



Derivado de la IR-021/2017

PROYECTO:
**ESTUDIO DE FACTIBILIDAD
PARA EL APROVECHAMIENTO
DE LODOS EN EL SECTOR
LADRILLERO COMO
COMBUSTIBLE ALTERNO
JUL-DIC 2017**

Elaborado por:
Felipe Fernández
Daniel Esparza
Sofía Fernández

CONTENIDO

RESUMEN	5
DESCRIPCIÓN DE LA OPORTUNIDAD	7
CONTEXTO	8
PLANO DEL PROYECTO	11
MATERIA PRIMA PRINCIPAL	12
4.1 DESCRIPCIÓN	12
4.2 CARACTERIZACIÓN	12
DISEÑO DE EQUIPO	13
5.1 EQUIPO ALIMENTADOR	13
5.2 SECADOR ROTATORIO	14
5.3 MOLINO	15
5.4 PELLETIZADORA	16
5.5 PARRILLA REFRACTARIA	17
PRUEBAS	18
6.1 INFORMACIÓN GENERAL	18
6.2 PRIMERA QUEMA	19
6.2.1 SECADO AL AIRE LIBRE	19
6.2.2 RESULTADOS	20
6.3 SEGUNDA QUEMA	21
6.3.1 MOLIDO	21
6.3.2 CRIBADO	22
6.3.3 PELLETIZADO	22
6.3.4 RESULTADOS	23
6.4 TERCERA QUEMA	24
6.4.1 SECADO FORZADO	24
6.4.2 FIBRA ADICIONADA DE COMBUSTÓLEO	25
6.4.3 RESULTADOS	25
6.5 CUARTA QUEMA	26
6.5.1 OBSERVACIONES	26
6.5.2 RESULTADOS	27

6.6	QUINTA QUEMA.....	28
6.6.1	FIBRA ADICIONADA	28
6.6.2	OBSERVACIONES	28
6.6.3	RESULTADOS.....	30
6.7	SEXTA QUEMA	31
6.7.1	EMPAQUETADO DEL COMBUSTIBLE ALTERNO.....	31
6.7.2	EMPAQUETADO DEL COMBUSTIBLE ALTERNO.....	32
	ANÁLISIS ECONÓMICO DEL COMBUSTIBLE ALTERNO	34
	CONCLUSIONES	35
8.1	RESUMEN DE LAS PRUEBAS.....	36
8.2	VIABILIDAD TECNICA	36
8.3	VIABILIDAD FINANCIERA	36
8.4	VIABILIDAD ECOLÓGICA	37
8.5	VENTAJAS PARA CARTONES PONDEROSA	39
8.6	PRÓXIMOS PASOS	39
	AGRADECIMIENTOS	40
	BIBLIOGRAFIA	41
	ANEXO 1: RESUMEN DE 3 PROYECTOS SEMEJANTES EN 3 PAISES DIFERENTES	42
	ANEXO 2: PUBLICACIONES RELACIONADAS A LA PROBLEMÁTICA DE LOS HORNOS DE LADRILLEROS.....	48
	ANEXO 3: DATOS RELACIONADOS CON EL COMBUSTIBLE, PROPORCIONADOS POR LOS LADRILLEROS ARTESANALES	51
	ANEXO 4: ANALISIS DE CENIZAS	54
	ANEXO 5: ESTIMACIÓN DE EMISIONES A LA ATMÓSFERA Y JUSTIFICACIÓN DE NO REALIZACIÓN DE DETERMINACIÓN CON EQUIPO	54
	ANEXO 6: ESTUDIO PRELIMINAR DE VIABILIDAD A NIVEL COMERCIAL	54

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Costos de producción por millar para diferentes combustibles	8
Figura 2: Producción de GEI a partir de lodos acumulados.....	9
Figura 3: Emisiones generadas en el vertedero en los años 1990–2140	10
Figura 4: Equipo alimentador	14
Figura 5: Versión final del sistema alimentador.....	14
Figura 6: Secador rotatorio fabricado	15
Figura 7: Molinos	15
Figura 8: Pelletizadora	16
Figura 9: Parrilla refractaria.....	17
Figura 10: Extendiendo y volteando los lodos	19
Figura 11: Nivel de humedad de los lodos secados al sol	20
Figura 12: Ladrillos de color claro después de la prueba con el material secado al aire libre.	20
Figura 13: Balsa llena de cenizas después de primera prueba.....	21
Figura 14: Material molido procesado por el molino.....	22
Figura 15: Variación en el tono del ladrillo en la misma quema	23
Figura 16: Nivel de humedad de los lodos en el secador rotatorio.....	24
Figura 17: Ladrillos mal cocidos después de la prueba de secado forzado/fibra adicionada .	26
Figura 18: Gran cantidad de ceniza acumulada sobre los ladrillos	27
Figura 19: Parrilla refractaria posicionada a la entrada del horno	29
Figura 20: Ladrillos del horno 1 en la quinta quema.....	30
Figura 21: Combustible alternativo empacado	31
Figura 22: Ladrillos del horno norte (1) ahumados por la quema del horno sur (2) sistema MK2	32
Figura 23: Ladrillos del horno 2 sistema MK2.....	33
Figura 24: Emisiones a la atmósfera.....	33
Figura 25: Fotografías de emisiones durante quema convencional	33
Figura 26: Fotografías de emisiones durante quema con combustible alternativo	33

LISTA DE TABLAS

Tabla 1: Información general de las pruebas	18
Tabla 2: Costeo del combustible alternativo	34
Tabla 3: Precios comparativos de los diversos combustibles usados en San Nicolás vs combustible alternativo (CALT) a un precio preliminar de \$1,600.00/ton	34

RESUMEN

El proyecto en comento busca determinar la viabilidad de proveer a los productores de ladrillos artesanales con un combustible alternativo sustentable.

El combustible que se pretende utilizar, actualmente, es un residuo que no tiene una utilidad específica, consta principalmente de celulosa y carbonato de calcio, proviene de la planta de tratamiento de aguas residuales de la fábrica de Cartones Ponderosa ubicada en la Ciudad de San Juan del Río a 8 km de los hornos de San Nicolás.

En la etapa de pruebas, la pasta de fibra fue preparada usando seis métodos diferentes, luego utilizada en el horno ladrillero para producir ladrillos, además de evaluar su viabilidad y la facilidad de su manejo para los ladrilleros se buscó también mejorar la calidad de los ladrillos producidos.

Se puede concluir después de estas pruebas que la pasta de fibra seca, molida e impregnada de combustóleo es una manera recomendable de aprovechar el lodo residual de Cartones Ponderosa.

El combustible alternativo que proponemos ofrece las siguientes ventajas:

- Disponibilidad con volúmenes de materia prima que exceden las necesidades de los ladrilleros y se produce todo el año
- Facilidad de alimentación del combustible al horno usando un sistema de alimentación específico
- Menor peso de combustible requerido en cada quema al utilizar inyección de aire para la combustión
- Mejor control de la temperatura por la homogeneidad del combustible
- Menor cantidad y toxicidad de las emisiones del horno por ser una fuente única y controlada
- Costo competitivo en relación a los combustibles más utilizados actualmente
- Producción de cenizas con propiedades que permiten su aprovechamiento para mejorar la calidad del ladrillo y reducir cantidad de la arena requerida
- Menor exposición a la radiación de calor al aplicar el combustible, por el sistema de alimentación

- Menores daños a la salud de los ladrilleros y sus familias, por la reducción de emisiones a la atmósfera
- Viabilidad del uso de la tecnología de los hornos ecológicos MK2 que actualmente no se aprovecha
- Reducción del impacto ambiental del generador del residuo a ser aprovechado en una combustión controlada

El proyecto puede beneficiar directamente a 100 productores de ladrillos artesanales activos con ventas estimadas de veinte millones de pesos anuales, a sus familias e indirectamente, a toda la población de San Nicolás Tequisquiapan y parcialmente a la ciudad de San Juan del Río.

Para llevar a cabo la implementación de este proyecto a nivel comercial, se requiere de una inversión de \$3.5 millones de pesos para la compra de equipos, lo cual hace difícil de viabilizar el proyecto sin un apoyo de parte del Gobierno.

Una alternativa para realizar el proyecto y reducir la inversión, sería contar con apoyo de Cartones Ponderosa para obtener la fibra más seca y de menor tamaño, requiriendo únicamente un paso posterior para impregnar la fibra con combustóleo líquido mediante el uso de un equipo simple que ya fue desarrollado.

Respecto a la adopción del combustible alterno por parte de los usuarios, se requiere de un cambio cultural y alguien que ayude en la ejecución del proyecto, para lo cual se propone que se lleve a cabo una segunda fase en este proyecto para lograr que los 9 productores artesanales que cuentan con hornos tipo MK2 sean los primeros en adoptar el uso del combustible mediante la participación de Sigash, Ponderosa y la SEDESU.

Este estudio se realizó del 26 de Junio y se concluyó el de 01 Diciembre de 2017

DESCRIPCIÓN DE LA OPORTUNIDAD

Cartones Ponderosa genera 75,000 toneladas por año (205 toneladas por día) de lodos residuales. El material consiste en las fibras de celulosa que son demasiado cortas para usar en la producción de cartón. El depósito actual es un banco de tiro con autorización de SEDESU, en el mismo sentido se puede mencionar que la empresa otorga lodos primarios a otras 6 empresas como materia prima para sus procesos.

Sin embargo Ponderosa tiene la necesidad de encontrar oportunidades para valorizar los lodos residuales no otorgados y esta búsqueda por alternativas llevó a Sigash a los hornos ladrilleros en Querétaro.

