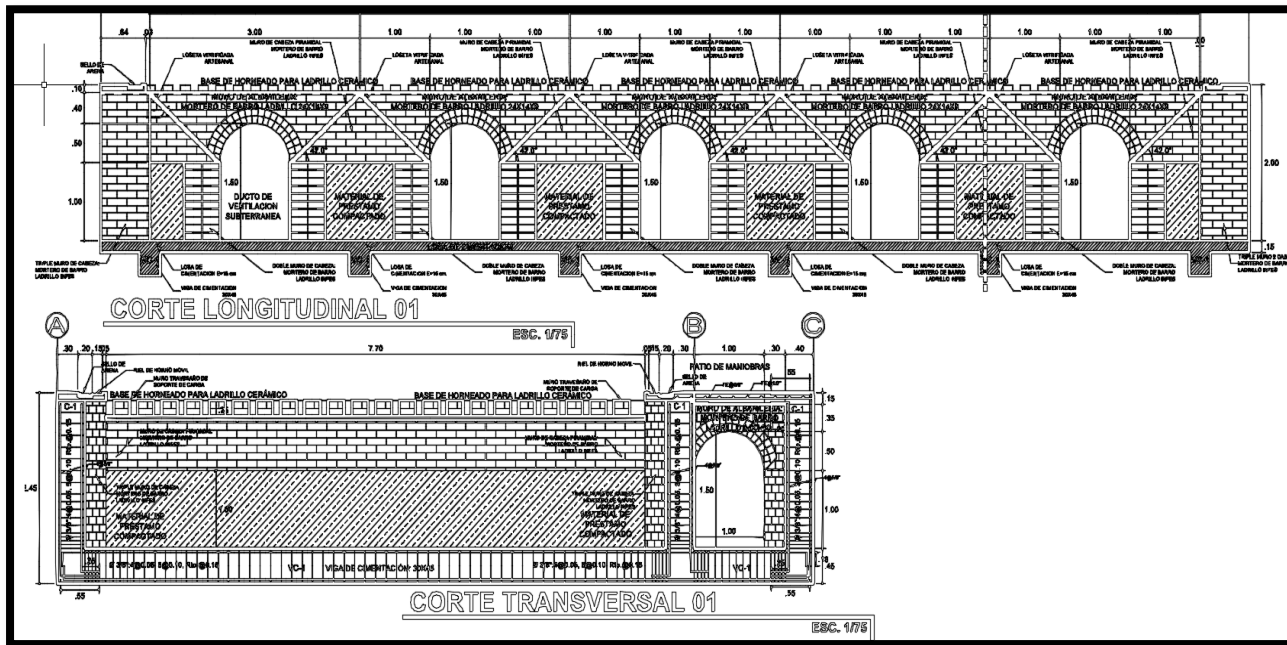
Las compuertas



Fuente: Fotografía tomada en la base del Horno Móvil.

Figura 31

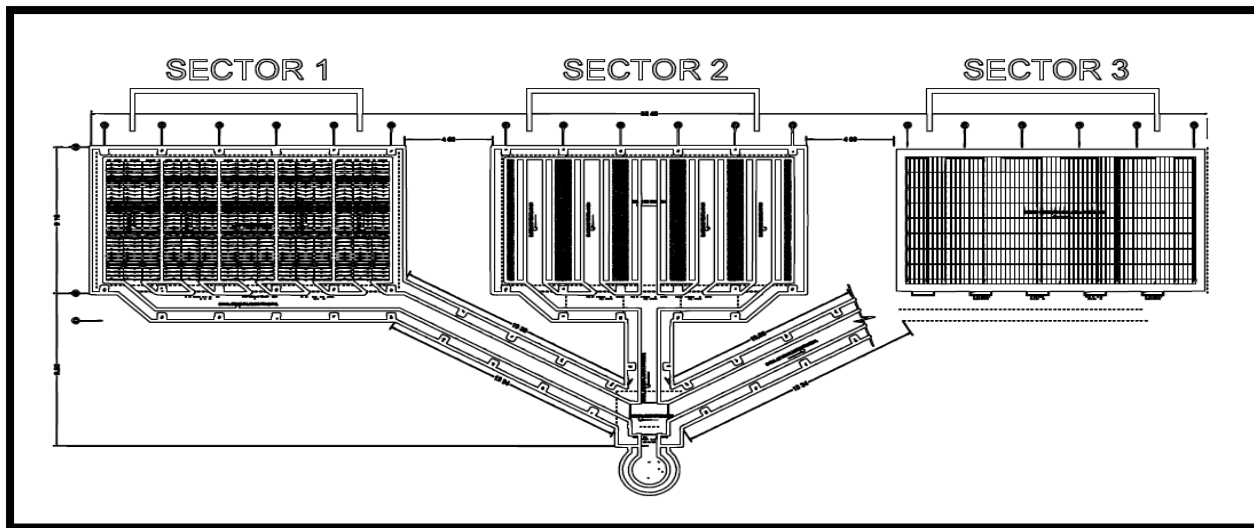
Los ductos



Fuente: Planos de los ductos de ventilación del Horno Móvil.

Figura 32

Bases del Horno Móvil



Fuente: Planos de las bases del Horno Móvil

Figura 33

La chimenea del Horno Móvil



Fuente: Fotografía tomada de la chimenea del Horno Móvil.

3.2 Teóricas

3.2.1 *Combustión*

La combustión se define como una parte de la termodinámica que estudia los procesos de generación de energía, cuando se oxida o se quema un combustible.

El proceso de combustión es una reacción química exotérmica que consiste en la oxidación rápida de un combustible con desprendimiento de calor y luz, donde se debe considerar también la composición de los gases producidos (humos) (Vera Duarte, 2016).

3.2.2 *Combustible*

Combustible es toda sustancia que puede quemarse, produciendo calor. Los combustibles pueden ser sólidos, líquidos y gases, ya sea en su estado natural, carbón, coques, madera y residuos combustibles, subproducto de algún proceso de fabricación. Los combustibles líquidos derivan del petróleo y sus destilados y a los no derivados del petróleo. Dentro de los gases tenemos a los naturales y a los fabricados, que son productos obtenidos del carbón principalmente. Los elementos básicos de un combustible son carbono e hidrogeno. El azufre es un elemento que da impureza al combustible, es una sustancia indeseable (Esparza, 2017).

3.2.2.1 **Madera**

3.2.2.1.1 *Composición química de la madera.*

La madera está compuesta de forma general por tres grupos de sustancias, las que conforman la pared celular, donde se encuentran las principales macromoléculas, celulosa, hemicelulosas y ligninas, que están presente en todas las maderas; el otro grupo lo conforman las sustancias de baja masa molar conocidas también como sustancias extraíbles que se encuentran en menor cantidad, y las sustancias minerales. La proporción y composición química de la lignina y las hemicelulosas difiere para las maderas de coníferas y frondosas, mientras que la celulosa es uniforme en composición en todas las maderas (Regueira et al., 2011).

3.2.2.1.2 Análisis de humedad del aserrín.

Para determinar la de humedad del aserrín, se realizó un análisis en la Unidad Central de laboratorio de investigación de la UNHEVAL, se determinó 33.74 % de humedad en la Balanza de humedad electrónica MCA 110-T ver en la (figura 34).

Figura 34

Humedad del aserrín



Fuente: Muestra de aserrín realizada en la unidad Central de laboratorios de investigación de la UNHEVAL

3.3 Implicaciones prácticas

Las conclusiones del presente trabajo servirán para controlar los procesos de transmisión de calor, los índices de emisiones atmosféricas, la adecuación de tecnología que mejore los procesos de producción y lograr una mejor eficiencia-eficacia energética en hornos de producción de la industria ladrillera en la empresa Ladrillos Cerámicos Chapacete.

CAPÍTULO IV

COMPETENCIAS PROFESIONALES

4.1 Plan de acción

4.1.1 *Balance energético del horno móvil actual*

El balance energético del horno tiene como objetivo estimar el intercambio del calor, en general, para mejorar los procesos térmicos del horno hay que tener en cuenta la energía suministrada, y determinar el requerimiento de calor y el consumo en las diferentes etapas del proceso, este análisis a determinar es mediante la siguiente ecuación:

$$Q_{TOTAL}=Q_O + Q_{cm} + Q_{wm} + Q_{mp} + Q_{wa} + Q_h \dots\dots\dots Ec1$$

Q_O = Calor acumulado en la mampostería

Q_O = Calor acumulado en la mampostería

Q_{cm} = Calor por carga del material a cocer

Q_{wm} = Calor para sacar la humedad del material

Q_{mp} = Perdida de calor por la mampostería del horno

Q_{wa} = Calor por humedad de aire

Q_h = Calor por humos

4.1.1.1 Calor acumulado en la mampostería (Q_O).

El calor producido en el horno se transfiere en parte a sus paredes, techo y al piso. La temperatura alcanzada en la mampostería mide el calor acumulado en el horno. Este calor acumulado influye en el consumo de combustible, es mayor en cuanto más frecuentes son las interrupciones en el trabajo del horno o en

procesos de producción discontinuas. El calor acumulado aprovechable en la mampostería del horno permite disminuir el consumo de combustible (aserrín).

Para la evaluación de este calor en el Horno Móvil de la ladrillera, se utiliza la siguiente expresión:

$$Q_O = Q_{Opa} + Q_{Opu} + Q_{Opis} + Q_{Otec} \dots\dots\dots Ec.2$$

$$Q_{Opa1} = \rho_o * C_o * V_{pa} * \Delta T_{pa} \dots\dots\dots Ec.3$$

$$Q_{Opa2} = \rho_o * C_o * V_{pa} * \Delta T_{pa} \dots\dots\dots Ec.4$$

$$Q_{Opa3} = \rho_o * C_o * V_{pa} * \Delta T_{pa} \dots\dots\dots Ec.5$$

$$Q_{Opa4} = \rho_o * C_o * V_{pa} * \Delta T_{pa} \dots\dots\dots Ec.6$$

$$Q_{Opa} = Q_{Opa1} + Q_{Opa2} + Q_{Opa3} + Q_{Opa4} \dots\dots\dots Ec.7$$

$$Q_{Opu1} = \rho_o * C_o * V_{pu} * \Delta T_{mpu} \dots\dots\dots Ec.8$$

$$Q_{Opu2} = \rho_o * C_o * V_{pu} * \Delta T_{mpu} \dots\dots\dots Ec.9$$

$$Q_{Opu3} = \rho_o * C_o * V_{pu} * \Delta T_{mpu} \dots\dots\dots Ec.10$$

$$Q_{Opu4} = \rho_o * C_o * V_{pu} * \Delta T_{mpu} \dots\dots\dots Ec.11$$

$$Q_{Opu} = Q_{Opu1} + Q_{Opu2} + Q_{Opu3} + Q_{Opu4} \dots\dots\dots Ec.12$$

$$Q_{Otec1} = \rho_o * C_o * V_{tec} * \Delta T_{tec} \dots\dots\dots Ec.13$$

$$Q_{Otec2} = \rho_o * C_o * V_{tec} * \Delta T_{tec} \dots\dots\dots Ec.14$$

$$Q_{Otec3} = \rho_o * C_o * V_{tec} * \Delta T_{tec} \dots\dots\dots Ec.15$$

$$Q_{Otec4} = \rho_o * C_o * V_{tec} * \Delta T_{tec} \dots\dots\dots Ec.16$$

$$Q_{Otec} = Q_{Otec1} + Q_{Otec2} + Q_{Otec3} + Q_{Otec4} \dots\dots\dots Ec.17$$

$$Q_{refractario} = \rho_{re} * C_{pladrillo} * V_{refractariosTotal} * \Delta T_{pis} \dots\dots\dots Ec.18$$

$$Q_{kk18} = \rho_{kk18} * C_{pladrillo} * V_{KK18Total} * \Delta T_{pis} \dots\dots\dots Ec.19$$

$$Q_{Opis1} = Q_{kk18} + Q_{refractario} \dots\dots\dots Ec.20$$

$$Q_{\text{Opis2}} = Q_{\text{kk18}} + Q_{\text{refractario}} \dots\dots\dots \text{Ec.21}$$

$$Q_{\text{Opis3}} = Q_{\text{kk18}} + Q_{\text{refractario}} \dots\dots\dots \text{Ec.22}$$

$$Q_{\text{Opis4}} = Q_{\text{kk18}} + Q_{\text{refractario}} \dots\dots\dots \text{Ec.23}$$

$$Q_{\text{Opis}} = Q_{\text{Opis1}} + Q_{\text{Opis2}} + Q_{\text{Opis3}} + Q_{\text{Opis4}} \dots\dots\dots \text{Ec.24}$$

Donde:

Q_{O} = Calor acumulado en la mampostería (kcal)

Q_{Opa} = Calor total acumulado en la pared del Horno Móvil (kcal)

Q_{Opa1} = Calor acumulado en la pared del Horno Móvil para llegar a 300°C (kcal)

Q_{Opa2} = Calor acumulado en la pared del Horno Móvil para llegar a 600°C (kcal)

Q_{Opa3} = Calor acumulado en la pared del Horno Móvil para llegar a 800°C (kcal)

Q_{Opa4} = Calor acumulado en la pared del Horno Móvil para llegar a 950°C (kcal)

Q_{Opu} = Calor total acumulado en la puerta del Horno Móvil (kcal)

Q_{Opu1} = Calor acumulado en la puerta del Horno Móvil para llegar a 300°C (kcal)

Q_{Opu2} = Calor acumulado en la puerta del Horno Móvil para llegar a 600°C (kcal)

Q_{Opu3} = Calor acumulado en la puerta del Horno Móvil para llegar a 800°C (kcal)

Q_{Opu4} = Calor acumulado en la puerta del Horno Móvil para llegar a 950°C (kcal)

Q_{Otec} = Calor cumulado en el techo del Horno Móvil (kcal)

Q_{Otec1} = Calor acumulado en el techo del Horno Móvil para llegar a 300°C (kcal)

Q_{Otec2} = Calor acumulado en el techo del Horno Móvil para llegar a 600°C (kcal)

Q_{Otec3} = Calor acumulado en el techo del Horno Móvil para llegar a 800°C (kcal)

Q_{Otec4} = Calor acumulado en el techo del Horno Móvil para llegar a 950°C (kcal)

Q_{Opis} = Calor total acumulado en el piso del Horno Móvil (kcal)

Q_{Opis1} = Calor acumulado en el piso del Horno Móvil para llegar a 300°C (kcal)

Q_{Opis2} = Calor acumulado en el piso del Horno Móvil para llegar a 600°C (kcal)

Q_{Opis3} = Calor acumulado en el piso del Horno Móvil para llegar a 800°C (kcal)

Q_{Opis4} = Calor acumulado en el piso del Horno Móvil para llegar a 950°C (kcal)

T_{pa} = Temperatura de la pared del Horno Móvil (°K)

T_{pu} = Temperatura de la puerta del Horno Móvil (°K)

T_{tec} = Temperatura del techo del Horno Móvil (°K)

T_{pis} = Temperatura del piso del Horno Móvil (°K)

Tabla 1

Datos para calcular el Volumen de la mampostería

DESCRIPCIÓN		VALOR	UNIDAD
ρ_o	Densidad volumétrica de la manta de fibra cerámica	160	$\left(\frac{kg}{m^3}\right)$
L_{HM}	Longitud del horno	15.30	(m)
H_{HM}	Altura del horno	2.96	(m)
E_{HM}	Espesor de la manta de fibra cerámica	0.25	(m)
A_{HM}	Ancho del horno	7.30 m	(m)

Fuente: Especificaciones técnicas del Horno Móvil

Para evaluar el volumen de la mampostería del horno que consta por paredes, puertas, techo y el piso, al volumen de las paredes se restan los volúmenes de los ductos de alimentación de calor, en cada pared se tiene siete ductos haciendo un total de catorce.

$$V_{\text{pa}} = V_{\text{pa1}} + V_{\text{pa2}} - V_{\text{ducTotal}} \dots\dots\dots \text{Ec.25}$$

$$V_{\text{pu}} = V_{\text{pu1}} + V_{\text{pu2}} \dots\dots\dots \text{Ec.26}$$

Donde:

V_{pa} = Volumen total de la manta de fibra cerámica en las paredes del Horno

Móvil(m^3)

V_{pu} = Volumen total de la manta de fibra cerámica en las puerta del Horno

Móvil(m^3)

V_{tec} = Volumen total de la manta de fibra cerámica en el techo del Horno

Móvil(m^3)

V_{pa1} = Volumen de la manta de fibra cerámica de la pared lado derecho(m^3)

V_{pa2} = Volumen de la manta de fibra cerámica de la pared lado izquierdo(m^3)

$V_{ducto_{Total}}$ =Volumen de la manta de fibra cerámica del conducto de alimentación de calor por cada pared (m^3)