Sigash es una empresa innovadora en la ejecución de ideas sustentables, que cuenta con un equipo multidisciplinario y multisectorial, con un historial de experiencias de éxito en asesoría y capacitación para garantizar el cumplimiento legal en temas de sustentabilidad. Habiendo ya realizado alrededor de 200 proyectos de ecoeficiencia y capacitaciones para industriales con SEDESU, Sigash reconoció la oportunidad de realizar un proyecto con la meta de la valorización de los lodos de Ponderosa.

La alternativa presentada en este estudio sería usar el residuo como combustible para los hornos ladrilleros en Querétaro. Esta alternativa presentaría un apoyo al sector ladrillero, proporcionando combustible a un precio competitivo y mejorando la calidad y productividad de los ladrilleros. El uso de lodos de Ponderosa en los hornos ladrilleros resultará en una reducción en el pasivo ambiental de Ponderosa y en las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI). La quema del combustible en los hornos causa emisiones de bióxido de carbono, pero estas son menores que las emisiones de metano y bióxido de carbono del depósito actual del material.

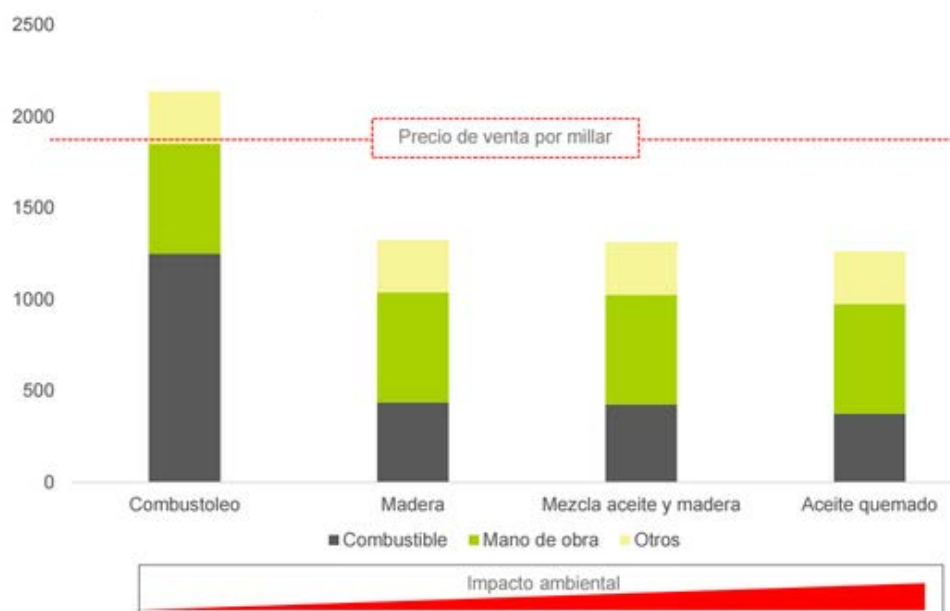
En adición, este combustible reducirá los efectos dañinos a la salud de la comunidad ladrillera, causados por partículas contaminantes emitidas por los combustibles utilizados actualmente. Los ladrilleros pueden utilizar las cenizas producidas durante la combustión, agregándola a la mezcla para fabricar tabiques, resultando en ladrillos más resistentes.

CONTEXTO

El beneficio principal del proyecto sería social, proporcionando apoyo al sector ladrillero. Este es un sector desprotegido, que usa un proceso simple y artesanal, dependiente en la experiencia humana, la disponibilidad de tierra y las condiciones ambientales.

Los combustibles utilizados actualmente tienen un alto impacto ambiental y son dañinos a la salud debido a la emisión de partículas contaminantes. El combustible usado incluye madera y aserrín, pero también llantas, basura, aceite quemado, residuos industriales con agentes de alta volatilidad, manteca de puerco, entre muchos otros materiales. La comunidad ladrillera utiliza estos combustibles por causa de las dificultades de adquirir otros con menor impacto ambiental a bajo costo, como la madera, que no siempre están disponibles. Los diferentes combustibles utilizados para quemar ladrillos provocan grandes variaciones en las propiedades mecánicas y apariencia del producto final. Un efecto colateral del uso de combustibles no homogéneos es que limitan el uso correcto de los hornos MK2, ocasionando desconfianza y divisiones entre el gremio. Estandarizando el combustible mejoraría también el control de calidad de los ladrillos. También, Ponderosa sería una fuente estable de combustible de bajo costo, eliminando el problema de rentabilidad volátil dependiendo del precio del combustible usado.

Figura 1: Costos de producción por millar para diferentes combustibles



Actualmente para Ponderosa existe un costo anual de disposición de sus lodos residuales. El depósito actual representa un riesgo potencial desde el punto de vista de seguridad y ambiental para la empresa. Estos riesgos son debidos a la falta de controles para evitar la entrada de otros materiales, y la falta de infraestructura para tratar la producción de GEI. La celulosa se descompone por la comunidad anaeróbica presente produciendo metano, bióxido de carbono, y agua a través de una complicada cadena alimentaria bacteriana. En un año, esto equivale a emisiones de 90,000 toneladas de CO₂ equivalente, que es una cantidad significativa.

Figura 2: Producción de GEI a partir de lodos acumulados

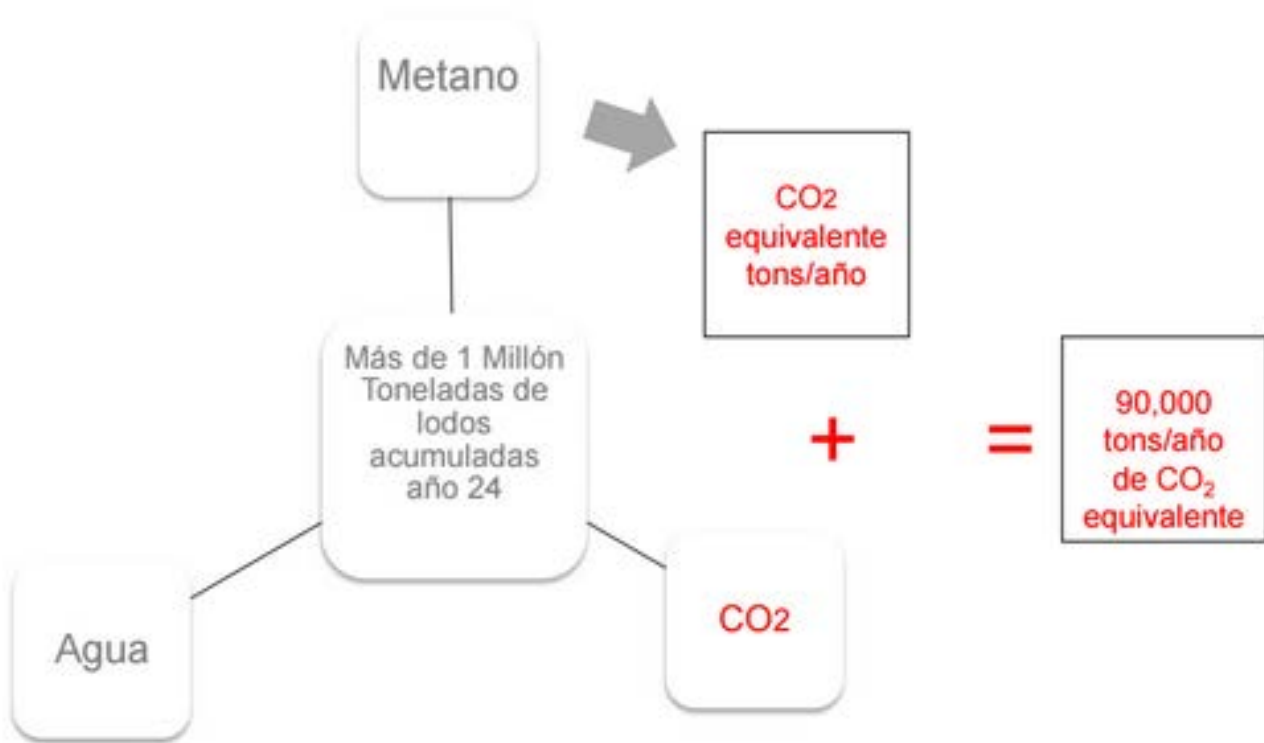
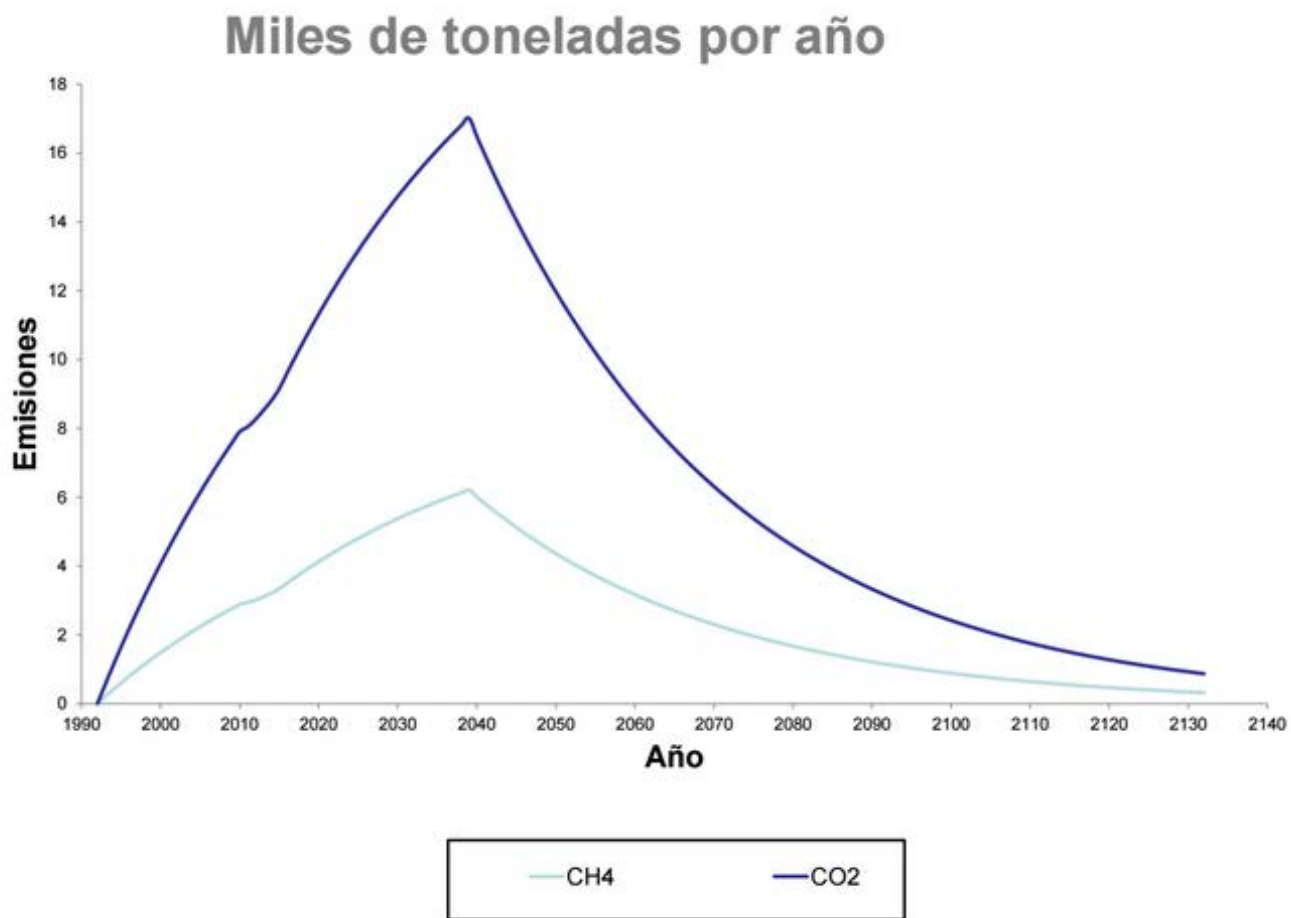


Figura 3: Emisiones generadas en el vertedero en los años 1990-2140



PLANO DEL PROYECTO

El estudio de la viabilidad técnica, económica y ambiental del uso de lodos residuales como combustible alternativo para las ladrilleras fue realizado por el equipo de Sigash con las siguientes pruebas.

- Secado al aire libre
- Molido
- Cribado
- Pelletizado
- Secado forzado
- Empaquetado
- Fibra adicionada con combustóleo

Las pruebas requirieron ciertos equipos, diseñados y fabricados por empresas aliadas de Sigash y fueron prestados durante la realización de las pruebas. También, el horno fue acondicionado antes de comenzar la etapa de pruebas, reduciendo el diámetro original. Se definió que un diámetro menor sería más adecuado para las pruebas.

MATERIA PRIMA PRINCIPAL

4.1 DESCRIPCIÓN.

La pasta de fibra objeto de este proyecto, proviene de la planta de tratamiento de aguas residuales de la fábrica de Cartones Ponderosa ubicada en la Ciudad de San Juan del Río a 8 km de los hornos de San Nicolás. Actualmente ese residuo no tiene una utilidad específica y la empresa tiene gastos de transporte y disposición en un depósito a cielo abierto autorizado. El material consiste de fibras demasiado cortas que no sirven para su uso en la elaboración de cartón, más algunos minerales; principalmente carbonato de calcio y agua de la humedad que el material retiene después de su paso por la prensa de secado.

4.2 CARACTERIZACIÓN.

La pasta de fibra utilizada cuenta con la siguiente caracterización:

HUMEDAD 61,2%

BASE SECA

Carbohidratos totales 33.31%

Cenizas 44.25%

Lignina 11.00%

Método por el que se llevó a cabo la caracterización es "National Renewable Energy Laboratory (NREL) " , Determination of Structural Carbohydrates and Lignin in Biomass

DISEÑO DE EQUIPO

Las principales consideraciones para el diseño del equipo fueron el costo y el diseño centrado en las personas. El objetivo fue diseñar equipo que podría factiblemente ser comprado y mantenido por los ladrilleros, y que sea practico y robusto. El herrero de San Nicolás nos ayudó en la fabricación de todos los equipos, asegurando que alguien en la comunidad entienda el equipo diseñado a fondo para su posterior multiplicación y mantenimiento.

5.1 EQUIPO ALIMENTADOR

Los trabajadores que alimentan el horno trabajan en condiciones poco adecuadas, muy cercanos al calor del horno y respirando aire muy cargado de partículas contaminantes. Por esta razón un equipo alimentador fue diseñado para mejorar las condiciones de trabajo. Usando este equipo, fue posible que el hornero alimentara el horno desde el nivel del suelo, arriba y más alejado de la entrada del horno.

El equipo diseñado impulsa los lodos residuales junto con aire hacia adentro del horno, usando un tornillo alimentador con un motor y un soplador. También se probó con un tubo por donde puede pasar combustóleo líquido para ayudar a calentar el horno, especialmente al inicio de cada quema. Este equipo pasó por varias iteraciones, para resolver problemas que se presentaban. Por ejemplo, porque el equipo tendía a taparse después de un cierto tiempo en operación, fue modificado para que cada componente sea fácilmente desarmable, y el operador lo pueda destapar. En su última versión se optó por alimentar la fibra triturada únicamente usando un ventilador de tipo centrífugo.

Figura 4: Equipo alimentador



Figura 5: Versión final del sistema alimentador



5.2 SECADOR ROTATORIO

Para la prueba de secado forzado, un secador rotatorio que funciona con los gases calientes del horno ladrillero fue diseñado y fabricado. Los materiales usados fueron de bajo costo.

Los componentes del secador rotatorio, de 2.67 m de largo por 0.58 m de diámetro, fueron:

- Motorreductor monofásico de 1HP 110 voltios 1700 RPM Paso 46:1
- Catarinas paso 50 relación 2:1
- Soplador monofásico 1 HP
- Ductos flexibles de aluminio de 4"

Figura 6: Secador rotatorio fabricado



5.3 MOLINO

El molino utilizado fue bastante pequeño, adecuado para la primera prueba de material molido. El molino procesa aproximadamente 20 kg/hora. Una prueba a mayor escala fue realizada en un molino industrial de gran tamaño 700kg/hora.

Figura 7: Molinos



5.4 PELLETIZADORA

Una pequeña pelletizadora también fue usada, para probar el pelletizado de los lodos.

Figura 8: Pelletizadora



5.5 PARRILLA REFRACTARIA

La parrilla refractaria consiste de una estructura que contiene ladrillos refractarios con una figura en forma de filigrana. Su objetivo es mantener a la entrada del horno a una temperatura elevada de forma que permita una rápida ignición del material entrante al horno.

Figura 9: Parrilla refractaria



PRUEBAS

6.1 INFORMACIÓN GENERAL

En la etapa de pruebas, la fibra de Ponderosa fue preparada usando seis métodos diferentes, luego utilizada en el horno ladrillero para producir ladrillos. Los objetivos fueron determinar la viabilidad técnica de cada método, evaluar la facilidad de su manejo para los ladrilleros y comparar la calidad de los ladrillos producidos. La fibra fue preparada utilizando los siguientes métodos: secado al aire libre, molido, cribado, pelletizado, secado forzado, y fibra adicionada.

Tabla 1: Información general de las pruebas

Prueba	Fecha	Pruebas realizadas	Información
1	26-06-2017	Secado al aire libre	Residuo tal como sale de la prensa fue extendido en Ponderosa y secado al sol
2	17-07-2017	Molido (menor escala)	Residuo secado al sol y molido en Ponderosa con molino pequeño
		Cribado	Residuo secado al sol y cribado, con aperturas de aproximadamente 2 cm
		Pelletizado	Residuo secado al sol y pelletizado
3	05-09-2017	Secado forzado	Residuo secado en secador rotatorio
		Fibra adicionada 1	Combustóleo adicionado utilizando el secador rotatorio
4	27-10-2017	Molido (gran escala)	Residuo secado al sol y molido en Wastnvalue con molino de gran escala
		Fibra adicionada	Combustóleo adicionado manualmente, prueba parcial
5	28-11-2017	Fibra adicionada	Combustóleo adicionado utilizando una mezcladora, prueba completa
6	30-11-2017 01-12-2017	Fibra adicionada y material molido	

6.2 PRIMERA QUEMA

Durante la primera quema, se realizó la prueba de secado al aire libre. La temperatura del ambiente llegó a un máximo de 30°C y mínimo de 16°C, y fue un día sin lluvia. El horno fue cargado con 4,400 tabiques, y la quema tuvo una duración total de 24 horas. Quemamos fibra de Ponderosa durante 20 horas, pero las últimas 4 horas se quemó usando aceite quemado, debido a la lluvia y dificultades de seguir pasando el material hasta la entrada del horno.