$V_{refractarios_{Total}}$ = Volumen total del ladrillo refractario del piso del Horno

Móvil(m^3)

$V_{KK18_{Total}}$ = Volumen total del ladrillo KK18 hueco del piso del Horno

Móvil(m^3)

Se determina el volumen de aislamiento de la manta de fibra cerámica en cada componente de la mampostería:

El volumen de la manta de fibra cerámica de la pared lado derecho es:

$$V_{pa1} = 15.30 \text{ m} * 2.96 \text{ m} * 0.25 \text{ m}$$

$$V_{pa1} = 11.322 \text{ m}^3$$

El volumen de la manta de fibra cerámica de la pared lado izquierdo es:

$$V_{pa2} = 15.30 \text{ m} * 2.96 \text{ m} * 0.25 \text{ m}$$

$$V_{pa2} = 11.322 \text{ m}^3$$

El volumen del ducto de alimentación de calor en la mampostería por cada lado de la pared se tiene siete y total catorce.

$$V_{\text{ducto}} = 1 \text{ m} * 1 \text{ m} * 0.25 \text{ m}$$

$$V_{\text{duco}_{\text{Total}}} = 0.25 \text{ m}^3$$

$$V_{\text{duco}_{\text{Total}}} = \text{Cantidad} * V_{\text{ducto}}$$

$$V_{\text{duco}_{\text{Total}}} = 14 * 0.25 \text{ m}^3$$

$$V_{\text{duco}_{\text{Total}}} = 3.5 \text{ m}^3$$

El volumen total la manta de fibra cerámica de la pared del Horno Móvil es:

$$V_{\text{pa}} = V_{\text{pa1}} + V_{\text{pa2}} - V_{\text{duco}_{\text{Total}}} \dots\dots\dots \text{Ec.25}$$

$$V_{\text{pa}} = 11.322 \text{ m}^3 + 11.322 \text{ m}^3 - 3.5 \text{ m}^3$$

$$V_{\text{pa}} = 19.144 \text{ m}^3$$

El calor absorbido en la mampostería de la pared del horno de 25°C a 300°C es:

$$Q_{\text{Opa1}} = \rho_o * C_o * V_{\text{pa}} * \Delta T_{\text{pa}} \dots\dots\dots \text{Ec.3}$$

$$Q_{\text{Opa1}} = 160 \left(\frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right) * 0.16969 \frac{\text{Kcal}}{\text{Kg} \cdot ^\circ\text{K}} * 19.144 \text{ m}^3 * (573.15^\circ\text{K} - 298.15^\circ\text{K})$$

$$Q_{\text{Opa1}} = 142,936.00 \text{ kcal}$$

El calor absorbido en la mampostería de la pared del horno de 300°C a 600°C es:

$$Q_{\text{Opa2}} = \rho_o * C_o * V_{\text{pa}} * \Delta T_{\text{pa}} \dots\dots\dots \text{Ec.4}$$

$$Q_{\text{Opa2}} = 160 \left(\frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right) * 0.16969 \frac{\text{Kcal}}{\text{Kg} \cdot ^\circ\text{K}} * 19.144 \text{ m}^3 * (573.15^\circ\text{K} - 873.15^\circ\text{K})$$

$$Q_{\text{Opa2}} = 155,930.18 \text{ kcal}$$

El calor absorbido en la mampostería de la pared del horno de 600°C a 800°C es:

$$Q_{\text{Opa3}} = \rho_o * C_o * V_{\text{pa}} * \Delta T_{\text{pa}} \dots\dots\dots \text{Ec.5}$$

$$Q_{\text{Opa3}} = 160 \left(\frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right) * 0.16969 \frac{\text{Kcal}}{\text{Kg} \cdot ^\circ\text{K}} * 19.144 \text{ m}^3 * (873.15^\circ\text{K} - 1,073.15^\circ\text{K})$$

$$Q_{Opa3} = 103,953.45 \text{ kcal}$$

El calor absorbido en la mampostería de la pared del horno de 800°C a 950°C es:

$$Q_{Opa4} = \rho_o * C_o * V_{pa} * \Delta T_{pa} \dots \dots \dots \text{Ec.6}$$

$$Q_{Opa4} = 160 \left(\frac{kg}{m^3}\right) * 0.16969 \frac{Kcal}{Kg-\text{°}K} * 19.144 \text{ m}^3 * (1,073.15^\circ K - 1,223.15^\circ K)$$

$$Q_{Opa4} = 77,965.09 \text{ kcal}$$

Calor acumulado en la mampostería de la pared del Horno Móvil es:

$$Q_{Opa} = Q_{Opa1} + Q_{Opa2} + Q_{Opa3} + Q_{Opa4} \dots \dots \dots \text{Ec.7}$$

$$Q_{Opa} = 142,936.00 \text{ kcal} + 155,930.18 \text{ kcal} + 103,953.45 \text{ kcal} + 77,965.09 \text{ kcal}$$

$$Q_{Opa} = 480,784.71 \text{ kcal}$$

El Volumen total de la manta de fibra cerámica de la puerta del Horno Móvil es:

$$V_{pu1} = 7.3 \text{ m} * 2.96 \text{ m} * 0.25 \text{ m} = 5.402 \text{ m}^3$$

$$V_{pu2} = 7.3 \text{ m} * 2.96 \text{ m} * 0.25 \text{ m} = 5.402 \text{ m}^3$$

$$V_{pu} = V_{pu1} + V_{pu2}$$

$$V_{pu} = 5.402 \text{ m}^3 + 5.402 \text{ m}^3$$

$$V_{pu} = 10.804 \text{ m}^3$$

El calor absorbido en la mampostería de la puerta del horno de 25°C a 300°C es:

$$Q_{Opu1} = \rho_o * C_o * V_{pu} * \Delta T_{pu} \dots \dots \dots \text{Ec.8}$$

$$Q_{Opu1} = 160 \left(\frac{kg}{m^3}\right) * 0.16969 \frac{Kcal}{Kg-\text{°}K} * 10.804 \text{ m}^3 * (573.15^\circ K - 298.15^\circ K)$$

$$Q_{Opu1} = 80,666.55 \text{ Kcal}$$

El calor absorbido en la mampostería de la puerta del horno de 300°C a 600°C es:

$$Q_{Opu2} = \rho_o * C_o * V_{pu} * \Delta T_{pu} \dots \dots \dots \text{Ec.9}$$

$$Q_{Opu2} = 160 \left(\frac{kg}{m^3} \right) * 0.16969 \frac{Kcal}{Kg-^{\circ}K} * 10.804 m^3 * (573.15^{\circ}K - 873.15^{\circ}K)$$

$$Q_{Opu2} = 87,999.88 \text{ Kcal}$$

El calor absorbido en la mampostería de la puerta del horno de 600°C a 800°C es:

$$Q_{Opu3} = \rho_o * C_o * V_{pu} * \Delta T_{mpu} \dots \dots \dots \text{Ec.10}$$

$$Q_{Opu3} = 160 \left(\frac{kg}{m^3} \right) * 0.16969 \frac{Kcal}{Kg-^{\circ}K} * 10.804 m^3 * (873.15^{\circ}K - 1,073.15^{\circ}K)$$

$$Q_{Opu3} = 58,666.58 \text{ Kcal}$$

El calor absorbido en la mampostería de la puerta del horno de 800°C a 950°C es:

$$Q_{Opu4} = \rho_o * C_o * V_{pu} * \Delta T_{mpu} \dots \dots \dots \text{Ec.11}$$

$$Q_{Opu4} = 160 \left(\frac{kg}{m^3} \right) * 0.16969 \frac{Kcal}{Kg-^{\circ}K} * 10.804 m^3 * (1,073.15^{\circ}K - 1,223.15^{\circ}K)$$

$$Q_{Opu4} = 43,999.94 \text{ Kcal}$$

Calor acumulado en la mampostería de la puerta del Horno Móvil es:

$$Q_{Opu} = Q_{Opu1} + Q_{Opu2} + Q_{Opu3} + Q_{Opu4} \dots \dots \dots \text{Ec.12}$$

$$Q_{Opu} = 80,666.55 \text{ Kcal} + 87,999.88 \text{ Kcal} + 58,666.58 \text{ Kcal} + 43,999.94 \text{ Kcal}$$

$$Q_{Opu} = 271,332.95 \text{ Kcal}$$

El Volumen total de la manta de fibra cerámica del techo del Horno Móvil es:

$$V_{Otec} = 15.30m * 7.30 m * 0.25m$$

$$V_{Otec} = 27.9225 m^3$$

El calor absorbido en la mampostería del techo del horno a 300°C es:

$$Q_{Otec1} = \rho_o * C_o * V_{tec} * \Delta T_{tec} \dots \dots \dots \text{Ec.13}$$

$$Q_{Otec1} = 160 \left(\frac{kg}{m^3} \right) * 0.16969 \frac{Kcal}{Kg-^{\circ}K} * 27.9225 m^3 * (573.15 - 298.15^{\circ}K)$$

$$Q_{Otec1} = 208,479.44 \text{ Kcal}$$

El calor absorbido en la mampostería del techo del horno a 600°C es:

$$Q_{Otec2} = \rho_o * C_o * V_{tec} * \Delta T_{tec} \dots \dots \dots \text{Ec.14}$$

$$Q_{Otec2} = 160 \left(\frac{kg}{m^3} \right) * 0.16969 \frac{Kcal}{Kg-\text{°K}} * 27.9225 \text{ m}^3 * (600-300) \text{°K}$$

$$Q_{Otec2} = 227,432.11 \text{ Kcal}$$

El calor absorbido en la mampostería del techo del horno a 800°C es:

$$Q_{Otec3} = \rho_o * C_o * V_{tec} * \Delta T_{tec} \dots \dots \dots \text{Ec.15}$$

$$Q_{Otec3} = 160 \left(\frac{kg}{m^3} \right) * 0.16969 \frac{Kcal}{Kg-\text{°K}} * 27.9225 \text{ m}^3 * (800-600) \text{°K}$$

$$Q_{Otec3} = 151,621.41 \text{ Kcal}$$

El calor absorbido en la mampostería del techo del horno a 950°C es:

$$Q_{Otec4} = \rho_o * C_o * V_{tec} * \Delta T_{tec} \dots \dots \dots \text{Ec.16}$$

$$Q_{Otec4} = 160 \left(\frac{kg}{m^3} \right) * 0.16969 \frac{Kcal}{Kg-\text{°K}} * 27.9225 \text{ m}^3 * (950-800) \text{°K}$$

$$Q_{Otec4} = 113,716.06 \text{ Kcal}$$

Calor acumulado en la mampostería del techo del Horno Móvil es:

$$Q_{Otec} = Q_{Otec1} + Q_{Otec2} + Q_{Otec3} + Q_{Otec4} \dots \dots \dots \text{Ec.17}$$

$$Q_{Otec} = 208,479.44 \text{ Kcal} + 227,432.11 \text{ Kcal} + 151,621.41 \text{ Kcal} + 113,716.06 \text{ Kcal}$$

$$Q_{Otec} = 701,249.02 \text{ Kcal}$$

El Volumen total del piso del Horno Móvil compuesto por el ladrillo King Kong

18 huecos (KK18) y el ladrillo refractario es:

$$V_{pis} = \text{Volumen total del piso del Horno Móvil} (m^3)$$

Se tiene como base: el ladrillo King Kong 18 huecos

$$V_{piKK18} = 0.09 \text{ m} * 0.14 \text{ m} * 0.25 \text{ m}$$

$$V_{piKK18} = 0.00315 \text{ m}^3$$

Los orificios del ladrillo King Kong 18 huecos, tienen un diámetro de 2.5 cm.

$$V_{KK18} = \frac{\pi}{4} * (0.025 \text{ m})^2 * 0.09 \text{ m}$$

$$V_{KK18} = 4.417 * 10^{-5} \text{ m}^3$$

Tiene 18 huecos el King Kong por cada ladrillo.

$$V_{huecosKK18} = 18 * 4.417 * 10^{-5} \text{ m}^3$$

$$V_{huecosKK18} = 7.95 * 10^{-4} \text{ m}^3$$

$$V_{KK18Total} = \text{cantidad} * (V_{kk18} - V_{huecosKK18})$$

$$V_{KK18Total} = 1458 * (0.00315 \text{ m}^3 - 7.95 * 10^{-4} \text{ m}^3)$$

$$V_{KK18Total} = 1458 * 0.002355$$

$$V_{KK18Total} = 3.43359 \text{ m}^3$$

Se tiene como base los ladrillos refractarios

$$V_{refractario} = 0.09 \text{ m} * 0.14 \text{ m} * 0.25 \text{ m}$$

$$V_{refractario} = 0.00315 \text{ m}^3$$

$$V_{refractariosTotal} = 1037 * 0.00315 \text{ m}^3$$

$$V_{refractariosTotal} = 3.26655 \text{ m}^3$$

El calor absorbido en la mampostería en el piso del horno de 25°C a 300°C es:

$$Q_{kk18} = \rho_{kk18} * C_{pladrillo} * V_{KK18Total} * \Delta T_{pis} \dots \dots \dots \text{Ec.18}$$

$$Q_{kk18} = 1922 \left(\frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right) * 0.18881 \frac{\text{Kcal}}{\text{Kg} \cdot ^\circ\text{K}} * 3.43359 \text{ m}^3 * (573.15 - 298.15^\circ\text{K})$$

$$Q_{kk18} = 342,656.92 \text{ Kcal}$$

$$Q_{refractario} = \rho_{re} * C_{pladrillo} * V_{refractariosTotal} * \Delta T_{pis} \dots \dots \dots \text{Ec.19}$$

$$Q_{\text{refractario}} = 2400 \left(\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}\right) * 0.18881 \frac{\text{Kcal}}{\text{Kg} \cdot ^\circ\text{K}} * 3.26655 \text{ m}^3 * (439.1^\circ\text{K})$$

$$Q_{\text{refractario}} = 407,059.82 \text{ Kcal}$$

$$Q_{\text{Opis1}} = Q_{\text{kk18}} + Q_{\text{refractario}} \dots\dots\dots \text{Ec.20}$$

$$Q_{\text{Opis1}} = 649,963.52 \text{ Kcal} + 721,567.57 \text{ Kcal}$$

$$Q_{\text{Opis1}} = 749,716.74 \text{ Kcal.}$$

El calor absorbido en la mampostería del piso del horno de 300°C a 600°C es:

$$Q_{\text{kk18}} = \rho_{\text{kk18}} * C_{\text{pladrillo}} * V_{\text{KK18Total}} * \Delta T_{\text{pis}} \dots\dots\dots \text{Ec.18}$$

$$Q_{\text{kk18}} = 1922 \left(\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}\right) * 0.18881 \frac{\text{Kcal}}{\text{Kg} \cdot ^\circ\text{K}} * 4.5283 \text{ m}^3 * (600-300)^\circ\text{K}$$

$$Q_{\text{kk18}} = 373,807.55 \text{ Kcal}$$

$$Q_{\text{refractario}} = \rho_{\text{re}} * C_{\text{pladrillo}} * V_{\text{refractariosTotal}} * \Delta T_{\text{pis}} \dots\dots\dots \text{Ec.19}$$

$$Q_{\text{refractario}} = 2400 \left(\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}\right) * 0.18881 \frac{\text{Kcal}}{\text{Kg} \cdot ^\circ\text{K}} * 3.26655 \text{ m}^3 * (600-300)^\circ\text{K}$$

$$Q_{\text{refractario}} = 444,065.26 \text{ Kcal}$$

$$Q_{\text{Opis2}} = Q_{\text{kk18}} + Q_{\text{refractario}} \dots\dots\dots \text{Ec.21}$$

$$Q_{\text{Opis2}} = 373,807.55 \text{ Kcal} + 444,065.26 \text{ Kcal}$$

$$Q_{\text{Opis2}} = 817,872.81 \text{ Kcal.}$$

El calor absorbido en la mampostería del piso del horno de 600°C a 800°C es:

$$Q_{\text{kk18}} = \rho_{\text{kk18}} * C_{\text{pladrillo}} * V_{\text{KK18Total}} * \Delta T_{\text{pis}} \dots\dots\dots \text{Ec.18}$$

$$Q_{\text{kk18}} = 1922 \left(\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}\right) * 0.18881 \frac{\text{Kcal}}{\text{Kg} \cdot ^\circ\text{K}} * 3.43359 \text{ m}^3 * (800-600)^\circ\text{K}$$

$$Q_{\text{kk18}} = 249,205.03 \text{ Kcal}$$

$$Q_{\text{refractario}} = \rho_{\text{re}} * C_{\text{pladrillo}} * V_{\text{refractariosTotal}} * \Delta T_{\text{pis}} \dots\dots\dots \text{Ec.19}$$