6.2.1 SECADO AL AIRE LIBRE

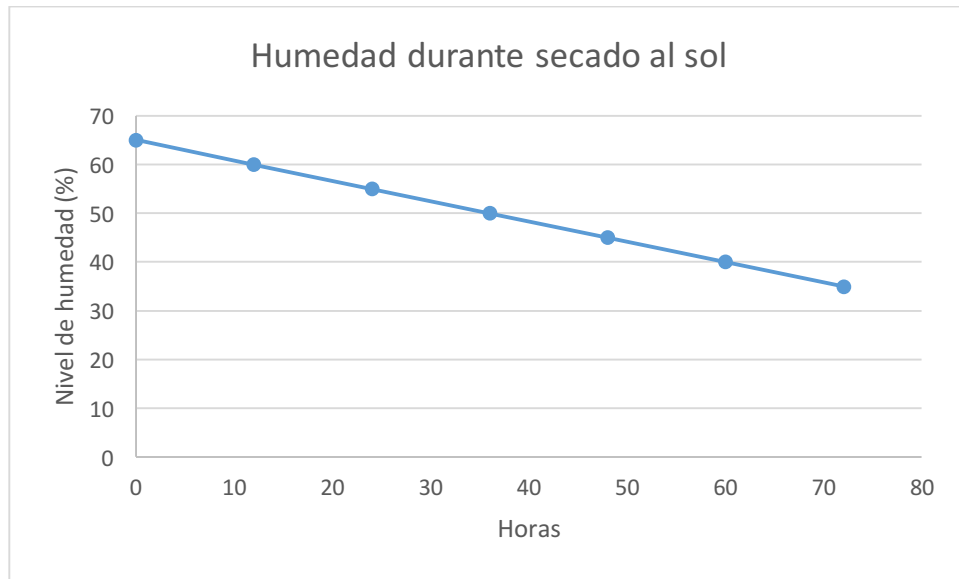
En esta prueba, los lodos como salen de la prensa fueron extendidos en una área en Ponderosa para secarlos al sol. Una carga de camión fue extendida en un área de 200 m² y secada al sol. Se observó que el material de arriba se secaba en poco tiempo, pero el material de abajo seguía más húmedo. Volteando el material con palas un par de veces al día ayudó a conseguir un secado más uniforme. Usando este método, el material llegó al nivel de humedad requerido (<30%) en tres días. También se observó que la capa de lodos tenía que tener menos de 3 cm de grosor para que se secara en este tiempo.

Para esta prueba, el material fue extendido sobre plancha de cemento y tierra. Se observó que al recoger los lodos extendidos sobre la tierra con un trascabo, muchas piedras también eran recogidas. Durante la quema, estas piedras tuvieron que ser removidas porque podrían dañar al equipo alimentador.

Figura 10: Extendiendo y volteando los lodos



Figura 11: Nivel de humedad de los lodos secados al sol



6.2.2 RESULTADOS

La temperatura fue medida en varios puntos del horno. En la parte más fría del horno se alcanzó una temperatura de 350°C , y en el centro de los tabiques (a nivel del suelo) se alcanzó una temperatura de 440°C . Después de esperar 2 días para que el horno se enfriara, sacamos los ladrillos. Muchos de los ladrillos de arriba estaban de color muy claro y mal horneados, con solo los ladrillos de abajo del nivel del suelo alcanzando un color más rojo.

Figura 12: Ladrillos de color claro después de la prueba con el material secado al aire libre



Esta prueba fue la primera vez que el equipo alimentador fue utilizado, y ocurrieron varias interrupciones porque el equipo se tapaba frecuentemente y tuvo que ser modificado durante la quema. Esto resultó en que el horno se enfriara algunas veces al transcurso del día, y fue una de las razones que una temperatura más alta no pudo ser alcanzada. Otra razón fue que empezó a llover en la tarde y continuó por 10 horas, causando una interrupción en la alimentación del horno y otro enfriamiento.

Hubo una gran cantidad de cenizas acumuladas en la balsa después de la quema. Estas tardaron mucho en enfriarse, pero pudieron ser adicionadas por los ladrilleros a la mezcla de los tabiques. Los ladrilleros aprobaron del uso de la ceniza en esta manera.

Figura 13: Balsa llena de cenizas después de primera prueba



6.3 SEGUNDA QUEMA

La segunda quema se realizó el 17 de julio de 2017. Durante esta quema se realizaron las pruebas de material molido, material cribado, y material pelletizado. Se quemó durante 17 horas, quemando 700 kilos molidos durante 9 horas, material cribado por 4 horas, y aceite quemado y manteca durante las últimas 4 horas.

6.3.1 MOLIDO

La prueba de material molido no fue inicialmente planeada pero fue propuesta para resolver algunos problemas encontrados en la primera prueba. Usando el material como sale de la prensa presentó algunas dificultades con el equipo alimentador, ya que los pedazos muy

grandes causaron que el equipo se tapara frecuentemente. Para esta prueba, 700 kilos de lodos fueron molidos en Ponderosa usando un pequeño molino eléctrico, durante 36 horas.

Figura 14: Material molido procesado por el molino



6.3.2 CRIBADO

Porque se acabó el material molido a la mitad de la quema, esto presentó la oportunidad de probar el material cribado. Cribamos lodos que habían sobrado de la primera prueba con una criba de aperturas de aproximadamente 2cm. Así se obtuvo un material no tan fino como el molido pero sin pedazos demasiado grandes. Este material funcionó bien con el equipo alimentador, y no causó que se tapara el equipo. Sin embargo, se observó que no era lanzado tan lejos hacia adentro del horno y no quemaba instantáneamente como el material molido. Al final de la prueba descubrimos que una gran cantidad de este material había quedado sin lograr su combustión.

6.3.3 PELLETIZADO

Durante esta quema también se probó el material pelletizado. Debido al tamaño pequeño de la máquina pelletizadora utilizada, una prueba completa de pelletizado no fue factible. Solamente 20 kg de pellets producidos de los lodos fueron alimentados al horno. Fue observado que los pellets recorrieron el equipo alimentador sin problema, y fueron lanzados una buena distancia hacia adentro del horno, como el material molido. Se observó que el material pelletizado ardía bien, sin una ventaja adicional, pero el consumo de energía en su producción es alto concluyéndose que no se justifica su uso.

6.3.4 RESULTADOS

La temperatura de esta quema fue medida en la parte superior de los tabiques, en la parte de en frente de la puerta trasera del horno, y en el lado izquierdo del horno. Las temperaturas alcanzadas fueron 330°C arriba en el lado izquierdo y 450°C arriba cerca de la puerta trasera.

Los ladrillos fueron sacados después de dos días, y se observó que no fue uniforme la cocción. Muchos ladrillos tenían un color muy rojo, hasta algunos de los ladrillos de arriba, pero abajo y los de afuera estaban ahumados y algunos crudos.

Figura 15: Variación en el tono del ladrillo en la misma quema



Una temperatura un poco más alta que la primera prueba fue alcanzada. Una posible razón podría ser que la reducción del horno fue completada. El horno, diferentemente que durante la primera prueba, tenía un diámetro reducido hasta el nivel de los ladrillos de arriba. Pero más importantemente, el equipo alimentador pudo trabajar durante la quema, con menos interrupciones, llevando a una temperatura un poco más alta y más homogénea.

Se observó que el material molido funcionó mejor que el material tal como sale de la prensa, trabajando muy bien con el equipo alimentador. El material no tapaba el equipo, y fue lanzado a buena distancia y dispersión hacia adentro del horno. El material era tan fino que hasta se quemaba en el aire con la alta temperatura del horno antes de aterrizar.

También hubo una gran cantidad de cenizas producidas en esta prueba. Usamos un soplador más grande que durante la primera prueba, simultáneamente usando el soplador anterior más pequeño. Los dos sopladores lanzaron las cenizas hacia arriba. Y al sacar los ladrillos del horno,

esto resultó incómodo para los trabajadores porque había demasiado polvo cubriendo los ladrillos.

6.4 TERCERA QUEMA

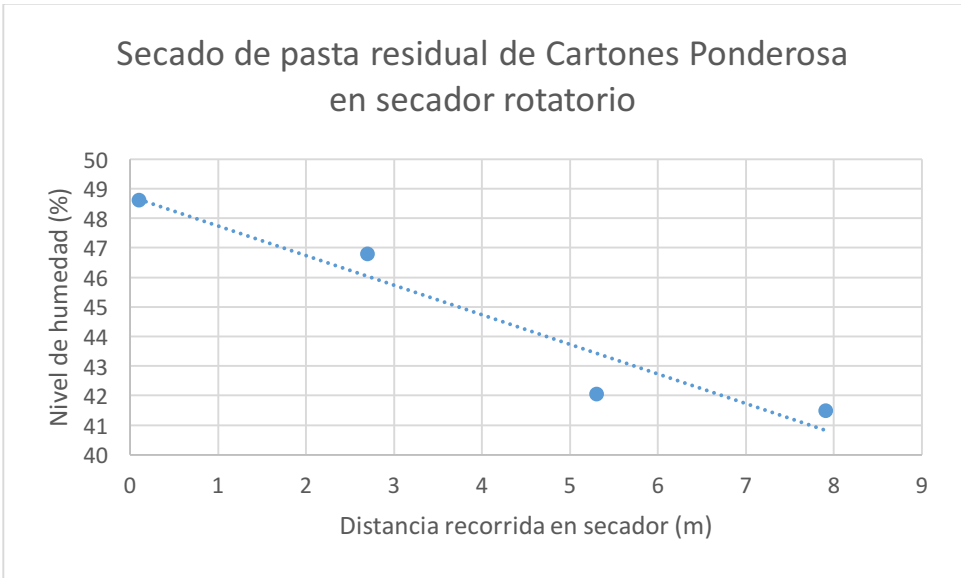
La tercera quema se realizó el 5 de septiembre de 2017 con temperatura ambiente de 15°C a las 6 AM y un máximo de 22°C a las 15 hrs. Fue un día nublado, y cayó lluvia intensa a partir de las 18:10, que disminuyó en momentos pero no dejó de llover el resto de la prueba. Durante esta quema, se realizaron las pruebas de secado forzado y fibra adicionada.