$$Q_{\text{refractario}} = 2400 \left(\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}\right) * 0.18881 \frac{\text{Kcal}}{\text{Kg} \cdot ^\circ\text{K}} * 3.26655 \text{ m}^3 * (800-600)^\circ\text{K}$$

$$Q_{\text{refractario}} = 296,043.51 \text{ Kcal}$$

$$Q_{Opis3} = Q_{kk18} + Q_{refractario} \dots\dots\dots Ec.22$$

$$Q_{Opis3} = 249,205.03 \text{ Kcal} + 296,043.51 \text{ Kcal}$$

$$Q_{Opis3} = 545,248.54 \text{ Kcal.}$$

El calor absorbido en la mampostería del piso del horno de 800°C a 950°C es:

$$Q_{kk18} = \rho_{kk18} * C_{pladrillo} * V_{KK18Total} * \Delta T_{pis} \dots\dots\dots Ec.18$$

$$Q_{kk18} = 1922 \left(\frac{kg}{m^3}\right) * 0.18881 \frac{Kcal}{Kg-\text{°K}} * 3.43359 \text{ m}^3 * (1,073.15^\circ K - 1,223.15^\circ K)$$

$$Q_{kk18} = 186,903.77 \text{ Kcal}$$

$$Q_{refractario} = \rho_{re} * C_{pladrillo} * V_{refractariosTotal} * \Delta T_{pis} \dots\dots\dots Ec.19$$

$$Q_{refractario} = 2400 \left(\frac{kg}{m^3}\right) * 0.18881 \frac{Kcal}{Kg-\text{°K}} * 3.26655 \text{ m}^3 * (950-800)^\circ K$$

$$Q_{refractario} = 222,032.63 \text{ Kcal}$$

$$Q_{Opis4} = Q_{kk18} + Q_{refractario} \dots\dots\dots Ec.23$$

$$Q_{Opis4} = 186,903.77 \text{ Kcal} + 222,032.63 \text{ Kcal}$$

$$Q_{Opis4} = 408,936.40 \text{ Kcal.}$$

Calor acumulado en la mampostería del piso del Horno Móvil es:

$$Q_{Opis} = Q_{Opis1} + Q_{Opis2} + Q_{Opis3} + Q_{Opis4} \dots\dots\dots Ec.24$$

$$Q_{Opis} = 749,716.74 \text{ Kcal} + 817,872.81 \text{ Kcal} + 545,248.54 \text{ Kcal} + 408,936.40 \text{ Kcal}$$

$$Q_{Opis} = 2'521,774.49 \text{ Kcal}$$

La acumulación total de calor en la mampostería en el Horno Móvil es:

$$Q_o = Q_{opa} + Q_{opu} + Q_{opis} + Q_{otec} \dots\dots\dots Ec.2$$

$$Q_o = (1'181,798.73 + 1'289,234.97 + 859,489.98 + 644,617.49) \text{ Kcal}$$

$$Q_o = 3'975,141.17 \text{ Kcal}$$

4.1.1.2 Calor por carga del material a cocer (Q_{cm}).

Es el calor necesario para la cocción de los ladrillos King Kong 18 huecos, pandereta rayas, techo 15 y techo 12; este calor es igual a:

$$Q_{cm} = m_{se} * C_p * (T_{max} - T_{min}) \dots \dots \dots \text{Ec.27}$$

Q_{cm} =Calor por carga del material a cocer

m_{se} =Masa seca de la carga (Kg)

C_p =Calor específico del ladrillo= $0,79(\text{KJ}/(\text{Kg}\cdot^\circ\text{K})) * 0,239 \text{Kcal}/\text{KJ} = 0,18881$
Kcal/Kg-°K (CENGEL, 2009)

Para determinar la humedad del ladrillo se tiene la siguiente expresión:

$$Y_m = (M_h - M_{hc}) / M_h * 100\% \dots \dots \dots \text{Ec.28}$$

$$Y_{mh} = (M_{hc} - M_s) / M_{hc} * 100\% \dots \dots \dots \text{Ec.29}$$

$$M_{se} = (1 - Y_{mh}) * M_{Tm} \dots \dots \dots \text{Ec.30}$$

$$M_{Tm} = \text{Cantidad}_{\text{Ladrillo}} * M_{hc} \dots \dots \dots \text{Ec.31}$$

Donde:

M_{hKK18} =Masa húmeda de KK18 huecos (Kg) de la extrusora

M_{hPR} =Masa húmeda de Pandereta rayas (Kg) de la extrusora

M_{hT15} =Masa húmeda de Techo 15 (Kg) de la extrusora

M_{hT12} =Masa húmeda de Techo 12 (Kg) de la extrusora

M_{hcKK18} =Masa húmeda de KK18 huecos (Kg) crudos.

M_{hcPR} =Masa húmeda de Pandereta rayas (Kg) crudos.

M_{hcT15} =Masa húmeda de Techo 15 (Kg) crudos.

M_{hcT12} =Masa húmeda de Techo 12 (Kg) crudos.

Tabla 2*Humedad de ladrillo en el área de secado*

Tipo de ladrillo	Masa Húmeda salido de la extrusora M_h (Kg)/und	Masa húmeda en el Secado M_{hc} (Kg)/und	Porcentaje Humedad ($Y_m\%$)
KK18 Huecos	3,500	3,100	11,428%
Pandereta Rayas	2,500	2,200	12%
Techo 15	9,800	8,700	10,204%
Techo 12	8,500	7,000	17,64%

Nota: Perdida de humedad del ladrillo de la extrusora en el área de secado.

Se determina la humedad del ladrillo en la etapa de secado

$$Y_m = (M_h - M_{hc}) / M_h * 100\% \dots\dots\dots Ec.28$$

Y_{mKK18} = Humedad de ladrillos KK18 huecos (Kg)

$$Y_{mKK18} = (M_{hKK18} - M_{hcKK18}) / M_{hKK18} * 100\%$$

$$Y_{mKK18} = (3,500 - 3,100) / 3,500 * 100\%$$

$$Y_{mKK18} = 11,428\%$$

Y_{mPR} = Humedad de ladrillos Pandereta rayas (Kg)

$$Y_{mPR} = (M_{hPR} - M_{hcPR}) / M_{hPR} * 100\%$$

$$Y_{mPR} = (2,500 - 2,200) / 2,500 * 100\%$$

$$Y_{mPR} = 12\%$$

Y_{mT15} =Humedad de ladrillos Techo 15 (Kg)

$$Y_{mT15} = (M_{hT15} - M_{hcT15}) / M_{hT15} * 100\%$$

$$Y_{mT15} = (9,800 - 8,700) / 9,800 * 100\%$$

$$Y_{mT15} = 10,204\%$$

Y_{mT12} = Humedad de ladrillos Techo 12 (Kg)

$$Y_{mT12} = (M_{hT12} - M_{hcT12}) / M_{hT12} * 100\%$$

$$Y_{mT12} = (8,500 - 7,000) / 8,500 * 100\%$$

$$Y_{mT12} = 17,64 \%$$

Donde:

Y_{mhKK18} =Humedad de ladrillos KK18 huecos (Kg)

Y_{mhPR} =Humedad de ladrillos Pandereta rayas (Kg)

Y_{mhT15} =Humedad de ladrillos Techo 15 (Kg)

Y_{mhT12} =Humedad de ladrillos Techo 12 (Kg)

Tabla 3

Humedad de ladrillo en el horno móvil

Tipo de ladrillo	Masa húmeda en el Secado M_{hc} (Kg)/und	Masa seca en el Horno Móvil M_s (Kg)/und	Humedad del material ($Y_{mh}\%$)
KK18 Huecos	3.100	3.065	1,129%
Pandereta Rayas	2.200	2.130	3,182%
Techo 15	8.700	8.535	1,897%
Techo 12	7.000	6.865	1,929%

Nota: Perdida de humedad del secado de ladrillo al horno móvil.

Se determina la humedad del ladrillo crudo al ingresar al horno móvil utilizando la siguiente expresión:

Y_{mhKK18} =Humedad de ladrillos KK18 huecos (Kg)

$$Y_{mh} = (M_{hc} - M_s) / M_{hc} * 100\% \dots\dots\dots Ec.29$$

$$Y_{mhKK18} = (M_{hcKK18} - M_{sKK18}) / M_{hcKK18} * 100\%$$

$$Y_{mKK18} = (3,100 - 3,065) / 3,100 * 100\%$$

$$Y_{mhKK18} = 1,129\%$$

Y_{mhPR} =Humedad de ladrillos Pandereta rayas (Kg)

$$Y_{mhPR} = (M_{hcPR} - M_{sPR}) / M_{hcPR} * 100\%$$

$$Y_{mhPR} = (2,200 - 2,130) / 2,200 * 100\%$$

$$Y_{mhPR} = 3,182\%$$

Y_{mhT15} =Humedad de ladrillos Techo 15 (Kg)

$$Y_{mhT15} = (M_{hcT15} - M_{sT15}) / M_{hcT15} * 100\%$$

$$Y_{mhT15} = (8,700 - 8,535) / 8,700 * 100\%$$

$$Y_{mhT15} = 1,897\%$$

Y_{mhT12} =Humedad de ladrillos Techo 12 (Kg)

$$Y_{mhT12} = (M_{hcT12} - M_{sT12}) / M_{hcT12} * 100\%$$

$$Y_{mhT12} = (7,000 - 6,865) / 7,000 * 100\%$$

$$Y_{mhT12} = 1,929 \%$$

Se determina la masa seca del ladrillo que ingresa al Horno Móvil.

Donde:

M_{sKK18} =Masa seca de KK18 huecos (Kg) en el horno (ver anexo 05).

M_{sPR} =Masa seca de Pandereta rayas (Kg) en el horno (ver anexo 06).

M_{sT15} =Masa seca de Techo 15 (Kg) en el horno (ver anexo 07).

M_{sT12} =Masa seca de Techo 12 (Kg) en el horno (ver anexo 08).

Tabla 4

Masa del ladrillo que ingresa al horno en cada proceso de cocción

Tipo de ladrillo	Cantidad de ladrillos en la base (UND)	Ladrillo húmedo de la extrusora Total (Kg)	Ladrillo seco que sale del área de secado M_{Tm} (Kg)	Ladrillo Seco que ingresa al horno (Mse) (Kg)
KK18 Huecos	65000	227,500	201,500	199,225
Pandereta Rayas	85000	212,500	187,000	181,050
Techo 15	25000	245,000	217,500	213,375
Techo 12	27000	229,500	189,000	185,355

Nota: Masa seca de ladrillos que ingresa al horno móvil.

Masa seca de los ladrillos en el horno móvil.

$$M_{se} = (1 - Y_{mh}) * M_{Tm} \dots\dots\dots Ec.30$$

$$M_{Tm} = \text{Cantidad Ladrillo KK18}$$

$$M_{seKK18} = (1 - Y_{mh KK18}) \times \text{Cantidad Ladrillo KK18}$$

$$M_{seKK18} = (1 - 0.01129) \times (201,500) \text{ Kg}$$

$$M_{seKK18} = 199'225 \text{ Kg}$$

$$M_{se}=(1- Y_{mh}) *M_{Tm} \dots\dots\dots Ec.30$$

$$M_{sePR}=(1- Y_{mh PR})*Cantidad \text{ Ladrillo PR}$$

$$M_{Tm} = Cantidad \text{ Ladrillo PR}$$

$$M_{sePR}=(1- 0.032)*(187,000)Kg$$

$$M_{sePR}=181,050 Kg$$

$$M_{se}=(1- Y_{mh}) *M_{Tm} \dots\dots\dots Ec.30$$

$$M_{seT15}=(1- Y_{mh T15})*Cantidad \text{ Ladrillo T15}$$

$$M_{Tm} = Cantidad \text{ Ladrillo T15}$$

$$M_{seT15}=(1- 0.019)*(217,500)Kg$$

$$M_{seT15}=213,375 Kg$$

$$M_{se}=(1- Y_{mh}) *M_{Tm} \dots\dots\dots Ec.30$$

$$M_{seT12}=(1- Y_{mh T12}) x Cantidad \text{ Ladrillo T12}$$

$$M_{Tm} = Cantidad \text{ Ladrillo T12}$$

$$M_{seT12}=(1- 0,019)x(189,000)Kg$$

$$M_{seT12}=185,355 Kg$$

Ecuación que permite calcular el calor necesario para la cocción de los ladrillos

King Kong 18 huecos que ingresa a la base del horno móvil.

$$Q_{cm} = m_{se} * C_p * (T_{final} - T_{inicial}) \dots\dots\dots Ec.27$$

Donde:

$$Q_{cmKK18}=\text{Calor total por carga de los ladrillos KK18 Huecos a cocer.}$$

Q_{cmKK18}^1 = calor por carga de los ladrillos King Kong 18 para llegar a 300°C

Q_{cmKK18}^2 = calor por carga de los ladrillos King Kong 18 para mantener a 300°C

Q_{cmKK18}^3 = calor por carga de los ladrillos King Kong 18 para llegar a 600°C

Q_{cmKK18}^4 = calor por carga de los ladrillos King Kong 18 para mantener a 600°C

Q_{cmKK18}^5 = calor por carga de los ladrillos King Kong 18 para llegar a 800°C

Q_{cmKK18}^6 = calor por carga de los ladrillos King Kong 18 para mantener a 800°C

Q_{cmKK18}^7 = calor por carga de los ladrillos King Kong 18 para llegar a 950°C

Q_{cmKK18}^8 = calor por carga de los ladrillos King Kong 18 para mantener a 950°C

Tabla 5

Temperaturas y tiempos de cocción de los ladrillos King Kong 18 huecos que ingresa a la base del Horno Móvil.

Calor	Temperatura inicial °C/°K	Temperatura Final °C/°K	Tiempo Horas
Q_{cmKK18}^1	25 °C (298.15°K)	300°C (573.15°K)	3 horas
Q_{cmKK18}^2	300°C (573.15°K)		3 horas
Q_{cmKK18}^3	300°C (573.15°K)	600°C (873.15°K)	3 horas
Q_{cmKK18}^4	600°C (873.15°K)		3 horas
Q_{cmKK18}^5	600 °C (873.15°K)	800°C (1073.15°K)	3 horas
Q_{cmKK18}^6	800°C (1073.15°K)		3 horas
Q_{cmKK18}^7	800°C (1073.15°K)	950°C (1223.15°K)	3 horas
Q_{cmKK18}^8	950°C (1223.15°K)		27 horas

Fuente: Temperaturas y tiempos de operación en el Horno Móvil

Se determina el calor de los ladrillos King Kong 18 huecos a cocer en la base del Horno Móvil.