El encendido y precalentamiento del horno de 30 minutos se hizo con leña. El tiempo total de quema, fue de 17 horas. Las primeras 12 horas se quemó con fibra de Ponderosa y se concluyó con 4 horas de combustóleo.

6.4.1 SECADO FORZADO

Durante la prueba de secado forzado probamos el secador rotatorio a escala piloto. Dicha prueba se complementó con un flujo forzado de aire caliente proveniente del horno ladrillero. Fue observado que el material triturado recorría bien a lo largo del secador, y que el tiempo de residencia en el secador fue de 5 minutos. También se observó una caída de humedad de 1% a cada metro aproximadamente. Vimos que la pérdida de calor en el flujo forzado de aire fue muy alta bajando de 402°C a 140°C en el tramo de aproximadamente 12 m, desde la salida del horno hasta la entrada del secador.

Figura 16: Nivel de humedad de los lodos en el secador rotatorio



El secador rotatorio a escala que se utilizó nos permite inferir la viabilidad de secar el material con este método. Extrapolando los datos obtenidos, el secado requerido para un material combustible a utilizar en un horno ladrillero (30% de humedad) nos llevaría a un secador de 18 metros. Podemos mejorar el rendimiento con las siguientes modificaciones:

- Aumentar el tiempo de residencia del material en el secador, menor inclinación y menor velocidad de giro
- Aislar los ductos que conducen los gases de combustión al secador para evitar pérdidas de calor tan elevadas
- Recortar la distancia entre la salida de la chimenea y el secador

6.4.2 FIBRA ADICIONADA DE COMBUSTÓLEO

Durante la tercera quema, se realizó también la prueba de fibra adicionada, utilizando combustóleo para impregnar el material. Primero, el material fue secado al sol y molido, luego se realizó la dispersión del combustóleo sobre la pasta molida. Después el material impregnado fue pasado por el secador rotatorio. Porque la pasta se apelmazó y quedó prácticamente una bola, se suspendió esta forma de preparar el material.

6.4.3 RESULTADOS

La temperatura alcanzada en el horno en la parte más fría fue de 420°C y la temperatura a nivel del quemador superó 1,000°C. La lluvia tuvo un impacto negativo en la prueba, humedeciendo el combustible y llevando a un enfriamiento del horno. La temperatura cayó a 216°C y no se volvió a recuperar. El uso de combustóleo al final del quemado con el fin de compensar la pérdida de calor de la lluvia, aumentó la temperatura de manera tal que sobrecalentó los ladrillos de la base, quemándolos y por otra parte no logró calentar los tabiques de la parte superior dejándolos ahumados o sin cocción suficiente.

Los ladrillos obtenidos en esta prueba adquirieron un peor color en relación a las dos pruebas anteriores. Se produjeron 1200 ladrillos mal cocidos, 1500 ladrillos cocidos pero ahumados y el resto de los ladrillos bien cocidos pero sin el color rojizo que se busca. Mucho material permaneció en el horno sin quemarse, y 15 días más tarde todavía estaba ardiendo.

Después de esta quema se concluyó que el material molido no alcanza una buena combustión por sí solo, requiere aire y adicionalmente de algún aditivo.

Figura 17: Ladrillos mal cocidos después de la prueba de secado forzado/fibra adicionada



6.5 CUARTA QUEMA

La cuarta quema se realizó el 27 de octubre de 2017 con temperatura ambiente de 3°C a las 4 AM y un máximo de 28.5°C a las 17 hrs. Fue un día soleado sin lluvia. El material de combustión principal en la cuarta quema fue pasta Ponderosa secada al sol y molida en un molino de gran tamaño en la empresa Wastnvalue, del que se produjeron aproximadamente 1900kg.

Durante esta quema, que tuvo una duración de 19 horas, se probaron por segunda vez la fibra adicionada y el material molido. El encendido y calentamiento inicial se hizo con madera (2 hrs), seguido de una alimentación de pasta molida sin combustóleo por 8 horas, luego pasta molida con combustóleo por 2 horas, pasta molida sin combustóleo por 3 horas, y las 4 horas finales solo combustóleo.

6.5.1 OBSERVACIONES

La temperatura máxima alcanzada en el horno en la parte más fría fue de 330°C, mientras que la temperatura a nivel del quemador se mantuvo arriba de 1,000°C.

La alimentación se hizo de forma manual durante 4 horas. Al alcanzar una temperatura de 1,000°C en la boca del horno, se comenzó a usar el soplador (1/2 HP) con pasta molida. La temperatura en la parte más fría del horno ya había alcanzado los 98°C después de 6 horas. La temperatura después de 8 hrs fue de 105°C, después de 9 hrs 145°C, después de 10hrs 209°C

y después de 11 hrs 220°C. Después de 13 hrs desde el inicio de la operación se alcanzó una temperatura de 334°C.

La prueba con pasta impregnada con combustóleo se inició en la onceava hora y se observó una excelente combustión. Mantuvimos la entrada del horno con alimentación de leña, así calentando el tubo de alimentación, logrando que de inmediato que ingresara el material al horno entrara en combustión.

Tres horas antes del final de la quema, la balsa estaba saturada de cenizas que ya alcanzaban el nivel de los dos primeros ladrillos. Por esta razón, por las últimas tres horas se suspendió la alimentación del combustible alterno y se quemó con combustóleo (60 litros), y se mantuvo la temperatura constante.

6.5.2 RESULTADOS

Se puede concluir después de esta prueba que el material molido impregnado de combustóleo mejora de manera importante el desempeño y que se requiere una prueba posterior mejorando la homogeneidad del combustible y de la alimentación.

Los ladrillos tienen una gran cantidad de cenizas adheridas y no se logra el color rojizo característico de una buena quema de los ladrillos. Los ladrillos que están encima de la balsa son los mejor cocidos de toda la horneada. Los ladrillos de la parte curva pegada a la chimenea salieron ahumados y algunos no bien cocidos; esta situación también fue observada en las 3 quemas anteriores.

Figura 18: Gran cantidad de ceniza acumulada sobre los ladrillos



Otras conclusiones fueron que el uso de combustóleo al final de la quema no es relevante, lo que rompe una idea muy generalizada entre los ladrilleros, y que es necesario resolver la remoción de cenizas para evitar sobresaturación de la balsa o hacer una adaptación en la misma.

Por último, es muy importante mantener la alimentación del horno para evitar caídas en la temperatura.

6.6 QUINTA QUEMA

La quinta quema se realizó el 28 de noviembre de 2017, se utilizó el horno norte modificado en su diámetro interno. El horno sur se cargó con ladrillos crudos y se usó como filtro para las emisiones, siguiendo la técnica recomendada en el sistema MK2. La temperatura ambiente fue de 0°C a las 5 AM y la temperatura máxima de 26°C a las 15 hrs, con un descenso de temperatura en la parte final de la prueba 6°C a la una de la mañana del día siguiente, fue un día soleado.

Durante esta quema, se probó la versión completa de la pasta de fibra seca, molida y adicionada con combustóleo.

El encendido y precalentamiento del horno durante las primeras 3 horas se hizo con leña. A partir de ese momento se usó pasta seca y molida, impregnada con combustóleo. Se utilizó esta pasta durante 15 horas y se concluyó con 1/2 hora de inyección sólo con aire para terminar de quemar los remanentes de combustible en la hoguera. La quema tuvo una duración total de 18 horas, donde utilizamos aproximadamente 900 kg de pasta molida impregnada con 350 litros de combustóleo.

6.6.1 FIBRA ADICIONADA

La preparación del combustible se hizo rociando combustóleo caliente sobre la pasta molida, luego revolviendo el material en una revolvedora utilizada en la fabricación de ladrillos. Se prepararon aproximadamente 1,200 kg de material en esta manera, lográndose una pasta homogénea que conservó un buen tamaño de partícula.

6.6.2 OBSERVACIONES

Iniciamos con precalentamiento del horno de 3 horas con leña. A partir de las 8AM, se empezó a alimentar manualmente durante una hora la pasta impregnada, ya que la lumbre en la primera

etapa de la quema se apaga fácilmente si se aplica el aire del soplador. Después de las 9AM, se comenzó a alimentar el material con el sistema alimentador,

El material impregnado quemó muy bien, observándose que a las 10:30 la temperatura en la alimentación del horno rebasó los 1000°C. La temperatura máxima medida en la parte más fría del horno fue de 310°C a la media noche.

El material impregnado ardió muy bien, observándose que la parrilla refractaria ayuda de manera importante a la combustión de la pasta. Todo el tiempo se utilizó el soplador para alimentar la pasta observándose que al inyectar aire y lanzar el material al fondo del horno la combustión es más completa. Se utilizó una manguera metálica que entraba aproximadamente hasta 20 cm en la balsa, para poder dirigir la pasta directamente sobre la parrilla refractaria. Fue observada una mejora sustancial en la combustión del material y por lo tanto en la temperatura. Fue tal la temperatura que llegó a romperse la malla que soportaba la cerámica refractaria en la parte del medio, cayendo algunas cerámicas a la balsa.