Para temperatura de 298.15°K a 573.15°K

$$Q_{cmKK18}^1 = 199,225(\text{Kg}) \times (0.18881 \text{Kcal/Kg} \cdot ^\circ\text{K}) \times (573.15 - 298.15) \text{ } ^\circ\text{K}$$

$$Q_{cmKK18}^1 = 10'344,309.9 \text{ Kcal}$$

Para mantener a una temperatura de 573.15°K

$$Q_{cmKK18}^2 = 199,225(\text{Kg}) \times (0.18881 \text{Kcal/Kg} \cdot ^\circ\text{K}) \times (573.15) \text{ } ^\circ\text{K}$$

$$Q_{cmKK18}^2 = 21'559,422.6 \text{ Kcal}$$

Para temperatura de 573.15°K a 873.15°K

$$Q_{cmKK18}^3 = 199,225(\text{Kg}) \times (0.18881 \text{Kcal/Kg} \cdot ^\circ\text{K}) \times (873.15 - 573.15) \text{ } ^\circ\text{K}$$

$$Q_{cmKK18}^3 = 11'286,401 \text{ Kcal}$$

Para mantener a una temperatura de 873.15°K

$$Q_{cmKK18}^4 = 199,225(\text{Kg}) \times (0.18881 \text{Kcal/Kg} \cdot ^\circ\text{K}) \times (873.15) \text{ } ^\circ\text{K}$$

$$Q_{cmKK18}^4 = 32'844,124.2 \text{ Kcal}$$

Para temperatura de 873.15°K a 1073.15°K

$$Q_{cmKK18}^5 = 199,225(\text{Kg}) \times (0.18881 \text{Kcal/Kg} \cdot ^\circ\text{K}) \times (1073.15 - 873.15) \text{ } ^\circ\text{K}$$

$$Q_{cmKK18}^5 = 7'523,134.45 \text{ Kcal}$$

Para mantener a una temperatura de 1073.15°K

$$Q_{cmKK18}^6 = 199,225(\text{Kg}) \times (0.18881 \text{Kcal/Kg} \cdot ^\circ\text{K}) \times (1073.15) \text{ } ^\circ\text{K}$$

$$Q_{cmKK18}^6 = 40'367,258.7 \text{ Kcal}$$

Para temperatura de 1073.15°K a 1223.15°K

$$Q_{cmKK18}^7 = 199,225(\text{Kg}) \times (0.18881 \text{Kcal/Kg} \cdot ^\circ\text{K}) \times (1223.15 - 1073.15) \text{ } ^\circ\text{K}$$

$$Q_{cmKK18}^7 = 5'642,350.84 \text{ Kcal}$$

Para mantener a una temperatura de 1223.15°K

$$Q_{cmKK18}^8 = 199,225(\text{Kg}) \times (0.18881 \text{Kcal/Kg} \cdot ^\circ\text{K}) \times (1223.15) \text{ } ^\circ\text{K}$$

$$Q_{cmKK18}^8 = 46'009,609.5 \text{ Kcal}$$

El calor total por carga del ladrillo King Kong 18 huecos a cocer es:

$$Q_{cm} = Q_{cmKK18}^1 + Q_{cmKK18}^2 + Q_{cmKK18}^3 + Q_{cmKK18}^4 + Q_{cmKK18}^5 + Q_{cmKK18}^6 + Q_{cmKK18}^7 + Q_{cmKK18}^8$$

$$Q_{cm} = 10'344,309.9 \text{ Kcal} + 11'286,401 \text{ Kcal} + 7'523,134.45 \text{ Kcal} + 5'642,350.84 \text{ Kcal} + 21'559,422.6 \text{ Kcal} + 32'844,124.2 \text{ Kcal} + 40'367,258.7 \text{ Kcal} + 46'009,609.5 \text{ Kcal}$$

$$Q_{cm} = 175'576,611.19 \text{ Kcal}$$

Ecuación que permite calcular el calor necesario para la cocción de los ladrillos pandereta rayas que ingresa en la base del horno móvil.

$$Q_{cm} = m_{se} * C_p * (T_{final} - T_{inicial}) \dots \dots \dots \text{Ec.27}$$

Donde:

Q_{cmPR} =Calor total por carga de ladrillos pandereta rayas a cocer

Q_{cmPR}^1 =Calor por carga de ladrillos pandereta rayas a cocer para llegar a 300°C

Q_{cmPR}^2 =Calor por carga de ladrillos pandereta rayas a cocer para mantener a 300°C

Q_{cmPR}^3 =Calor por carga de ladrillos pandereta rayas a cocer para llegar a 600°C

Q_{cmPR}^4 =Calor por carga de ladrillos pandereta rayas a cocer para mantener a 600°C

Q_{cmPR}^5 =Calor por carga de ladrillos pandereta rayas a cocer para llegar a 800°C

Q_{cmPR}^6 =Calor por carga de ladrillos pandereta rayas a cocer para mantener a 800°C

Q_{cmPR}^7 =Calor por carga de ladrillos pandereta rayas a cocer para llegar a 950°C

Q_{cmPR}^8 =Calor por carga de ladrillos pandereta rayas a cocer para llegar a 950°C

Tabla 6

Temperaturas y tiempos de cocción de los ladrillos Pandereta Rayas que ingresa al Horno Móvil

Calor	Temperatura inicial °C/°K	Temperatura Final °C/°K	Tiempo Horas
Q_{cmPR}	25 °C (298.15°K)	300°C (573.15°K)	3 horas
Q_{cmPR}	300°C (573.15°K)		3 horas
Q_{cmPR}	300°C (573.15°K)	600°C (873.15°K)	3 horas
Q_{cmPR}	600°C (873.15°K)		3 horas
Q_{cmPR}	600 °C (873.15°K)	800°C (1073.15°K)	3 horas
Q_{cmPR}	800°C (1073.15°K)		3 horas
Q_{cmPR}	800°C (1073.15°K)	950°C (1223.15°K)	3 horas
Q_{cmPR}	950°C (1223.15°K)		27 horas

Fuente: Temperaturas y tiempos de operación en la base del Horno Móvil

Se determina el calor por carga de los ladrillos Pandereta Rayas a cocer en la base del Horno Móvil.

Para temperatura de 298.15°K a 573.15°K

$$Q_{cmPR}^1 = 181,050 \text{ (Kg)} \times (0.18881 \text{ Kcal/Kg}^{\circ}\text{K}) \times (573.15 - 298.15) \text{ }^{\circ}\text{K}$$

$$Q_{cmPR}^1 = 9'400,613.9 \text{ Kcal}$$

Para mantener a una temperatura de 573.15°K

$$Q_{cmPR}^2 = 181,050 \text{ (Kg)} \times (0.18881 \text{ Kcal/Kg}^{\circ}\text{K}) \times (573.15) \text{ }^{\circ}\text{K}$$

$$Q_{cmPR}^2 = 19'592,588.5 \text{ Kcal}$$

Para temperatura de 573.15°K a 873.15°K

$$Q_{cmPR}^3 = 181,050 \text{ (Kg)} \times (0.18881 \text{ Kcal/Kg}^{\circ}\text{K}) \times (873.15 - 573.15) \text{ }^{\circ}\text{K}$$

$$Q_{cmPR}^3 = 10'255,215.2 \text{ Kcal}$$

Para mantener a una temperatura de 873.15°K

$$Q_{cmPR}^4 = 181,050 \text{ (Kg)} \times (0.18881 \text{ Kcal/Kg}^{\circ}\text{K}) \times (873.15) \text{ }^{\circ}\text{K}$$

$$Q_{cmPR}^4 = 29'847,803.7 \text{ Kcal}$$

Para temperatura de 873.15°K a 1073.15°K

$$Q_{cmPR}^5 = 181,050 \text{ (Kg)} \times (0.18881 \text{ Kcal/Kg}^{\circ}\text{K}) \times (1073.15 - 873.15) \text{ }^{\circ}\text{K}$$

$$Q_{cmPR}^5 = 6'836,810.1 \text{ Kcal}$$

Para mantener a una temperatura de 1073.15°K

$$Q_{cmPR}^6 = 181,050 \text{ (Kg)} \times (0.18881 \text{ Kcal/Kg}^{\circ}\text{K}) \times (1073.15) \text{ }^{\circ}\text{K}$$

$$Q_{cmPR}^6 = 36'684,613.8 \text{ Kcal}$$

Para temperatura de 1073.15°K a 1223.15°K

$$Q_{cmPR}^7 = 181,050 \text{ (Kg)} \times (0.18881 \text{ Kcal/Kg}^{\circ}\text{K}) \times (1223.15 - 1073.15) \text{ }^{\circ}\text{K}$$

$$Q_{cmPR}^7 = 78'496,835.2 \text{ Kcal}$$

Para mantener a una temperatura de 1223.15°K

$$Q_{cmPR}^8 = 181,050 \text{ (Kg)} \times (0.18881 \text{ Kcal/Kg} \cdot \text{°K}) \times (1223.15) \text{ °K}$$

$$Q_{cmPR}^8 = 41'812,221.4 \text{ Kcal}$$

Se determina el calor para los ladrillos pandereta rayas a cocer en la base.

$$Q_{cm} = Q_{cmPR}^1 + Q_{cmPR}^2 + Q_{cmPR}^3 + Q_{cmPR}^4 + Q_{cmPR}^5 + Q_{cmPR}^6 + Q_{cmPR}^7 + Q_{cmPR}^8$$

$$Q_{cm} = 9'400,613.9 \text{ Kcal} + 10'255,215.2 \text{ Kcal} + 6'836,810.1 \text{ Kcal} + 78'496,835.2$$

$$\text{Kcal} + 19'592,588.5 \text{ Kcal} + 29'847,803.7 \text{ Kcal} + 36'684,613.8 \text{ Kcal} +$$

$$41'812,221.4 \text{ Kcal}$$

$$Q_{cm} = 232'926,701.7 \text{ Kcal.}$$

Ecuación que permite calcular el calor necesario para la cocción del ladrillo techo

15 que ingresa al horno móvil por base.

$$Q_{cm} = m_{se} * C_p * (T_{final} - T_{inicial}) \dots\dots\dots \text{Ec.27}$$

Donde:

Q_{cmT15} = Calor total por carga de los ladrillos Techo 15 a cocer.

Q_{cmT15}^1 = Calor por carga de ladrillos Techo 15 a cocer para llegar a 300°C

Q_{cmT15}^2 = Calor por carga de ladrillos Techo 15 a cocer para mantener a 300°C

Q_{cmT15}^3 = Calor por carga de ladrillos Techo 15 a cocer para llegar a 600°C

Q_{cmT15}^4 = Calor por carga de ladrillos Techo 15 a cocer para mantener a 600°C

Q_{cmT15}^5 = Calor por carga de ladrillos Techo 15 a cocer para llegar a 800°C

Q_{cmT15}^6 = Calor por carga de ladrillos Techo 15 a cocer para mantener a 800°C

Q_{cmT15}^7 = Calor por carga de ladrillos Techo 15 a cocer para llegar a 950°C

Q_{cmT15}^8 = Calor por carga de ladrillos Techo 15 a cocer para mantener a 950°C

Tabla 7

Temperaturas y tiempos de cocción de los ladrillos Techo 15 que ingresa al Horno Móvil

Calor	Temperatura inicial °C/°K	Temperatura Final °C/°K	Tiempo Horas
Q_{cmT15}	25 °C (298.15°K)	300°C (573.15°K)	3 horas
Q_{cmT15}	300°C (573.15°K)		3 horas
Q_{cmT15}	300°C (573.15°K)	600°C (873.15°K)	3 horas
Q_{cmT15}	600°C (873.15°K)		3 horas
$Q_{cm T15}$	600 °C (873.15°K)	800°C (1073.15°K)	3 horas
$Q_{cm T15}$	800°C (1073.15°K)		3 horas
$Q_{cm T15}$	800°C (1073.15°K)	950°C (1223.15°K)	3 horas
$Q_{cm T15}$	950°C (1223.15°K)		27 horas

Fuente: Temperaturas y tiempos de operación en la base del Horno Móvil

Se determina el calor por carga de los ladrillos Techo 15 a cocer por base.

Para temperatura de 298.15°K a 573.15°K

$$Q_{cmT15}^1 = 213,375(\text{Kg}) \times (0.18881\text{Kcal/Kg}^{\circ}\text{K}) \times (573.15 - 298.15) ^{\circ}\text{K}$$

$$Q_{cmT15}^1 = 11'079,016.8 \text{ Kcal}$$

Para mantener a una temperatura de 573.15°K

$$Q_{cmT15}^2 = 213,375(\text{Kg}) \times (0.18881 \text{Kcal/Kg} \cdot ^\circ\text{K}) \times (573.15) \text{ } ^\circ\text{K}$$

$$Q_{cmT15}^3 = 23'090,685 \text{Kcal}$$

Para temperatura de 573.15°K a 873.15°K

$$Q_{cmT15}^3 = 213,375(\text{Kg}) \times (0.18881 \text{Kcal/Kg} \cdot ^\circ\text{K}) \times (873.15 - 573.15) \text{ } ^\circ\text{K}$$

$$Q_{cmT15}^3 = 12'086,200.1 \text{Kcal}$$

Para mantener a una temperatura de 873.15°K

$$Q_{cmT15}^4 = 213,375(\text{Kg}) \times (0.18881 \text{Kcal/Kg} \cdot ^\circ\text{K}) \times (873.15) \text{ } ^\circ\text{K}$$

$$Q_{cmT15}^4 = 35'176,885.5 \text{Kcal}$$

Para temperatura de 873.15°K a 1073.15°K

$$Q_{cmT15}^5 = 213,375 (\text{Kg}) \times (0.18881 \text{Kcal/Kg} \cdot ^\circ\text{K}) \times (1073.15 - 873.15) \text{ } ^\circ\text{K}$$

$$Q_{cmT15}^5 = 8'057,466.8 \text{Kcal}$$

Para mantener a una temperatura de 1073.15°K

$$Q_{cmT15}^6 = 213,375(\text{Kg}) \times (0.18881 \text{Kcal/Kg} \cdot ^\circ\text{K}) \times (1073.15) \text{ } ^\circ\text{K}$$

$$Q_{cmT15}^6 = 43'234,352.2 \text{Kcal}$$

Para temperatura de 1073.15°K a 1223.15°K

$$Q_{cmT15}^7 = 213,375 (\text{Kg}) \times (0.18881 \text{Kcal/Kg} \cdot ^\circ\text{K}) \times (1223.15 - 1073.15) \text{ } ^\circ\text{K}$$

$$Q_{cmT15}^7 = 92'511,804.5 \text{Kcal}$$

Para mantener a una temperatura de 1223.15°K

$$Q_{cmT15}^8 = 213,375(\text{Kg}) \times (0.18881 \text{Kcal/Kg} \cdot ^\circ\text{K}) \times (1223.15) ^\circ\text{K}$$

$$Q_{cmT15}^8 = 49'277,452.3 \text{Kcal}$$

$$Q_{cm} = Q_{cmT15}^1 + Q_{cmT15}^2 + Q_{cmT15}^3 + Q_{cmT15}^4 + Q_{cmT15}^5 + Q_{cmT15}^6 + Q_{cmT15}^7 + Q_{cmT15}^8$$

$$Q_{cm} = 11'079,016.8 \text{ Kcal} + 12'086,200.1 \text{Kcal} + 8'057,466.8 \text{ Kcal} + 92'511,804.5$$

$$\text{Kcal} + 23'090,685.3 \text{ Kcal} + 35'176,885.5 \text{ Kcal} + 43'234,352.2 \text{ Kcal} +$$

$$49'277,452.3 \text{Kcal}$$

$$Q_{cm} = 274, 513,863.4 \text{ Kcal}$$

Ecuación que permite calcular el calor necesario para la cocción de ladrillo techo

12 que ingresa al horno móvil por base.

$$Q_{cm} = m_{se} * C_p * (T_{\text{final}} - T_{\text{inicial}}) \dots \dots \dots \text{Ec.27}$$

Donde:

Q_{cmT12} = Calor total por carga de los ladrillos Techo 15 a cocer.

Q_{cmT12}^1 = Calor por carga de ladrillos Techo 15 a cocer para llegar a 300°C

Q_{cmT12}^2 = Calor por carga de ladrillos Techo 15 a cocer para mantener a 300°C

Q_{cmT12}^3 = Calor por carga de ladrillos Techo 15 a cocer para llegar a 600°C

Q_{cmT12}^4 = Calor por carga de ladrillos Techo 15 a cocer para mantener a 600°C

Q_{cmT12}^5 = Calor por carga de ladrillos Techo 15 a cocer para llegar a 800°C

Q_{cmT12}^6 = Calor por carga de ladrillos Techo 15 a cocer para mantener a 800°C

Q_{cmT12}^7 = Calor por carga de ladrillos Techo 15 a cocer para llegar a 950°C

Q_{cmT12}^8 = Calor por carga de ladrillos Techo 15 a cocer para llegar a 950°C

Tabla 8

Temperaturas y tiempos de cocción de los ladrillos Techo 12 que ingresa al Horno Móvil

Calor	Temperatura inicial °C/°K	Temperatura Final °C/°K	Tiempo Horas
Q_{cmT12}	25 °C (298.15°K)	300°C (573.15°K)	3 horas
Q_{cmT12}	300°C (573.15°K)		3 horas
Q_{cmT12}	300°C (573.15°K)	600°C (873.15°K)	3 horas
Q_{cmT12}	600°C (873.15°K)		3 horas
Q_{cmT12}	600 °C (873.15°K)	800°C (1073.15°K)	3 horas
Q_{cmT12}	800°C (1073.15°K)		3 horas
Q_{cmT12}	800°C (1073.15°K)	950°C (1223.15°K)	3 horas
Q_{cmT12}	950°C (1223.15°K)		27 horas

Fuente: Temperaturas y tiempos de operación en la base del Horno Móvil

Se determina el calor por carga de los ladrillos Techo12 a cocer por base.

Para temperatura de 298.15°K a 573.15°K

$$Q_{cmT12} = 185,355 \text{ (Kg)} \times (0.18881 \text{ Kcal/Kg} \cdot \text{°K}) \times (573.15 - 298.15) \text{ °K}$$

$$Q_{cmT12} = 9'624,141.3 \text{ Kcal}$$

Para temperatura de 573.15°K a 873.15°K

$$Q_{cmT12} = 185,355 \text{ (Kg)} \times (0.18881 \text{ Kcal/Kg} \cdot \text{°K}) \times (873.15 - 573.15) \text{ °K}$$

$$Q_{cmT12} = 10'499,063.3 \text{ Kcal}$$

Para temperatura de 873.15°K a 1073.15°K

$$Q_{cmT12}=185,355 \text{ (Kg)} \times (0.18881 \text{ Kcal/Kg}^{\circ}\text{K}) \times (1073.15- 873.15) \text{ }^{\circ}\text{K}$$

$$Q_{cmT12}= 6'999,375.5 \text{ Kcal}$$

Para temperatura de 1073.15°K a 1223.15°K

$$Q_{cmT12}=185,355 \text{ (Kg)} \times (0.18881 \text{ Kcal/Kg}^{\circ}\text{K}) \times (1223.15- 1073.15) \text{ }^{\circ}\text{K}$$

$$Q_{cmT12}= 80'363,329.9 \text{ Kcal}$$

Para mantener a una temperatura de 573.15°K

$$Q_{cmT12}=185,355 \text{ (Kg)} \times (0.18881 \text{ Kcal/Kg}^{\circ}\text{K}) \times (573.15) \text{ }^{\circ}\text{K}$$

$$Q_{cmT12}= 20'058,460.4 \text{ Kcal}$$

Para mantener a una temperatura de 873.15°K

$$Q_{cmT12}=185,355 \text{ (Kg)} \times (0.18881 \text{ Kcal/Kg}^{\circ}\text{K}) \times (873.15) \text{ }^{\circ}\text{K}$$

$$Q_{cmT12}= 30'557,523.6 \text{ Kcal}$$

Para mantener a una temperatura de 1073.15°K

$$Q_{cmT12}=185,355 \text{ (Kg)} \times (0.18881 \text{ Kcal/Kg}^{\circ}\text{K}) \times (1073.15) \text{ }^{\circ}\text{K}$$

$$Q_{cmT12}= 37'556,899.1 \text{ Kcal}$$

Para mantener a una temperatura de 1223.15°K

$$Q_{cmT12}=185,355 \text{ (Kg)} \times (0.18881 \text{ Kcal/Kg}^{\circ}\text{K}) \times (1223.15) \text{ }^{\circ}\text{K}$$

$$Q_{cmT12}= 42'806,430.8 \text{ Kcal}$$

$$Q_{cm} = Q_{cmT12}^1 + Q_{cmT12}^2 + Q_{cmT12}^3 + Q_{cmT12}^4 + Q_{cmT12}^5 + Q_{cmT12}^6 + Q_{cmT12}^7 + Q_{cmT12}^8$$

$$Q_{cm} = 9'624,141.3 \text{Kcal} + 10'499,063.3 \text{Kcal} + 6'999,375.5 \text{Kcal} + 80'363,329.9 \text{Kcal} \\ + 20'058,460.4 \text{Kcal} + 30'557,523.6 \text{Kcal} + 37'556,899.1 \text{Kcal} + 42'806,430.8 \text{Kcal}$$

$$Q_{cm} = 238'465,223.9 \text{Kcal}$$

4.1.1.3 Calor para sacar la humedad del material (Q_{wm})

El ladrillo a cocer en el Horno Móvil se calienta a una temperatura de 100°C para evaporar el agua (humedad) de los ladrillos, se toma la entalpia de vaporización del agua a la temperatura de 100°C y la temperatura inicial del ladrillo a cocer es 25°C.

Para la evaluación de este calor en el Horno Móvil, se utiliza la siguiente expresión:

$$Q_{wm} = Q_{H2Oa} + Q_{H2Ob} \dots \dots \dots \text{Ec.32}$$

$$Q_{H2Oa} = m * C_{pH2O} * \Delta T_{H2O} \dots \dots \dots \text{Ec.33}$$

$$Q_{H2Ob} = m * \Delta H_{\text{agua}} \dots \dots \dots \text{Ec.34}$$

Donde:

Q_{H2O} = Calor del agua

m = Masa que contiene agua.

C_{pH2O} = Calor específico del agua

ΔT_{H2O} = Variación de la temperatura del agua

ΔH_{agua} = Entalpia de vaporización del agua

$Q_{wm \text{ kk18}}$ = Calor requerido para evaporar el agua del ladrillo King Kong 18 huecos

$Q_{wm \text{ PR}}$ = Calor del agua del ladrillo Pandereta raya

$Q_{wm T15}$ =Calor del agua del ladrillo Techo 15.

$Q_{wm T12}$ =Calor del agua del ladrillo Techo 12.

Para hallar la cantidad de agua (humedad) del ladrillo King Kong 18 huecos.

Donde:

M_{Tm} =201,500 Kg, ver tabla 4.

M_{sc} =199,225 Kg, ver tabla 4.

m = (201,500 - 199,225) Kg

m = 2,275 Kg

Para llevar el agua de 25°C a 100°C

Q_{H2Oa} = $m \cdot C_{pH2O} \cdot \Delta T_{H2O}$ Ec.33

Q_{H2Oa} =2,275 Kg*1 Kcal/Kg-°K*(373-298) °K

Q_{H2Oa} =170,625 Kcal

Para evaporar el agua a 100°C

Q_{H2Ob} = $m \cdot \Delta H_{agua}$Ec.34

Q_{H2Ob} = 2,275Kg*540 Kcal/Kg

Q_{H2Ob} =1 228,500Kcal

Q_{wmKK18} = Q_{H2Oa} + Q_{H2Ob}Ec.32

Q_{wmKK18} =170,625 Kcal + 1 228,500Kcal.

Q_{wmKK18} =1 399,125 Kcal

Para hallar la cantidad de agua (humedad) para el ladrillo pandereta rayas

Donde:

$$M_{Tm}=187,000\text{Kg, ver tabla 4.}$$

$$M_{se}= 181,050 \text{ Kg, ver tabla 4.}$$

$$m= (187,000- 181,050) \text{ Kg}$$

$$m= 5,950\text{Kg}$$

Para llevar el agua de 25°C a 100°C

$$Q_{H_2Oa}=m \cdot C_{p_{H_2O}} \cdot \Delta T_{H_2O} \dots\dots\dots \text{Ec.33}$$

$$Q_{H_2Oa}=5,950\text{Kg} \cdot 1 \text{ Kcal/Kg} \cdot ^\circ\text{K} \cdot (373-298) \text{ } ^\circ\text{K}$$

$$Q_{H_2Oa}=446,250\text{Kcal}$$

Para evaporar el agua a 100°C

$$Q_{H_2Ob}=m \cdot \Delta H_{\text{agua}} \dots\dots\dots \text{Ec.34}$$

$$Q_{H_2Ob}= 5,950\text{Kg} \cdot 540 \text{ Kcal/Kg}$$

$$Q_{H_2Ob}= 3'218,950\text{Kcal}$$

$$Q_{wmPR} = Q_{H_2Oa} + Q_{H_2Ob} \dots\dots\dots \text{Ec.32}$$

$$Q_{wmPR} = 446,250\text{Kcal} + 3'218,950\text{Kcal.}$$

$$Q_{wmPR} = 3'665,200 \text{ Kcal}$$

Para hallar la cantidad (humedad) de agua para el ladrillo techo 15

Donde:

$$M_{Tm}=217,500\text{Kg, ver tabla 4.}$$

$$M_{se}=213,375\text{Kg, ver tabla 4.}$$

$$m= (217,500- 213,375) \text{ Kg}$$

$$m= 4,125\text{Kg}$$

Para llevar el agua de 25°C a 100°C

$$Q_{H_2Oa}=m \cdot C_{p_{H_2O}} \cdot \Delta T_{H_2O} \dots\dots\dots \text{Ec.33}$$

$$Q_{H_2Oa}=4,125\text{Kg} \cdot 1 \text{Kcal/Kg} \cdot ^\circ\text{K} \cdot (373-298) \text{ } ^\circ\text{K}$$

$$Q_{H_2Oa}=309,375\text{Kcal}$$

Para evaporar el agua a 100°C

$$Q_{H_2Ob}=m \cdot \Delta H_{\text{agua}} \dots\dots\dots \text{Ec.34}$$

$$Q_{H_2Ob}= 4,125\text{Kg} \cdot 540 \text{Kcal/Kg}$$

$$Q_{H_2Ob}=1\ 228,500\text{Kcal}$$

$$Q_{wmT15} = Q_{H_2Oa} + Q_{H_2Ob} \dots\dots\dots \text{Ec.32}$$

$$Q_{wmT15} = 309,375\text{Kcal} + 2\ 235,750 \text{Kcal.}$$

$$Q_{wmT15} = 2\ 545,125 \text{Kcal}$$

Para hallar la cantidad de agua (humedad) para el ladrillo techo 12

Donde:

$$M_{Tm}=189,000\text{Kg, ver tabla 4.}$$

$$M_{se}=185,355\text{Kg, ver tabla 4.}$$

$$m= (189,000- 185,355) \text{ Kg}$$

$$m= 3,645\text{Kg}$$

Para llevar el agua de 25°C a 100°C

$$Q_{H_2Oa}=m \cdot C_{p_{H_2O}} \cdot \Delta T_{H_2O} \dots\dots\dots \text{Ec.33}$$

$$Q_{H_2Oa}=3,645\text{Kg} \cdot 1 \text{Kcal/Kg} \cdot ^\circ\text{K} \cdot (373-298) \text{ } ^\circ\text{K}$$

$$Q_{H_2Oa}=273,375\text{Kcal}$$

Para evaporar el agua a 100°C

$$Q_{H_2Ob}=m \cdot \Delta H_{\text{agua}} \dots\dots\dots \text{Ec.34}$$

$$Q_{H_2Ob}= 3,645\text{Kg} \cdot 540 \text{Kcal/Kg}$$

$$Q_{H_2Ob}= 1'979,235 \text{Kcal}$$

$$Q_{wm12} = Q_{H_2Oa} + Q_{H_2Ob} \dots\dots\dots \text{Ec.32}$$

$$Q_{wm12} = 273,375 \text{Kcal} + 1'979,235 \text{Kcal.}$$

$$Q_{wm12} = 2'252,610 \text{Kcal}$$

4.1.1.4 Pérdida de calor por la mampostería del horno al medio ambiente (radiación)(Q_{mp})

La pérdida de calor por radiación en la mampostería del horno se presenta por la diferencia de temperatura entre la mampostería y el medio ambiente a través del aire. Para determinar esta pérdida de calor por radiación se utilizan las siguientes expresiones:

Q_{mp} = Pérdida de calor de la mampostería del horno (radiación).

$$Q_{mp} = Q_{pa} + Q_{pu} + Q_{tec} \dots \dots \dots \text{Ec.35}$$

$$Q_{pa} = n * cp * \Delta T$$

$$Q_{pa} = n \int_{T_1}^{T_2} Cp dT \text{ Kcal/mol-kg}$$

$$Cp_{aire} = a + bT + cT^2 \dots \dots \dots \text{Ec.36}$$

$$Cp_{aire} = 6.557 + 1.477 * 10^{-3}T - 0.2148 * 10^{-6}T^2$$

$$Q_{mp} = n \int_{T_1}^{T_2} (6.557 + 1.477 * 10^{-3}T - 0.2148 * 10^{-6}T^2) dT$$

$$Q_{mp} = n [6.557(T_2 - T_1) + 1.477 * 10^{-3}(T_2^2 - T_1^2)/2 - 0.2148 * 10^{-6}(T_2^3 - T_1^3)/3]$$

Kcal/mol-kg

$$m = (160 \text{ kg/m}^3) * (15.30 * 2.96 * 1.00) \text{ m}^3$$

$$m = 55.4778 \text{ kg}$$

$$n = 55.4778 \text{ kg} / 28.97 \text{ kg/mol-kg}$$

$$n = 1.915 \text{ mol-kg}$$

Para determinar la pérdida de calor de la mampostería del Horno Móvil a través de las paredes, puertas y techo, se evalúa las temperaturas de la masa del aire que circunda en los alrededores del horno para cada caso respectivamente.

Tabla 9

Datos para determinar la pérdida de calor en la mampostería del Horno Móvil

DESCRIPCIÓN		VALOR	UNIDAD	VALOR	UNIDAD
ρ_l	Densidad volumétrica del ladrillo común.	1922.00	$\left(\frac{kg}{m^3}\right)$	-	-
$C_{O\text{ladrillo}}$	Calor específico del ladrillo común en el piso del horno.	0.79	$\frac{KJ}{Kg - ^\circ K}$	0.18881	$\frac{Kcal}{Kg - ^\circ K}$
ρ_{lr}	Densidad volumétrica del ladrillo refractario.	2400.00	$\left(\frac{kg}{m^3}\right)$	-	-
$C_{O\text{ladrillo}}$	Calor específico del ladrillo refractario en el piso del horno.	0.79	$\frac{KJ}{Kg - ^\circ K}$	0.18881	$\frac{Kcal}{Kg - ^\circ K}$
ρ_m	Densidad volumétrica de la manta de fibra cerámica.	160.00	$\left(\frac{kg}{m^3}\right)$		
$C_{O\text{fibra}}$	Calor específico de la manta de fibra cerámica.	0.71	$\frac{KJ}{Kg - ^\circ K}$	0.16969	$\frac{Kcal}{Kg - ^\circ K}$

Fuente: (Cengel, 2009)

Tabla 10

Temperatura de la pared, puerta, techo y el piso del Horno Móvil A 300°C

Punto de medición	Temperatura interna (°C)	Temperatura externa (°C)	Temperatura interna (°K)	Temperatura externa (°K)
Pared	300	38.7	573.15	311.85
Puerta	300	45.8	573.15	318.95
Techo	300	49.4	573.15	322.55
Piso kk18	300	31.9	573.15	305.05
Piso refractario	300	31.9	573.15	305.05

Nota: Las temperaturas externas son medidas con el pirómetro laser.

Tabla 11*Temperatura de la pared, puerta, techo y el piso del Horno Móvil A 600°C*

Punto de medición	Temperatura interna (°C)	Temperatura externa (°C)	Temperatura interna (°K)	Temperatura externa (°K)
Pared	600	40.3	873.15	313.45
Puerta	600	49.7	873.15	322.85
Techo	600	51.2	873.15	324.35
Piso kk18	600	38	873.15	311.15
Piso refractario	600	38	873.15	311.15

Nota: Las temperaturas externas son medidas con el pirómetro laser.

Tabla 12*Temperatura de la pared, puerta, techo y el piso del Horno Móvil A 800°C*

Punto de medición	Temperatura interna (°C)	Temperatura externa (°C)	Temperatura interna (°K)	Temperatura externa (°K)
Pared	800	51	1073.15	324.15
Puerta	800	58.4	1073.15	331.55
Techo	800	59.3	1073.15	332.45
Piso kk18	800	49	1073.15	322.15
Piso refractario	800	49	1073.15	322.15

Nota: Las temperaturas externas son medidas con el pirómetro laser.

Tabla 13

Temperatura de la pared, puerta, techo y el piso del Horno Móvil A 950°C

Punto de medición	Temperatura interna (°C)	Temperatura externa (°C)	Temperatura interna (°K)	Temperatura externa (°K)
Pared	950	54.1	1223.15	327.25
Puerta	950	53.4	1223.15	326.55
Techo	950	62.2	1223.15	335.35
Piso kk18	950	52	1223.15	325.15
Piso refractario	950	52	1223.15	325.15

Nota: Las temperaturas externas son medidas con el pirómetro laser.