La temperatura en el área de alimentación del material en ningún momento causó malestar a los operadores.

Figura 19: Parrilla refractaria posicionada a la entrada del horno



6.6.3 RESULTADOS

Se puede concluir después de esta prueba que la pasta de fibra seca, molida e impregnada de combustóleo es una manera recomendable de aprovechar el lodo residual de Cartones Ponderosa.

Los ladrillos horneados en esta prueba tienen una cierta cantidad de cenizas adheridas pero resulta aceptable, el color rojizo característico de ladrillos de buen valor de mercado, se logra gracias a la constante alimentación y buena combustión del material. Los ladrillos de la parte curva pegada a la chimenea salieron un poco ahumados pero perfectamente cocidos. El uso del horno sur, del sistema MK2 como filtro, funcionó bien reduciendo las emisiones sin afectar la cocción de los ladrillos. Adicionalmente podemos mencionar que en un estudio llevado a cabo por el Instituto Politécnico Nacional se concluyó que la falta de color en los ladrillos no afectaba su resistencia ni propiedades mecánicas.

Figura 20: Ladrillos del horno 1 en la quinta quema



6.7 SEXTA QUEMA

La sexta quema se realizó en el horno Sur del sistema MK2, en el que se conservaron las características originales de diseño. el día anterior se había utilizado este horno como filtro durante la quinta quema en el horno norte. Esta operación comenzó el 30 de noviembre de 2017 a las 19 hrs y se terminó el 1 de diciembre de 2017 a las 16 hrs, un día soleado con helada en la madrugada. La temperatura del ambiente al inicio de la prueba fue de 17°C y la temperatura en el segundo día fue de 25°C.

El calentamiento del horno se hizo con leña durante 2 horas. Después del calentamiento se alimentó la pasta impregnada con combustóleo (60 kg) por 2 horas, luego pasta molida en (190 kg) y pedazos de madera de pino y aglomerado (aproximadamente 1100 kg) por las siguientes 15 horas. La duración total de la quema fue de 19 horas, y se produjeron 8000 ladrillos. Después de una hora de precalentamiento se utilizó el soplador para inyectar aire para mejorar la combustión. La temperatura máxima alcanzada en la parte más fría fue de 495 C a las 14:30.

6.7.1 EMPAQUETADO DEL COMBUSTIBLE ALTERNO

Fueron probados alrededor de 100 paquetes de aproximadamente 500grs de pasta de fibra, seca, molida y adicionada con combustóleo, envueltos en papel kraft, se lanzaron de manera manual al horno cuando estaba bien caliente, la combustión fue instantánea y no se observó una diferencia con el combustible alterno lanzado con el soplador. Nuestra conclusión es que si es factible entregar el combustible en paquetes por conveniencia y presentación de su eventual comercialización, pero que no compensa agregar ese costo al proceso.

Figura 21: Combustible alterno empacado



6.7.2 EMPAQUETADO DEL COMBUSTIBLE ALTERNO

Se puede concluir después de esta prueba complementaria que el combustible alterno puede ser utilizado sin problema en el sistema MK2 como fue diseñado, que la idea generalizada de que no se puede usar un horno como filtro no tiene fundamento, basta con que se revise el correcto funcionamiento de las compuertas de comunicación entre los hornos y de las chimeneas. Los ladrillos horneados en esta prueba quedaron bien cocidos y tienen un color adecuado, faltó mantener por una hora más la alimentación de combustible. Los ladrillos de la parte curva pegada a la chimenea salieron un poco ahumados pero perfectamente cocidos. El uso del horno sur, del sistema MK2 como filtro, funcionó bien reduciendo las emisiones del horno norte y viceversa sin afectar la cocción de los ladrillos, sólo se notó un poco de humo en los ladrillos cocidos de la primera hornada. Creemos que asegurando mejor las compuertas este problema se puede minimizar.

Figura 22: Ladrillos del horno norte (1) ahumados por la quema del horno sur (2) sistema MK2



Figura 23: Ladrillos del horno 2 sistema MK2



ANÁLISIS ECONÓMICO DEL COMBUSTIBLE ALTERNO

Tabla 2: Costos del combustible alterno (CALT)

Concepto	Potencia	Cantidad	Unidad	Precio unitario \$	Costo unitario \$/ton CALT	Comentario
Fibra Ponderosa		800	Kg	\$-	\$-	Donación de Ponderosa
Combustóleo (20%)		222.2	lt	\$7.00	\$1,555.56	Comprado a precio de mayoreo
Electricidad en la producción					\$-	
-Mezclador	0.75	8	horas/ton CALT	\$0.97	\$7.78	
Mano de obra		8	horas MO/ton CALT	\$200.00	\$200.00	Adición del combustóleo
Total					\$1,763.34	

Tabla 3: Precios comparativos de los diversos combustibles usados en San Nicolás vs combustible alterno (CALT) a un precio preliminar de \$1,763.50/ton

Combustible	Cantidad	Unidad	Precio Unitario	Importe en \$	Millares	Precio por millar
Combustóleo	4.00	Tambo	\$900.00	\$3,600.00	8	\$450.00
Aceite quemado	5.00	Tambo	\$700.00	\$3,500.00	8	\$437.50
Aserrín de Madera/aceite quemado				\$3,200.00	8	\$400.00
-Madera	1.50	Toneladas	\$733.33	\$1,100.00		
-Aceite quemado	3.00	Tambo	\$700.00	\$2,100.00		
Madera/aceite quemado				\$2,900.00	8	\$362.50
-Madera	2.50	Toneladas	\$600.00	\$1,500.00		
-Aceite quemado	2.00	Tambo	\$700.00	\$1,400.00		
Madera de aglomerado/aceite quemado				\$2,852.00	8	\$356.50
-Madera de aglomerado	1.32	Toneladas	\$1,100.00	\$1,452.00		
-Aceite quemado	2.00	Tambo	\$700.00	\$1,400.00		
CALT	1.50	Toneladas	\$1,763.34	\$2,645.01	8	\$330.63

CONCLUSIONES

8.1 RESUMEN DE LAS PRUEBAS

Tabla: Información general de las pruebas

Prueba	Fecha	Pruebas realizadas	Información
1	26-06-2017	Secado al aire libre	Residuo tal como sale de la prensa fue extendido en Ponderosa y secado al sol
2	17-07-2017	Molido (menor escala)	Residuo secado al sol y molido en Ponderosa con molino pequeño
		Cribado	Residuo secado al sol y cribado, con aperturas de aproximadamente 2 cm
		Pelletizado	Residuo secado al sol y pelletizado
3	05-09-2017	Secado forzado	Residuo secado en secador rotatorio
		Fibra adicionada 1	Combustóleo adicionado utilizando el secador rotatorio
4	27-10-2017	Molido (gran escala)	Residuo secado al sol y molido en Wastnvalue con molino de gran escala
		Fibra adicionada	Combustóleo adicionado manualmente, prueba parcial
5	28-11-2017	Fibra adicionada	Combustóleo adicionado utilizando una mezcladora, prueba completa
6	30-11-2017 01-12-2017	Fibra adicionada y material molido	

8.2 VIABILIDAD TÉCNICA

Resumiendo lo aprendido en las pruebas realizadas, el combustible alternativo de la empresa Cartones Ponderosa es técnicamente viable bajo las recomendaciones listadas a continuación:

- Secar el material a 30% de humedad o menor (al sol o forzado)
- Triturar el material en una criba de 20 mm
- Impregnar la pasta de fibra molida de manera homogénea con un mínimo de 15–30% en peso de combustóleo, dependiendo de la humedad final
- Alimentar el combustible alternativo con ventilador centrífugo de 1 hp con un flujo de aire de 50m³/hora
- Utilizar una parrilla refractaria en la “balsa” del horno
- Precalentar el horno durante 1 hora con madera u otro combustible semejante
- Utilizar una alimentación continua del horno durante un mínimo de 18 horas

Ventajas técnicas del combustible alternativo:

- Volúmenes de materia prima que exceden las necesidades de los ladrilleros, con disponibilidad todo el año
- Facilidad de alimentación del combustible al horno
- Menor peso de combustible requerido en cada quema
- Mejor control de la temperatura
- Aprovechamiento de las cenizas para mejorar la calidad del ladrillo y reducir cantidad de la arena requerida (costos)

8.3 VIABILIDAD FINANCIERA

El combustible alternativo fabricado a escala comercial, puede ser vendido a un precio de \$1,600.00/ tonelada, requiriéndose 1.5 toneladas para una quema de un horno de 8,000 ladrillos lo que implica un costo de \$300.00/millar. Dicho costo es competitivo contra la alternativa más utilizada en los hornos de San Nicolás que es la combinación Madera/Aceite quemado, que tiene un costo que oscila entre \$350.00–\$400.00/millar. Para dar viabilidad a ese proyecto se requiere del apoyo decidido de la empresa Cartones Ponderosa Sigash y de la SEDESU para realizar la siguiente fase de esta iniciativa que es lograr la participación de los fabricantes de ladrillos artesanal, que ya cuentan con hornos MK2, en la decidida adopción del combustible alternativo, y en una fase subsecuente que sería la construcción e instalación de la planta de procesamiento. Un estudio previo de viabilidad a escala comercial presentado en el anexo 4 nos permite ver la dificultad en la implementación de este proyecto a nivel industrial y comercial, pues la depreciación de la maquinaria representaría el importe más relevante en la estructura de costos.