Para determinar el calor para calentar las paredes del horno es:

$$Q_{pa} = n[6.557(T_2 - T_1) + 1.477 \cdot 10^{-3}(T_2^2 - T_1^2)/2 - 0.2148 \cdot 10^{-6}(T_2^3 - T_1^3)/3]$$

Con temperatura interior de 300°C y temperatura exterior de 38.7°C

$$Q_{pa} = 1.915 \text{ mol-kg} ((6.557 \cdot (311.85 - 573.15) + 1.477 \cdot 10^{-3}(311.85^2 - 573.15^2) / 2 - 0.2148 \cdot 10^{-6}(311.85^3 - 573.15^3) / 3) \text{ Kcal/mol-kg}$$

$$Q_{pa} = - 3,586.45 \text{ Kcal}$$

Con temperatura interior de 600°C y temperatura exterior de 40.3°C

$$Q_{pa} = 1.915 \text{ mol-kg} ((6.557 \cdot (311.85 - 873.15) + 1.477 \cdot 10^{-3}(313.45^2 - 873.15^2) / 2 - 0.2148 \cdot 10^{-6}(313.45^3 - 873.15^3) / 3) \text{ Kcal/mol-kg}$$

$$Q_{pa} = - 7,880.19 \text{ Kcal}$$

Con temperatura interior de 800°C y temperatura exterior de 51°C

$$Q_{pa} = 1.915 \text{ mol-kg} \left((6.557 \cdot (324.15 - 1073.15) + 1.477 \cdot 10^{-3} (324.15^2 - 1073.15^2)) / 2 - 0.2148 \cdot 10^{-6} (324.15^3 - 1073.15^3) / 3 \right) \text{ Kcal/mol-kg}$$

$$Q_{pa} = - 10,720.29 \text{ Kcal}$$

Con temperatura interior de 950°C y temperatura exterior de 54.1°C

$$Q_{pa} = 1.915 \text{ mol-kg} \left((6.557 \cdot (327.25 - 1223.15) + 1.477 \cdot 10^{-3} (327.25^2 - 1223.15^2)) / 2 - 0.2148 \cdot 10^{-6} (327.25^3 - 1223.15^3) / 3 \right) \text{ Kcal/mol-kg}$$

$$Q_{pa} = - 12,475.61 \text{ Kcal}$$

Para determinar el calor para calentar las puertas del horno es:

$$Q_{pu} = n(6.557(T_2 - T_1) + 1.477 \cdot 10^{-3}(T_2^2 - T_1^2) / 2 - 0.2148 \cdot 10^{-6}(T_2^3 - T_1^3) / 3)$$

Con temperatura interior de 300°C y temperatura exterior de 45.8°C

$$Q_{pu} = 1.915 \text{ mol-kg} \left((6.557 \cdot (318.95 - 573.15) + 1.477 \cdot 10^{-3} (318.95^2 - 573.15^2)) / 2 - 0.2148 \cdot 10^{-6} (318.95^3 - 573.15^3) / 3 \right) \text{ Kcal/mol-kg}$$

$$Q_{pu} = - 3,491.26 \text{ Kcal}$$

Con temperatura interior de 600°C y temperatura exterior de 49.7°C

$$Q_{pu} = 1.915 \text{ mol-kg} \left((6.557 \cdot (322.85 - 873.15) + 1.477 \cdot 10^{-3} (322.85^2 - 873.15^2)) / 2 - 0.2148 \cdot 10^{-6} (322.85^3 - 873.15^3) / 3 \right) \text{ Kcal/mol-kg}$$

$$Q_{pa} = - 7,754.09 \text{ Kcal}$$

Con temperatura interior de 800°C y temperatura exterior de 58.4°C

$$Q_{pu} = 1.915 \text{ mol-kg} \left((6.557 \cdot (331.55 - 1073.15) + 1.477 \cdot 10^{-3} (331.55^2 - 1073.15^2)) / 2 - 0.2148 \cdot 10^{-6} (331.55^3 - 1073.15^3) / 3 \right) \text{ Kcal/mol-kg}$$

$$Q_{pu} = - 10,620.84 \text{ Kcal}$$

Con temperatura interior de 950°C y temperatura exterior de 53.4°C

$$Q_{pu} = 1.915 \text{ mol-kg} \left((6.557 \cdot (326.55 - 1223.15) + 1.477 \cdot 10^{-3} (326.55^2 - 1223.15^2)) \right. \\ \left. / 2 - 0.2148 \cdot 10^{-6} (326.55^3 - 1223.15^3) \right) / 3 \text{ Kcal/mol-kg}$$

$$Q_{pu} = - 12,484.96 \text{ Kcal}$$

Para determinar el calor para calentar el techo del horno es:

$$Q_{tec} = n \left(6.557(T_2 - T_1) + 1.477 \cdot 10^{-3} (T_2^2 - T_1^2) / 2 - 0.2148 \cdot 10^{-6} (T_2^3 - T_1^3) / 3 \right) \text{ Kcal/mol-kg}$$

Con temperatura interior de 300°C y temperatura exterior de 49.4°C

$$Q_{tec} = 1.915 \text{ mol-kg} \left((6.557 \cdot (322.55 - 573.15) + 1.477 \cdot 10^{-3} (322.55^2 - 573.15^2)) \right. \\ \left. / 2 - 0.2148 \cdot 10^{-6} (322.55^3 - 573.15^3) \right) / 3 \text{ Kcal/mol-kg}$$

$$Q_{tec} = - 3,442.94 \text{ Kcal}$$

Con temperatura interior de 600°C y temperatura exterior de 51.2°C

$$Q_{tec} = 1.915 \text{ mol-kg} \left((6.557 \cdot (324.35 - 873.15) + 1.477 \cdot 10^{-3} (324.35^2 - 873.15^2)) \right. \\ \left. / 2 - 0.2148 \cdot 10^{-6} (324.35^3 - 873.15^3) \right) / 3 \text{ Kcal/mol-kg}$$

$$Q_{tec} = - 7,733.94 \text{ Kcal}$$

Con temperatura interior de 800°C y temperatura exterior de 59.3°C

$$Q_{tec} = 1.915 \text{ mol-kg} \left((6.557 \cdot (332.45 - 1073.15) + 1.477 \cdot 10^{-3} (332.45^2 - 1073.15^2)) \right. \\ \left. / 2 - 0.2148 \cdot 10^{-6} (332.45^3 - 1073.15^3) \right) / 3 \text{ Kcal/mol-kg}$$

$$Q_{tec} = - 10,608.73 \text{ Kcal}$$

Con temperatura interior de 950°C y temperatura exterior de 62.2°C

$$Q_{tec} = 1.915 \text{ mol-kg} \left[(6.557 \cdot (335.35 - 1223.15) + 1.477 \cdot 10^{-3} (335.35^2 - 1223.15^2)) \right. \\ \left. / 2 - 0.2148 \cdot 10^{-6} (335.35^3 - 1223.15^3) \right] / 3 \text{ Kcal/mol-kg}$$

$$Q_{tec} = - 12,367.41 \text{ Kcal}$$

La pérdida de calor por las paredes del Horno Móvil es:

$$Q_{pa} = \sum Q_{pa}(300^{\circ}\text{C}, 600^{\circ}\text{C}, 800^{\circ}\text{C} \text{ y } 950^{\circ}\text{C})$$

$$Q_{pa} = -3,586.45 + (-7,880.19) + (-10,720.29) + (-12,475.61)$$

$$Q_{pa} = -34,662.55 \text{ Kcal}$$

La pérdida de calor por las puertas del Horno Móvil es:

$$Q_{pu} = \sum Q_{pu}(300^{\circ}\text{C}, 600^{\circ}\text{C}, 800^{\circ}\text{C} \text{ y } 95^{\circ}\text{C})$$

$$Q_{pu} = -3,491.26 + 7,754.09 + 10,620.84 + 12,484.96$$

$$Q_{pu} = -34,351.14 \text{ Kcal}$$

La pérdida de calor por el techo del Horno Móvil es:

$$Q_{tec} = \sum Q_{tec}(300^{\circ}\text{C}, 600^{\circ}\text{C}, 800^{\circ}\text{C} \text{ y } 95^{\circ}\text{C})$$

$$Q_{tec} = -3,442.94 + 7,733.94 + 10,608.73 + 12,367.41$$

$$Q_{tec} = -34,153.03 \text{ Kcal}$$

La pérdida de calor por la mampostería del Horno Móvil es:

Q_{mp} = Perdida de calor por las paredes del horno (radiación).

$$Q_{mp} = 2*Q_{pa} + 2*Q_{pu} + Q_{tec} \dots \dots \dots \text{Ec.35}$$

$$Q_{mp} = 2*34,662.55 \text{ Kcal} + 2*34,351.14 \text{ Kcal} + 34,153.03 \text{ Kcal}$$

$$Q_{mp} = -172,180.40 \text{ Kcal}$$

4.1.1.5 Calor por humedad de aire (Q_{wa}).

Es el calor que se requiere para eliminar la humedad que presenta el aire, la humedad depende de las condiciones atmosféricas del lugar, este calor proviene de la combustión del aserrín, influenciando en su consumo.

Q_{wa} = Calor por humedad de aire

$Q_{wa} = n * C_p \text{ agua} \dots \dots \dots \text{Ec.37}$

Calculo el cálculo del volumen del aire seco, se utilizaron datos determinados en la propia planta:

Calculo de la humedad relativa del aire.

$T_{\text{ambiente}} = 25^\circ\text{C}$

Presión de vapor a la temperatura de 25°C

$P_{\text{vapor}} = 23.776 \text{ mmHg}$

$T_{\text{saturación}} = 10^\circ\text{C}$

Presión de vapor a la temperatura de 10°C

$P_{\text{vapor}} = 8.613 \text{ mmHg}$

$\%H = (P_{\text{vapor}(10^\circ\text{C})} / P_{\text{vaporAmbiente}(25^\circ\text{C})}) * 100\%$

$\%H = (8.613 \text{ mmHg} / 23.776 \text{ mmHg}) * 100\%$

$\%H = 36.22\%$

1. Calculo del volumen total de aire de alimentación que ingresa al horno en operación(48horas) a través de las ocho bombas(motor)

Caudal nominal_(bomba) = 50L/min

Rendimiento del motor = 85%

$$V_{\text{aire}} = 50 \frac{\text{L}}{\text{min}} * 0.85 * 48\text{h} * \frac{1\text{m}^3}{1000\text{L}} * \frac{60\text{min}}{1\text{h}}$$

$$V_{\text{aire}}=122.4\text{m}^3$$

$$\text{Vapor}_{\text{agua}}=122.4*0.3622=44.333 \text{ m}^3$$

$$\text{Aire}_{\text{seco}}=122.4*0.6378=78.066 \text{ m}^3$$

Densidad = masa/volumen

$$m=0.025\text{kg}/\text{m}^3*44.333 \text{ m}^3$$

$$m=1.108\text{kg}$$

$$n=1.108\text{kg}/18\text{kg}/\text{mol}\text{-kg}$$

$$n=0.0615\text{mol}\text{-kg}$$

$$Q_{\text{agua}}= n * c_p * \Delta T = n \int_{T_1}^{T_2} C_p dT$$

$$C_{p\text{agua}} = a + bT + cT^2 \dots\dots\dots \text{Ec.38}$$

Para la evaluación de este calor se utiliza la siguiente expresión:

$$Q_{\text{wa}} = n * C_p \text{ agua} \dots\dots\dots \text{Ec.37}$$

$$C_p \text{ agua}_{\text{gas}} = [7.219(T_2 - T_1) + 2.374 * 10^{-3}(T_2^2 - T_1^2)/2 + 0.267 * 10^{-6}(T_2^3 - T_1^3) / 3]$$

Kcal/mol-kg

$$Q_{\text{wa}} = 0.0615\text{mol}\text{-kg} * [7.219(T_2 - T_1) + 2.374 * 10^{-3}(T_2^2 - T_1^2)/2 + 0.267 * 10^{-6}(T_2^3 - T_1^3) / 3]$$

$$Q_{\text{wa}} = 0.0615\text{mol}\text{-kg} * [7.219(1223.15 - 298.15) + 2.374 * 10^{-3}(1223.15^2 - 298.15^2) / 2 + 0.267 * 10^{-6}(1223.15^3 - 298.15^3) / 3] \text{ Kcal}/\text{mol}\text{-kg}$$

$$Q_{\text{wa}} = 601.17 \text{ Kcal por cada motor}$$

Número total de motores que alimentan aire a los quemadores del horno

$$Q_{\text{wa}} = \text{cantidad}_{\text{motor}} * 601.17 \text{ Kcal}$$

$$Q_{\text{wa}} = 8 * 601.17 \text{ Kcal}$$

$$Q_{\text{wa}} = 4,809.36 \text{ Kcal}$$

4.1.1.6 Evacuación de calor por humos (Q_h)

Del total del calor requerido para la cocción de los ladrillos se considera el 5% de fuga de calor en los humos, energía proporcionada por el aserrín que no es utilizada en la cocción.

Q_h = Calor por humos

$$Q_h = Q_O + Q_{cm} + Q_{wm} + Q_{mp} + Q_{wa} \dots \dots \dots \text{Ec.39}$$

Para los ladrillos King Kong 18 huecos

$$Q_{hkk18} = (3'975,141.17 \text{ Kcal} + 175'576,611.19 \text{ Kcal} + 1'399,125 \text{ Kcal} + 172,180.40$$

$$\text{Kcal} + 4,809.36 \text{ Kcal}) * 0.05$$

$$Q_{hkk18} = 181'127,867.12 \text{ Kcal} * 0.05$$

$$Q_{hkk18} = 9'056,393.36 \text{ Kcal}$$

Para los ladrillos pandereta rayas

$$Q_{hPR} = 3'975,141.17 \text{ Kcal} + 232'926,701.7 \text{ Kcal} + 3'665,200 \text{ Kcal} + 172,180.40$$

$$\text{Kcal} + 4,809.36 \text{ Kcal}$$

$$Q_{hPR} = 240'744,032.63 \text{ Kcal} * 0.05$$

$$Q_{hPR} = 12'037,201.63 \text{ Kcal}$$

Para los ladrillos techo 15

$$Q_h = 3'975,141.17 \text{ Kcal} + 274'513,863.4 \text{ Kcal} + 2'545,125 \text{ Kcal} + 172,180.40 \text{ Kcal} \\ + 4,809.36 \text{ Kcal}$$

$$Q_{hT15} = 281'211,118.93 \text{ Kcal} * 0.05$$

$$Q_{hT15} = 14'060,555.95 \text{ Kcal}$$

Para los ladrillos techo 12

$$Q_h = 3'975,141.17 \text{ Kcal} + 238'465,223.9 \text{ Kcal} + 2'252,610 \text{ Kcal} + 172,180.40 \text{ Kcal} \\ + 4,809.36 \text{ Kcal}$$

$$Q_{hT12} = 244'869,964.83 \text{ Kcal} * 0.05$$

$$Q_{hT12} = 12'243,498.24 \text{ Kcal}$$

4.1.1.7 Calor suministrado teórico

Es la energía liberada por la combustión del aserrín para la cocción de los ladrillos.

$$Q_{\text{TOTAL}} = Q_{\text{O}} + Q_{\text{cm}} + Q_{\text{wm}} + Q_{\text{mp}} + Q_{\text{wa}} + Q_{\text{h}} \dots \dots \dots \text{Ec1}$$

Para King Kong 18 huecos

$$Q_{\text{htotalKK18}} = 3'975,141.17 \text{ Kcal} + 175'576,611.19 \text{ Kcal} + 1'399,125 \text{ Kcal} + 172,180.40 \text{ Kcal} + 4,809.36 \text{ Kcal} + 9'056,393.36 \text{ Kcal}$$

$$Q_{\text{htotalKK18}} = 190'184,260.48 \text{ Kcal}$$

Para pandereta rayas

$$Q_{\text{totalPR}} = 3'975,141.17 \text{ Kcal} + 232'926,701.7 \text{ Kcal} + 3'665,200 \text{ Kcal} + 172,180.40 \text{ Kcal} + 4,809.36 \text{ Kcal} + 12'037,201.63 \text{ Kcal}$$

$$Q_{\text{totalPR}} = 252'781,234.26 \text{ Kcal}$$

Para techo 15

$$Q_{\text{totalT15}} = 3'975,141.17 \text{ Kcal} + 274'513,863.4 \text{ Kcal} + 2'545,125 \text{ Kcal} + 172,180.40 \text{ Kcal} + 4,809.36 \text{ Kcal} + 14'060,555.95 \text{ Kcal}$$

$$Q_{\text{totalT15}} = 295'271,674.88 \text{ Kcal}$$

Para techo 12

$$Q_{\text{totalT12}} = 3'975,141.17 \text{ Kcal} + 238'465,223.9 \text{ Kcal} + 2'252,610 \text{ Kcal} + 172,180.40 \text{ Kcal} + 4,809.36 \text{ Kcal} + 12'243,498.24 \text{ Kcal}$$

$$Q_{\text{totalT12}} = 257'113,463.07 \text{ Kcal}$$

Para determinar la cantidad de combustible teórico a utilizar, igualamos el calor requerido para el proceso de cocción para cada tipo de ladrillo y su requerimiento energético proveniente del aserrín utilizado como combustible, se tiene la siguiente relación:

Tabla 14

Datos del aserrín

DESCRIPCIÓN		VALOR	UNIDAD
$\Delta H_{\text{aserrín}}$	Calor latente de combustión del aserrín	8000	$\frac{\text{KCal}}{\text{Kg} - ^\circ\text{K}}$

Nota: (CENGEL, 2009)

$$Q_{\text{TOTAL}} = Q_{\text{aserrín}}$$

$$Q_{\text{aserrín}} = M_{\text{Aserrín}} * \Delta H_{\text{aserrín}} \dots\dots\dots \text{Ec.40}$$

$$M_{\text{Aserrín}} = Q_{\text{TOTAL}} / \Delta H_{\text{aserrín}}$$

Donde:

$Q_{\text{Aserrín}}$ = Calor de combustión del aserrín

$\Delta H_{\text{aserrín}}$ = entalpia de la madera

$M_{\text{Aserrín}}$ = masa del aserrín en Kg

Para los ladrillos King Kong 18 huecos

$$M_{\text{Aserrín}} = Q_{\text{TOTAL}} / \Delta H_{\text{aserrín}} \dots\dots\dots \text{Ec.40}$$

$$Q_{\text{totalkk18}} = 190'184,260.48 \text{ Kcal}$$

$$M_{\text{Aserrín kk18}} = 190'184,260.48 \text{ Kcal} / 8000 \frac{\text{KCal}}{\text{Kg} - ^\circ\text{K}}$$

$$M_{\text{Aserrín kk18}} = 23,773.03 \text{ kg}$$

Para los ladrillos pandereta rayas

$$M_{\text{Aserrín}} = Q_{\text{TOTAL}} / \Delta H_{\text{aserrín}} \dots\dots\dots \text{Ec.40}$$

$$Q_{\text{totalPR}} = 252'781,234.26 \text{ Kcal}$$

$$M_{\text{AserrínPR}} = 252'781,234.26 \text{ Kcal} / 8000 \frac{\text{Kcal}}{\text{Kg} \cdot ^\circ\text{K}}$$

$$M_{\text{AserrínPR}} = 31,597.65 \text{ kg}$$

Para los ladrillos techo 15

$$M_{\text{Aserrín}} = Q_{\text{TOTAL}} / \Delta H_{\text{aserrín}} \dots\dots\dots \text{Ec.40}$$

$$Q_{\text{totalT15}} = 295,271,674.88 \text{ Kcal}$$

$$M_{\text{AserrínT15}} = 295,271,674.88 \text{ Kcal} / 8000 \frac{\text{Kcal}}{\text{Kg} \cdot ^\circ\text{K}}$$

$$M_{\text{AserrínT15}} = 36,908.96 \text{ kg}$$

Para los ladrillos techo 12

$$M_{\text{Aserrín}} = Q_{\text{TOTAL}} / \Delta H_{\text{aserrín}} \dots\dots\dots \text{Ec.40}$$

$$Q_{\text{totalT12}} = 257'113,463.07 \text{ Kcal}$$

$$M_{\text{AserrínT12}} = 257'113,463.07 \text{ Kcal} / 8000 \frac{\text{Kcal}}{\text{Kg} \cdot ^\circ\text{K}}$$

$$M_{\text{AserrínT12}} = 32,139.18 \text{ kg}$$

4.1.1.8 Calor de entrada.

Es el consumo real de aserrín utilizado en el Horno Móvil, considerando como materia seca la sustancia productora de calor que se tiene en la tabla con un porcentaje del 0.6626 de aserrín seco.

Aserrín con humedad = 33.74%

Aserrín seco a utilizar =66.26%

Tabla 15

Cantidad de aserrín disponible utilizado en el Horno Móvil para la cocción

<i>Tipo de ladrillo</i>	Masa de aserrín utilizado en la cocción (kg)	Porcentaje de humedad del aserrín	Masa de aserrín seco aprovechado en la cocción (kg)
KK18 Huecos	51,145	33.74%	33,889
Pandereta Rayas	81,302	33.74%	53,871
Techo 15	100,594	33.74%	66,654
Techo 12	86,655	33.74%	57,418

Fuente: Área contable de la empresa.

Nota: Para cada tipo de ladrillos se requiere la cantidad de aserrín utilizado en la quema del Horno Móvil.

Tabla 16

Cantidad de aserrín teórico para la cocción de cada tipo de ladrillo

Tipo de ladrillo	Masa de aserrín teórico (kg)
<i>KK18 Huecos</i>	23,773
<i>Pandereta Rayas</i>	31,598
<i>Techo 15</i>	36,909
<i>Techo 12</i>	32,139

Nota: Para cada tipo de ladrillos se requiere la cantidad de aserrín seco teórico en la quema del Horno Móvil.

4.1.1.9 Rendimiento del Horno móvil

El rendimiento de aserrín utilizado para la cocción de ladrillos en el Horno Móvil.

Para los ladrillos King Kong 18 huecos

$$\% \text{Rendimiento}_{\text{kk18}} = \frac{23,773 \text{ kg}}{33,889 \text{ kg}} * 100\%$$

$$\% \text{Rendimiento}_{\text{kk18}} = 70.15 \%$$

Para los ladrillos pandereta rayas

$$\% \text{Rendimiento}_{\text{kk18}} = \frac{31,598 \text{ kg}}{53,871 \text{ kg}} * 100\%$$

$$\% \text{Rendimiento}_{\text{kk18}} = 58.65\%$$

Para los ladrillos techo 15

$$\% \text{Rendimiento}_{\text{kk18}} = \frac{36,909 \text{ kg}}{66,654 \text{ kg}} * 100\%$$

$$\% \text{Rendimiento}_{\text{kk18}} = 55.37\%$$

Para los ladrillos techo 12

$$\% \text{Rendimiento}_{\text{kk18}} = \frac{32,139 \text{ kg}}{57,418 \text{ kg}} * 100\%$$

$$\% \text{Rendimiento}_{\text{kk18}} = 55.97\%$$

4.2 Aportes en la solución del problema

Según los cálculos realizados se determina el consumo de calor requerido para la cocción de 65,000 ladrillos King Kong 18 huecos, 85,000 ladrillos de pandereta rayas, 25,000 ladrillos de Techo 15 y 27,000 ladrillos de Techo 12, en la cocción de estos ladrillos respectivamente por cada base del Horno Móvil, se puede apreciar en la tabla 15.

Tabla 17

Balance termodinámica en la ladrillera

Tipo de ladrillo	Calor acumulado en la mampostería Q_o	Calor por carga del material a cocer Q_{cm}	Calor para sacar la humedad del material Q_{wm}	Calor por humedad del aserrín Q_{wc}	Calor por humedad de aire Q_{wa}	Evacuación de calor por humos (Q_h)
King Kong 18 huecos	3'975,141.17 Kcal	175'576,611.19 Kcal	1'399,125 Kcal	172,180.40 Kcal	4,809.36 Kcal	9'056,393.36 Kcal
<i>Pandereta Rayas</i>	3'975,141.17 Kcal	232'926,701.7 Kcal	3'665,200 Kcal	172,180.40 Kcal	4,809.36 Kcal	12'037,201.63 Kcal
<i>Techo 15</i>	3'975,141.17 Kcal	274,513,863.4 Kcal	2'545,125 Kcal	172,180.40 Kcal	4,809.36 Kcal	14'060,555.95 Kcal
<i>Techo 12</i>	3'975,141.17 Kcal	238'465,223.9 Kcal	2'252,610 Kcal	172,180.40 Kcal	4,809.36 Kcal	12'243,498.24 Kcal

Nota: Calor necesario según tipo de ladrillos

El primer aporte resultante de este estudio es quitar la humedad del aserrín mediante un sistema de aprovechamiento de los gases de combustión para secar el material combustible, y así evitar el ingreso de agua a la cocción de los ladrillos que estaría consumiendo el material combustible innecesariamente.

El segundo aporte es diseñar un sistema interconectado de los gases de combustión a la bomba centrífuga que disminuya la humedad del aire y precaliente el mismo para mejorar la combustión y obtener mejor rendimiento calórico.

4.3 Resultados

En lo que corresponde al tema de suficiencia profesional mencionare los resultados obtenidos para los ladrillos King Kong 18 huecos, pandereta rayas, techo 15 y techo 12, todos ellos referidos a la buena utilización del material combustible para alcanzar las temperaturas optimas de cocción, requieren 188'715,179.23 Kcal, 248'932,774.26 Kcal, 292'599,293.63 Kcal, 254'748,222.57 Kcal, y el uso de aserrín da como rendimiento 70.15 % para King Kong 18 huecos, 58.65 % para pandereta rayas, 55.37 % para techo 15 y 55.97 % para techo 12.

CONCLUSIONES

- En el balance termodinámico para 65,000 ladrillos de King Kong 18 huecos de una base del Horno Móvil, se determinó que la cantidad de calor utilizado en el proceso de cocción es de 188'715,179.23 Kcal, requiriendo aserrín seco la cantidad teórico de 23,773 kg, siendo el aserrín seco la cantidad utilizada de 33,888.68 kg con un rendimiento del 70.15%.
- En el balance termodinámico para 85,000 ladrillos de pandereta rayas de una base del Horno Móvil, se determinó la cantidad de calor utilizado en el proceso de cocción es de 188'715,179.23 Kcal, requiriendo aserrín seco la cantidad teórico 31,598 kg, siendo el aserrín seco la cantidad utilizada de 53,871 kg con un rendimiento del 58.65%.
- En el balance termodinámico para 25,000 ladrillos de Techo 15 de una base del Horno Móvil, se determinó la cantidad de calor utilizado en el proceso de cocción es de 188'715,179.23 Kcal, requiriendo aserrín seco la cantidad teórico de 36,909 kg, siendo el aserrín seco la cantidad utilizada de 66,654 kg con un rendimiento del 55.37%.
- En el balance termodinámico para 27,000 ladrillos de Techo 12 de una base del Horno Móvil, se determinó la cantidad de calor utilizado en el proceso de cocción es de 188'715,179.23 Kcal, requiriendo aserrín seco la cantidad teórico 32,139 kg, siendo el aserrín seco la cantidad utilizada de 57,418 kg con un rendimiento del 55.97%.

RECOMENDACIONES

- Se recomienda a la empresa diseñar un proceso para quitar la humedad del aserrín mediante un sistema de aprovechamiento de los gases de combustión para secar el material combustible, y así evitar el ingreso de agua a la cocción de los ladrillos que estaría consumiendo el material combustible innecesariamente.
- A la empresa diseñar un sistema interconectado a la bomba centrífuga que disminuya la humedad del aire y precaliente el mismo para mejorar el calor de combustión.
- Se recomienda hacer programaciones de producción de los ladrillos King Kong 18 huecos, pandereta rayas, techo 15 y techo 12 en forma continua para el aprovechamiento de calor remanente en la mampostería.
- Diseñar un programa de mantenimiento de los ductos del Horno Móvil, para mejorar la eficiencia de salida de los gases de combustión.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALACEP. (2017). *Industria ladrillera mueve al año S/ 1,600 millones*. Obtenido de Consulta: 29 octubre 2023: <https://gestion.pe/economia/industria-ladrillera-mueve-ano-s-1-600-millones-alacep-144334-noticia/?ref=gesr>
- CENGEL, Y. (2009). *Transferencia de Calor y de masa. Un enfoque práctico*. México D.F: McGraw Hill Interamericana.
- Esparza, F. (2017). *Combustible solido, liquidos y gaseoso*. Obtenido de Bomberos de Navarra. España : chrome-extension://efaidnbmnnhttps://www.bomberosdenavarra.com/documentos/ficheros_documentos/combustibles.pdf
- Manta de fibra ceràmica STD 1260 °C.* (s.f). Obtenido de Aisla Perú : <https://aislaperu.com/categoria-producto/caliente/fibra-ceramica/>
- Regueira Gay, R., López López, V., & Guaita Fernández, M. (2011). *Modelización por métodos numéricos de la degradación térmica de un elemento estructural de madera en situación de incendio*. Obtenido de https://oa.upm.es/12514/1/INVE_MEM_2011_105441.pdf
- Vera Duarte, L. (2016). *Combustion Basica*.

ANEXOS

Anexo 1. Nota Biográfica



ESTHEFANI YULIANA MORALES NIÑO

Nació el 22 de abril de 1994 en el distrito, provincia y departamento de Huánuco. Realizó sus estudios de Educación Primaria en la Institución Educativa “Escuela Santa María de Fatima. Su educación secundaria en la Institución Educativa Particular “Amadeus Mozart”. En el año 2013 ingresó a la Facultad de Ingeniería Industrial y de Sistemas de la Universidad Nacional Hermilio Valdizán, donde se graduó de bachiller en Ingeniería Industrial. Durante su experiencia laboral del 2019 hasta la actualidad desempeña como Especialista en Seguridad y Salud en el Trabajo de la empresa Ladrillos Cerámicos Chapacúete. Actualmente realiza diversas asesorías a empresas privadas.

Anexo 2. Acta de sustentación



DECANATO

FACULTAD DE INGENIERÍA
INDUSTRIAL Y DE SISTEMAS

ACTA DE SUSTENTACIÓN DEL TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL

En la ciudad universitaria de Cayhuayna, siendo las ...12:00... horas del día 30 de Mayo del 2024, nos reunimos en la Sala de sustentaciones de la Facultad de Ingeniería Industrial y de Sistemas de la UNHEVAL, los miembros integrantes del Jurado Evaluador:

Dr. MARIN MOZOMBITE MANUEL	PRESIDENTE
Dr. HILARIO CARDENAS JORGE RUBEN	SECRETARIO
Dr. VARGAS RONCAL ROSARIO	VOCAL

Acreditados mediante Resolución N° 0690-2023-UNHEVAL/FIIS-D, de fecha **30 de noviembre del 2023**, del **TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL**, titulada: "EVALUACIÓN TÉRMICA DEL HORNO MÓVIL DE LA EMPRESA LADRILLOS CERÁMICOS CHAPACUETE-2023", presentada por la titulando: **MORALES NIÑO ESTHEFANI YULIANA**, bajo el asesoramiento del docente **Mg. BALLARTE ZEVALLOS CARLOS OSCAR**, se procedió a dar inicio el acto de sustentación para optar el **Título Profesional de Ingeniero Industrial**.

Concluido el acto de sustentación, cada miembro del Jurado Evaluador procedió a la evaluación de la titulando, teniendo presente los siguientes criterios:

1. Presentación
2. Exposición y dominio del tema
3. Absolución de preguntas

Nombres y Apellidos de la Titulando	Jurado Evaluador			Promedio Final
	Presidente	Secretario	Vocal	
MORALES NIÑO ESTHEFANI YULIANA	17	17	17	17

Obteniendo en consecuencia la titulando: **MORALES NIÑO ESTHEFANI YULIANA** la nota de Diecisiete (...17...), equivalente a Muy Bueno por lo que se declara aprobado

Calificación que se realiza de acuerdo con el Art. 71° del Reglamento General de Grados y Títulos 2024 de la UNHEVAL.

Se da por finalizado el presente acto, siendo las ... horas, del día 30 de Mayo del 2024, firmando en señal de conformidad.

PRESIDENTE
DNI N° 22411038

SECRETARIO
DNI N° 07230761

VOCAL
DNI N° 22412064

Leyenda:

19 a 20: Excelente
17 a 18: Muy Bueno
14 a 16: Bueno
0 a 13: Desaprobado

Av. Universitaria 601-607- Ciudad Universitaria - Cayhuayna - Pillco Marca -Pabellón IV-Segundo Piso.
Correo Electrónico: dfiis@unheval.edu.pe.

EMPRESA
SOCIEDAD
UNIVERSIDAD

Anexo 3. Constancia de Similitud



UNIVERSIDAD NACIONAL "HERMILIO VALDIZÁN"

Licenciada con Resolución del Consejo Directivo N° 099-2019-S/UNEDU/CD

FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL Y DE SISTEMAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

CONSTANCIA DE SIMILITUD N° 07-2024 SOFTWARE ANTIPLAGIO


TURNITIN-FIIS-UNHEVAL.

La Unidad de Investigación de la Facultad de Ingeniería Industrial y de Sistemas, emite la presente constancia de Antiplagio, aplicando el Software TURNITIN, la cual reporta un 4% de similitud, correspondiente al interesado (a) **ESTHEFANI YULIANA MORALES NIÑO**. Del trabajo de suficiencia profesional **EVALUACIÓN TÉRMICA DEL HORNO MÓVIL DE LA EMPRESA LADRILLOS CERÁMICOS CHAPACUETE - 2023**, considerado como asesor(a) al Mg. CARLOS OSCAR BALLARTE ZEVALLOS.

DECLARANDO (APTO)

Se expide la presente, para los trámites pertinentes

Pillco Marca, 4 de junio 2024


Dr. (a) *Guadalupe Ramírez Reyes*
Director(a) de la Unidad de Investigación
de la Facultad de Ingeniería Industrial y de Sistemas
UNHEVAL

Reporte de similitud

NOMBRE DEL TRABAJO

**EVALUACIÓN TÉRMICA DEL HORNO MÓ
VIL DE LA EMPRESA LADRILLOS CERÁM
ICOS CHAPACUETE -2023**

AUTOR

ESTHEFANI YULIANA MORALES NIÑO

RECuento DE PALABRAS

15874 Words

RECuento DE CARACTERES

85533 Characters

RECuento DE PÁGINAS

112 Pages

TAMAÑO DEL ARCHIVO

6.5MB

FECHA DE ENTREGA

Jun 4, 2024 11:44 AM GMT-5

FECHA DEL INFORME

Jun 4, 2024 11:45 AM GMT-5

● **4% de similitud general**

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para cada base de datos.