Una posibilidad que permitiría bajar de manera importante los costos y la inversión sería que la empresa Ponderosa pudiera proveer los lodos con menor humedad, digamos entre 20 y 30% y que los porciones de fibra sean de un tamaño menor, cercano a 10mm.

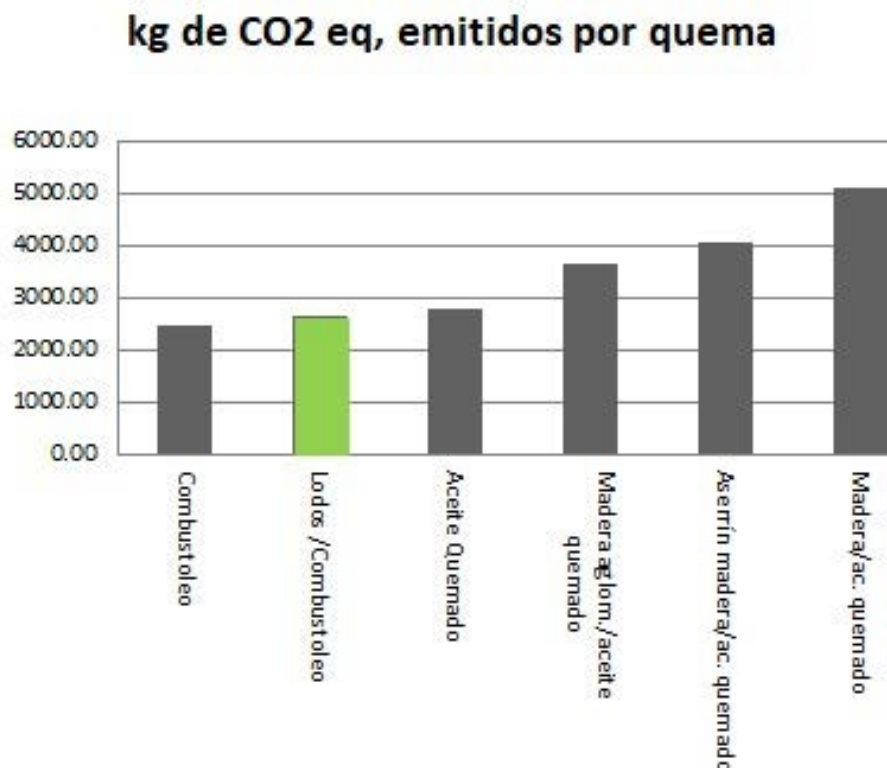
Otras ventajas financieras de ser adoptado el combustible alternativo:

- Menor peso de combustible requerido en cada quema
- Costo comparable a los combustibles más utilizados actualmente
- Aprovechamiento de las cenizas para mejorar la calidad del ladrillo y reducir cantidad de la arena requerida (costos)

8.4 VIABILIDAD ECOLÓGICA

- El estudio bibliográfico que permitió estimar las emisiones a la atmósfera del combustible y de acuerdo a los cálculos realizados, se concluye que el combustible preparado con el lodo residual de Ponderosa adicionado con combustóleo, es el segundo más limpio, en cuanto a generación de emisiones de gases comparado con los que son utilizados de forma tradicional, por cada quema para una producción de 8,000 ladrillos se producen 2639.49 kg de CO₂ equivalente, siendo de esta forma, únicamente más limpio el combustóleo.

Figura 24: Emisiones a la atmósfera



- Mediante levantamientos fotográficos comparativos las emisiones del combustible alternativo demostraron ser menores en cantidad y en nivel de partículas observadas

Figura 25: Ejemplos de una quema en hornos convencionales encontrados en la literatura



Figura 26: Levantamiento de una quema a diversas horas del día con el combustible alternativo propuesto



- Constatamos que el uso del sistema MK2 con este combustible es posible y recomendable

- La fórmula del combustible alternativo contiene fibra; carbohidratos y lignina impregnada con combustóleo, la combustión correcta con aire de la misma reduce de manera sensible las emisiones y riesgos a la salud
- El estudio de las cenizas permite concluir que el combustible deja residuos de óxidos que no son dañinos al suelo ni a la salud de los productores de ladrillos ni para sus familias y que estas pueden ser utilizadas en la mezcla con la arcilla para substituir arena.

Otras ventajas ecológicas:

- Menores daños a la salud de los ladrilleros y sus familias
- Menor exposición a la radiación de calor al aplicar el combustible
- Menor cantidad y toxicidad de las emisiones del horno
- Reducción del impacto ambiental del generador del residuo a ser aprovechado

8.5 VENTAJAS PARA CARTONES PONDEROSA

- Evitar el costo de la disposición de los lodos
- Reducir el impacto en la generación de gases de efecto invernadero
- Incluir la iniciativa en las actividades de sustentabilidad y apoyo social de la empresa

8.6 PRÓXIMOS PASOS

- Se propone realizar una fase de adopción del combustible alternativo por parte de los 9 productores que cuentan con hornos MK2
- Buscar la forma de financiar el lanzamiento de esta siguiente fase con miras a un escalamiento a nivel comercial
- Avanzar en el análisis de viabilidad comercial a un nivel más detallado basado en la prueba repetida en varios hornos de la comunidad de San Nicolás

AGRADECIMIENTOS

Este proyecto ha sido posible gracias al decidido apoyo de los siguientes funcionarios públicos de la SEDESU Querétaro y directivos de Cartones Ponderosa, a quienes expresamos nuestro más sincero agradecimiento

- Ing. Juan Manuel Navarrete Reséndiz. Subsecretario del medio ambiente
- Ing. Ricardo Javier Torres Hernández Director de Control Ambiental
- Ing. Antonio Rodríguez Demeneghi. Director General División Papel OEM
- Ing. Saúl Guzmán Espinosa. Director General de Cartones Ponderosa

BIBLIOGRAFIA

- Nonhebel G. y Moss A., Drying of Solids in the Chemical Industry, The Chemical Rubber Co., Cleveland, (1971)
- Programa de Eficiencia Energética en Ladrilleras de América Latina para Mitigar el Cambio Climático, Manual de hornos eficientes en la industria ladrillera, (2015)
- Rodríguez Ramírez Juan, Efecto de un Horno MK2 en la Calidad del Ladrillo, IPN CIIDIR Unidad Oaxaca, Oaxaca (2015)
- Manual de buenas prácticas en la elaboración de ladrillos, Arequipa (2008)
- Cruz López Eva, UTEQ, Diagnóstico de hornos ecológicos MK2 en el Municipio de San Juan del Río, (2013).
- Sandford Folke y Liljegren Berne, “ La formación de color en ladrillos rojos y amarillos”, Chalmers University of Technology, Gotemburgo, (1963)
- G. Alex Stege Jose Luis Davila, "Manual del Usuario Modelo Mexicano de Biogas 2009 v2", Environmental Protection Agency
- https://www.eda.admin.ch/content/dam/countries/countries-content/bolivia/es/hornero-tecnologico_ES.pdf
- Development of Briquettes from Waste Wood (Sawdust) for Use in Low-income Households in Piura, Peru Eduardo A. Sánchez* Member, IAENG, Milagros B. Pasache, Marcos E. García
- http://www.leon.gob.mx/medioambiente/images/2DOCONGRESOAIRE/PONENCIA_4/Tere_VersionNueva_.pdf
- https://www.ctc-n.org/sites/www.ctc-n.org/files/UNFCCC_docs/ref34x13_35.pdf

ANEXO 1: RESUMEN DE 3 PROYECTOS SEMEJANTES EN 3 PAISES DIFERENTES

A continuación, se presentan 3 proyectos que apoyan nuestra propuesta y que se llevaron a cabo en tres países con el fin de lograr una disminución de la contaminación: Proyecto 1. cambio de combustible, proyecto 2. optimización del proceso de combustión y proyecto 3. nueva tecnología y cambio de la ya existente por nuevos hornos de mayor eficiencia.

Proyecto 1: “Proyecto EELA – Eficiencia Energética en Ladrilleras y Yeseras Artesanales (proyecto de la Cooperación Suiza en Bolivia, implementado por Swisscontact).”

Lugar: Bolivia

Fecha: Septiembre de 2016

Descripción de la propuesta:

Mejora de la propuesta eficiencia energética implementando equipos como:

- a) Ventiladores, sopladores, turbinas
- b) Biodosificadores

- a) Ventiladores, sopladores, turbinas

La producción artesanal se caracteriza por el uso de hornos poco eficientes. La escasa presencia de aire hace que el combustible utilizado no se queme en su totalidad, resultando un mayor gasto de del mismo ya que se requiere mayor cantidad de combustible para la quema. Además de la pérdida económica que conlleva una quema ineficiente, se contamina más el medio ambiente ya que el horno emite partículas y gases contaminantes que afectan la salud y generan gases de efecto invernadero que aportan al cambio climático

Los ventiladores, sopladores, turbinas de aire u otros equipos mecánicos generan una corriente o flujo de aire dentro los hornos aportando el oxígeno necesario para la combustión y distribuyendo el calor de manera uniforme.

Se recomienda el uso de ventilador para mejorar la eficiencia del proceso de combustión de modo que se pueda ahorrar combustible, mejorar la calidad de los productos y, por

consiguiente, incrementar los beneficios económicos y reducir la contaminación ambiental que genera esta actividad.