- 4% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 1% Base de datos de trabajos entregados
- 0% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Crossref

● **Excluir del Reporte de Similitud**

- Material bibliográfico
- Material citado
- Material citado
- Coincidencia baja (menos de 15 palabras)

Reporte de similitud

● 4% de similitud general

Principales fuentes encontradas en las siguientes bases de datos:

- 4% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 1% Base de datos de trabajos entregados
- 0% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Crossref

FUENTES PRINCIPALES

Las fuentes con el mayor número de coincidencias dentro de la entrega. Las fuentes superpuestas no se mostrarán.

1	docplayer.es Internet	1%
2	dspace.ups.edu.ec Internet	<1%
3	repositorio.utc.edu.ec Internet	<1%
4	repositorio.ucv.edu.pe Internet	<1%
5	coursehero.com Internet	<1%
6	repositorio.unheval.edu.pe Internet	<1%
7	es.scribd.com Internet	<1%
8	peruconstruye.net Internet	<1%

Reporte de similitud

9	clubensayos.com Internet	<1%
10	repositorio.ulvr.edu.ec Internet	<1%
11	hdl.handle.net Internet	<1%
12	Universidad Cesar Vallejo on 2018-11-28 Submitted works	<1%

Anexo 4. Autorización de Publicación Digital



AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN DIGITAL Y DECLARACIÓN JURADA DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN PARA OPTAR UN GRADO ACADÉMICO O TÍTULO PROFESIONAL

1. Autorización de Publicación: (Marque con una "X")

Pregrado	<input checked="" type="checkbox"/>	Segunda Especialidad	<input type="checkbox"/>	Posgrado:	Maestría	<input type="checkbox"/>	Doctorado	<input type="checkbox"/>
Pregrado (tal y como está registrado en SUNEDU)								
Facultad	INGENIERÍA INDUSTRIAL Y DE SISTEMAS							
Escuela Profesional	INGENIERÍA INDUSTRIAL							
Carrera Profesional	INGENIERÍA INDUSTRIAL							
Grado que otorga	-----							
Título que otorga	INGENIERÍA INDUSTRIAL							
Segunda especialidad (tal y como está registrado en SUNEDU)								
Facultad	-----							
Nombre del programa	-----							
Título que Otorga	-----							
Posgrado (tal y como está registrado en SUNEDU)								
Nombre del Programa de estudio	-----							
Grado que otorga	-----							

2. Datos del Autor(es): (Ingrese todos los datos requeridos completos)

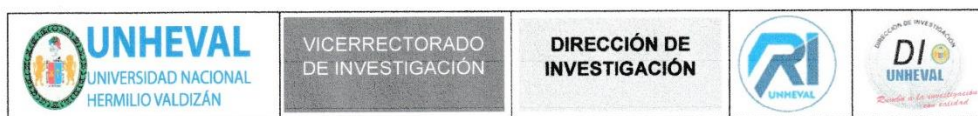
Apellidos y Nombres:	MORALES NIÑO ESTHEFANI YULIANA							
Tipo de Documento:	DNI	<input checked="" type="checkbox"/>	Pasaporte	<input type="checkbox"/>	C.E.	<input type="checkbox"/>	Nro. de Celular:	982238451
Nro. de Documento:	71919371			Correo Electrónico: morales9422yuliana@gmail.com				
Apellidos y Nombres:	-----							
Tipo de Documento:	DNI	<input type="checkbox"/>	Pasaporte	<input type="checkbox"/>	C.E.	<input type="checkbox"/>	Nro. de Celular:	-----
Nro. de Documento:	-----			Correo Electrónico: -----				
Apellidos y Nombres:	-----							
Tipo de Documento:	DNI	<input type="checkbox"/>	Pasaporte	<input type="checkbox"/>	C.E.	<input type="checkbox"/>	Nro. de Celular:	-----
Nro. de Documento:	-----			Correo Electrónico: -----				

3. Datos del Asesor: (Ingrese todos los datos requeridos completos según DNI, no es necesario indicar el Grado Académico del Asesor)

¿El Trabajo de Investigación cuenta con un Asesor?: (marque con una "X" en el recuadro del costado, según corresponda)	SI	<input checked="" type="checkbox"/>	NO	<input type="checkbox"/>				
Apellidos y Nombres:	BALLARTE ZEVALLOS CARLOS OSCAR			ORCID ID:	0000-0001-7440-1614			
Tipo de Documento:	DNI	<input checked="" type="checkbox"/>	Pasaporte	<input type="checkbox"/>	C.E.	<input type="checkbox"/>	Nro. de documento:	22405454

4. Datos del Jurado calificador: (Ingrese solamente los Apellidos y Nombres completos según DNI, no es necesario indicar el Grado Académico del Jurado)

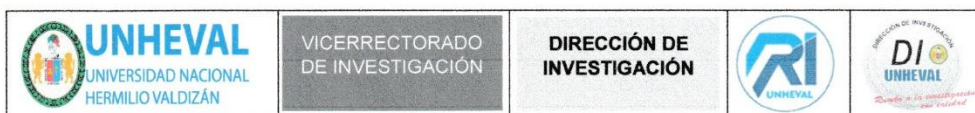
Presidente:	Dr. Marín Mozombite Manuel
Secretario:	Dr. Hilario Cárdenas Jorge R.
Vocal:	Dr. Vargas Roncal Rosario
Vocal:	-----
Vocal:	-----
Accesitario	Dra. Ramírez Reyes Guadalupe


5. Declaración Jurada: *(Ingrese todos los datos requeridos completos)*

a) Soy Autor (a) (es) del Trabajo de Investigación Titulado: <i>(Ingrese el título tal y como está registrado en el Acta de Sustentación)</i>	
EVALUACIÓN TÉRMICA DEL HORNO MÓVIL DE LA EMPRESA LADRILLOS CERÁMICOS CHAPACUETE -2023	
b) El Trabajo de Investigación fue sustentado para optar el Grado Académico ó Título Profesional de: <i>(tal y como está registrado en SUNEDU)</i>	
TITULO PROFESIONAL DE INGENIERO INDUSTRIAL	
c) El Trabajo de investigación no contiene plagio (ninguna frase completa o párrafo del documento corresponde a otro autor sin haber sido citado previamente), ni total ni parcial, para lo cual se han respetado las normas internacionales de citas y referencias.	
d) El trabajo de investigación presentado no atenta contra derechos de terceros.	
e) El trabajo de investigación no ha sido publicado, ni presentado anteriormente para obtener algún Grado Académico o Título profesional.	
f) Los datos presentados en los resultados (tablas, gráficos, textos) no han sido falsificados, ni presentados sin citar la fuente.	
g) Los archivos digitales que entrego contienen la versión final del documento sustentado y aprobado por el Jurado.	
h) Por lo expuesto, mediante la presente asumo frente a la Universidad Nacional Hermilio Valdizán (en adelante LA UNIVERSIDAD), cualquier responsabilidad que pudiera derivarse por la autoría, originalidad y veracidad del contenido del Trabajo de Investigación, así como por los derechos de la obra y/o invención presentada. En consecuencia, me hago responsable frente a LA UNIVERSIDAD y frente a terceros de cualquier daño que pudiera ocasionar a LA UNIVERSIDAD o a terceros, por el incumplimiento de lo declarado o que pudiera encontrar causas en la tesis presentada, asumiendo todas las cargas pecuniaras que pudieran derivarse de ello. Asimismo, por la presente me comprometo a asumir además todas las cargas pecuniaras que pudieran derivarse para LA UNIVERSIDAD en favor de terceros con motivo de acciones, reclamaciones o conflictos derivados del incumplimiento de lo declarado o las que encontraren causa en el contenido del trabajo de investigación. De identificarse fraude, piratería, plagio, falsificación o que el trabajo haya sido publicado anteriormente; asumo las consecuencias y sanciones que de mi acción se deriven, sometiéndome a la normatividad vigente de la Universidad Nacional Hermilio Valdizán.	



6. Datos del Documento Digital a Publicar: *(Ingrese todos los datos requeridos completos)*

Ingrese solo el año en el que sustentó su Trabajo de Investigación: <i>(Verifique la Información en el Acta de Sustentación)</i>			2024		
Modalidad de obtención del Grado Académico o Título Profesional: <i>(Marque con X según Ley Universitaria con la que inició sus estudios)</i>	Tesis	Tesis Formato Artículo	Tesis Formato Patente de Invención		
	Trabajo de Investigación	Trabajo de Suficiencia Profesional	Tesis Formato Libro, revisado por Pares Externos		
	Trabajo Académico	Otros <i>(especifique modalidad)</i>			
Palabras Clave: <i>(solo se requieren 3 palabras)</i>	Evaluación térmica	Horno Móvil	Eficiencia energética		
Tipo de Acceso: <i>(Marque con X según corresponda)</i>	Acceso Abierto	<input checked="" type="checkbox"/>	Condición Cerrada (*)		
	Con Periodo de Embargo (*)		Fecha de Fin de Embargo:		
¿El Trabajo de Investigación, fue realizado en el marco de una Agencia Patrocinadora? <i>(ya sea por financiamientos de proyectos, esquema financiero, beca, subvención u otras; marcar con una "X" en el recuadro del costado según corresponda):</i>			SI	NO	X
Información de la Agencia Patrocinadora:					
El trabajo de investigación en digital y físico tienen los mismos registros del presente documento como son: Denominación del programa Académico, Denominación del Grado Académico o Título profesional, Nombres y Apellidos del autor, Asesor y Jurado calificador tal y como figura en el Documento de Identidad, Título completo del Trabajo de Investigación y Modalidad de Obtención del Grado Académico o Título Profesional según la Ley Universitaria con la que se inició los estudios.					



7. Autorización de Publicación Digital:

A través de la presente, Autorizo de manera gratuita a la Universidad Nacional Hermilio Valdizán a publicar la versión electrónica de este Trabajo de Investigación en su Biblioteca Virtual, Portal Web, Repositorio Institucional y Base de Datos académica, por plazo indefinido, consintiendo que con dicha autorización cualquier tercero podrá acceder a dichas páginas de manera gratuita pudiendo revisarla, imprimirla o grabarla siempre y cuando se respete la autoría y sea citada correctamente. Se autoriza cambiar el contenido de forma, más no de fondo, para propósitos de estandarización de formatos, como también establecer los metadatos correspondientes.

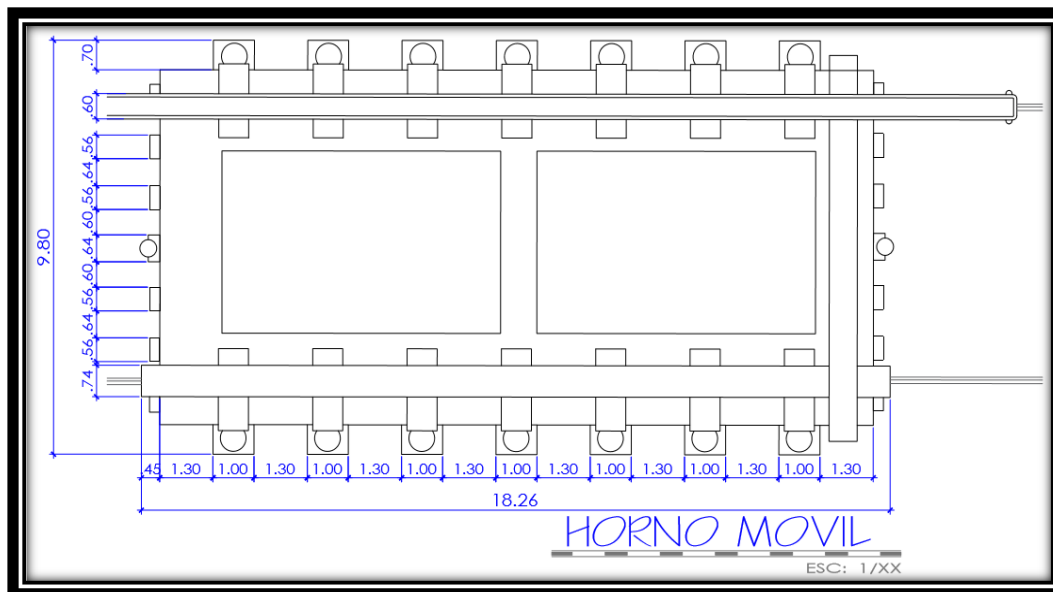
Firma:			
Apellidos y Nombres:	MORALES NIÑO ESTHEFANI YULIANA		Huella Digital
DNI:	71919371		
Firma:			
Apellidos y Nombres:			Huella Digital
DNI:			
Firma:			
Apellidos y Nombres:			Huella Digital
DNI:			
Fecha: 30/05/2024			

Nota:

- ✓ No modificar los textos preestablecidos, conservar la estructura del documento.
- ✓ Marque con una X en el recuadro que corresponde.
- ✓ Llenar este formato de forma digital, con tipo de letra **calibri**, **tamaño de fuente 09**, manteniendo la alineación del texto que observa en el modelo, sin errores gramaticales (*recuerde las mayúsculas también se tildan si corresponde*).
- ✓ La información que escriba en este formato debe coincidir con la información registrada en los demás archivos y/o formatos que presente, tales como: DNI, Acta de Sustentación, Trabajo de Investigación (PDF) y Declaración Jurada.
- ✓ Cada uno de los datos requeridos en este formato, es de carácter obligatorio según corresponda.

Anexo 5

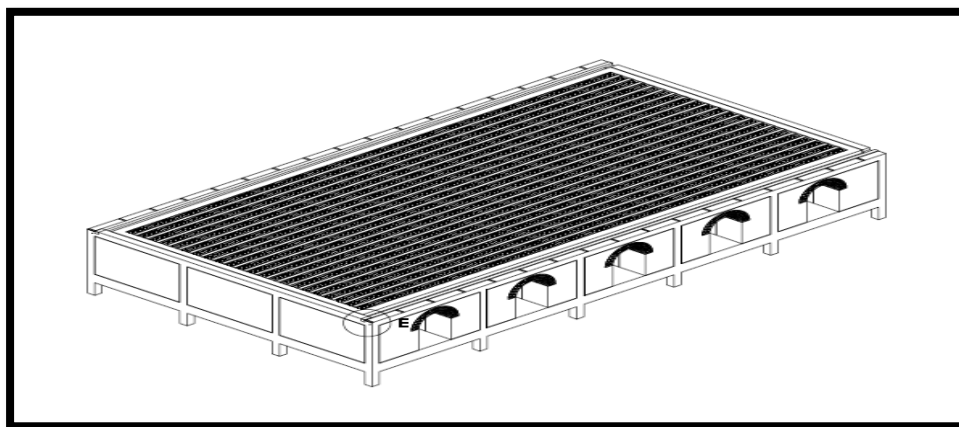
Vista planta del horno móvil.



Fuente: Planos del exterior del horno móvil

Anexo 6

Plano de la mampostería de piso de la base del Horno Móvil



Fuente: Las bases del Horno Móvil presentan dos tipos de ladrillos en las bases, como: ladrillo común (King Kong 18 huecos) y los ladrillos refractarios.

Anexo 7

Abastecimiento de aserrín en la tolva



Nota: La retroexcavadora abastece de aserrín en la tolva de alimentación.

Anexo 8

Tolva de alimentación del aserrín



Nota: Almacenamiento del aserrín.

Anexo 9

Ladrillo kk18 huecos



Nota: Pesaje del ladrillo King Kong 18 huecos seco en la balanza para determinar la humedad del ladrillo que ingresa al Horno Móvil.

Anexo 10

Ladrillo pandereta rayas



Nota: Pesaje del ladrillo pandereta rayas seco en la balanza para determinar la humedad del ladrillo que ingresa al Horno Móvil.

Anexo 11*Ladrillo Techo 15*

Nota: Pesaje del ladrillo Techo 15 seco en una balanza seca en la balanza para determinar la humedad del ladrillo que ingresa al Horno Móvil.

Anexo 12*Ladrillo Techo 12*

Nota: Pesaje del ladrillo Techo 12 seco en una balanza seca en la balanza para determinar la humedad del ladrillo que ingresa al Horno Móvil.

Anexo 13

Traslado del Horno Móvil hacia nuevo proceso de cocción de los ladrillos.



Nota: Traslado del Horno Móvil de la base dos a la base tres.

Anexo 14

Traslado del Horno Móvil después de la cocción hacia el nuevo proceso.



Nota: Traslado del Horno Móvil de la base uno a la base dos.

Anexo 15

Apertura de las puertas del Horno Móvil después de la cocción.



Nota: Inicio del traslado del Horno Móvil de la base uno a la base dos.

Anexo 16

Interior de los quemadores del Horno Móvil



Nota: Aislamiento de la manta de fibra cerámica del quemador.

Anexo 17

Toma de temperatura de la mampostería de las puertas del Horno Móvil



Nota: Realizar la toma de temperatura con el pirómetro a la mampostería en la parte exterior del Horno Móvil.