Ventajas

- Optimiza la relación aire combustible de manera eficiente, reduciendo el tiempo de quema en al menos 30% y uso del combustible entre 30 al 50%
- Permite que el flujo de calor se distribuya mejor y así mejore la cocción del producto, que tendrá un mejor precio de venta incrementando las ganancias totales hasta en un 20%
- Se reducen las pérdidas de producción en al menos un 20% (mermas)
- Se optimiza el uso de combustible por lo que se ahorra dinero y se incrementan las utilidades
- Se requiere menos esfuerzo y personal para suministrar el combustible
- Mejora las condiciones de trabajo y de salud de los operarios del horno
- El ventilador se puede aplicar en todo tipo de horno tanto para yeseras como ladrilleras realizando adaptaciones menores
- Puede operar con otros biocombustibles como cascarillas de granos y residuos forestales, usando accesorios complementarios como dosificadores o alimentadores.
- Se emiten menos partículas y gases contaminantes, o que beneficia a la población aledaña

Costo de inversión inicial:

Baja inversión= USD \$ 800 – \$2,000

b) Biodosificadores

Los Biodosificadores son maquinarias que, como su nombre lo indica, permiten ir dosificando el combustible de acuerdo a requerimiento a fin de obtener una buena quema. El biodosificador incluye ventilador y dosificador y su diseño va de acuerdo al tipo de combustible que utiliza, requerimientos de quema y las características del tipo de horno a utilizar.

Utilizar biocombustibles sólidos como lo son: materia orgánica de origen animal o vegetal que puede ser utilizada con fines energéticos Biomasa. Se refiere a los residuos sólidos orgánicos que pueden ser utilizados como combustible alternativo para numerosas industrias que necesitan calor en sus procesos y servicios. Ejemplos: la cáscara de almendra, semillas de girasol, briquetas de girasol, guano, chala de arroz, cascara de almendra, etc.

inversión= USD \$ 2,100 – \$5,000 Costo de mantenimiento USD\$500/año

Fuentes consultadas

https://www.eda.admin.ch/content/dam/countries/countries-content/bolivia/es/hornero-tecnologico_ES.pdf

Proyecto 2: “Desarrollo de Briquetas a partir del residuo de la industria maderera (aserrín) en Hogares de escasos recursos”

Lugar: Piura, Perú

Fecha: Julio de 2014

Descripción de la propuesta:

La propuesta consiste en la elaboración de briquetas a partir de residuos generados en las principales de empresas madereras (aserrín) ubicadas en la Región Piura del Perú. Esta madera de desecho actualmente carece de un propósito útil, y su combustión indiscriminada genera emisiones de CO y CO₂.

A través de un proceso de secado y compresión, se obtuvieron briquetas de aserrín con las siguientes características: 19.8 MJ x kg, 10% de humedad, 894 kg / m³, 1.3% de cenizas, 15.29% de carbono fijo, y 83.41% de materia volátil.

La briqueta de aserrín tiene resultados positivos en comparación con los materiales biocombustibles actualmente utilizados, con un mayor volumen densidad, niveles similares de poder calorífico, menor humedad y bajos niveles de carbono fijo, cloro y azufre, promueven un ambiente más saludable para el consumidor y el ambiente.

Los resultados obtenidos muestran que las briquetas de aserrín son un sustituto perfecto de los combustibles provenientes de la tala ilegal de la reserva forestal seca en Piura que se utilizan actualmente en las estufas domésticas y en las pequeñas empresas como fábricas de ladrillos, sector alimentario en un 55,81% de las familias de la región. El contenido de energía de las briquetas de aserrín se considera suficiente para uso doméstico en sectores de bajos ingresos.

ETAPAS DEL PROYECTO:

- Acondicionamiento de la planta piloto
- Estudios energéticos físicos y químicos
- Talleres de Sensibilización
- Pruebas de producto en negocios que utilizan leña

Costo

El precio de las briquetas era de 1,49 USD / kg, y la disposición a pagar fue de US \$ 0,75 / kg, más alta que el costo de producción es de US \$ 0,14 / kg.

Fuentes consultadas

- <http://udep.edu.pe/hoy/2013/briquetas-ecologica-combustion/>

Development of Briquettes from Waste Wood (Sawdust) for Use in Low-income Households in Piura, Peru Eduardo A. Sánchez* Member, IAENG, Milagros B. Pasache, Marcos E. García

Proyecto: “HORNO ECOLÓGICO QUE PRODUCE LADRILLO ARTESANAL: MK2”

Lugar: San Luis Potosí, México

Fecha: Septiembre de 2017

Descripción de la propuesta:

El horno MK2 se basa en un sistema acoplado de dos hornos conectados en serie provistos de domos con chimeneas laterales, dentro de los hornos se realiza el cocimiento de manera alternada. Mientras en uno se hace la quema de la carga, los humos que se generan son canalizados al segundo horno para el pre-cocido de la segunda carga de ladrillos crudos, etapa en la cual algunos contaminantes son absorbidos o retenidos en el cuerpo de los adobes. Cada uno de los hornos tiene una capacidad promedio de 8 mil ladrillos.

- Con esta tecnología es posible obtener un ahorro del combustible de hasta un 50%
- Una reducción del 30% en tiempo de cocción 14 a 18 horas
- Producción mensual estimada entre 8,000 a 10,000 ladrillos
- Combustible: Biomasa, residuos industriales, derivados de petróleo
- Horno fácil de construir

Costos:

Costo de tecnología (año 2012) \$ 10.000 USD

Fuentes consultadas:

- http://www.leon.gob.mx/medioambiente/images/2DOCONGRESOAIRE/PONENCIA_4/Tere_VersionNueva_.pdf
- https://www.ctc-n.org/sites/www.ctc-n.org/files/UNFCCC_docs/ref34x13_35.pdf

ANEXO 2: PUBLICACIONES

RELACIONADAS A LA PROBLEMÁTICA DE LOS HORNOS DE LADRILLEROS

Reviven hornos contaminantes

19 de Julio del 2004

Actualizado: 1:16:49 AM hora de Cd. Juárez

Horacio Carrasco Soto EL DIARIO

A un año y medio de que se inauguró en la ciudad el programa de hornos ladrilleros ecológicos MK-2, la mayoría están abandonados y sus propietarios han vuelto a trabajar con los cocedores contaminantes de antes.

Los productores de ladrillo dejaron de usar estos cocedores ecológicos que costaron entre 8 mil y 9 mil dólares cada uno, argumentado fallas en su diseño, deficiente construcción e incosteabilidad por su menor capacidad.

Otros industriales que sí los han seguido utilizando, no obstante los trabajan igual que a los convencionales, sin activar el proceso de filtración de emanaciones que fue el propósito de su creación.

En el 2002 se aprobó el primer proyecto de control de emisiones y El Paso Electric Company destinó 400 mil dólares a fondo perdido para convertir 60 hornos convencionales juarenses en MK-2, dice Figueroa.

Se construyeron 21 obradores ecológicos: 11 en la colonia México 68, cinco en la Estrella del Poniente, cuatro en la Kilómetro 20 y uno en el centro de capacitación.

Para entregarle un nuevo equipo a un ladrillero, se derribaba su horno contaminante y se le construía uno ecológico, explica.

El proyecto se inauguró en diciembre del 2002, con 20 hornos en producción y uno para capacitación, quedando 40 pendientes de edificarse en un futuro proyecto.

Construyen primer horno ecológico en San Nicolás

El Sol de San Juan del Río 14 de septiembre de 2013

Redacción

San Juan del Río, Qro.- El Presidente Municipal de Tequisquiapan, Luis Antonio Macías Trejo, colocó la primera piedra del primer horno ecológico de la comunidad de San Nicolás, que operará la Cooperativa de Ladrilleros de dicha comunidad.

http://www.sanjuanense.com/detalles_Construyen-primer-horno-ecologico-en-San-Nicolas,3525,0,0.htm

DETERMINACION DE BIFENILOS POLICLORADOS EN SUELO DE LA POBLACIÓN DE SAN NICOLÁS, MUNICIPIO DE TEQUISQUIAPAN

Ana Lilia BARRÁN BERDÓN¹, Fernando DÍAZ_BARRIGA MARTINEZ³, Virgilio Antonio GARCÍA GONZALEZ¹, Humberto GÓMEZ RUIZ², Victor Manuel MONDRAGON¹, Gustavo PEDRAZA ABOYTES¹, Beatriz VERDUZCO CUELLAR¹

¹ Universidad Autónoma de Querétaro, Facultad de Química. Cerro de las Campanas s/n Centro Universitario, Col. Las Campanas. Querétaro, Qro. CP

RESULTADOS

Las 50 muestras analizadas muestran contener BIFENILOS POLICLORADOS, 21 muestras tiene concentraciones arriba de lo que marca la norma (NOM-133-SEMARNAT-2000) para suelo residencial (5mg/Kg.), solo dos de las 50 se encuentran por debajo de los valores máximos permisibles para suelo de uso agrícola. En la tabla I se muestran las concentraciones de BPCs encontradas.

Es importante mencionar que la mayoría de los hornos se encuentran en los patios de las casas y que en la producción de ladrillos participa toda la familia, por lo cual la exposición a los contaminantes puede ser diariamente.

DISCUSIÓN

Todas las muestras procesadas contuvieron BPCs. El valor más alto fue de 1517.39 mg/kg y correspondió a una muestra obtenida de un lote donde se almacenan los aceites para su posterior distribución a las ladrilleras. Este sitio se ubica en la población de Bordo -Blanco (ubicada aproximadamente a 2km. de San Nicolás). En la población de

San Nicolás el valor máximo encontrado en suelos fue 370.76 mg/Kg. El valor de concentración más bajo fue de 0.15 mg / kg.

Querétaro, Qro., 20 de agosto. De 450 ladrilleras que hay en la entidad, sólo 19, es decir, poco más de 4 por ciento, tienen hornos ecológicos MK2, con los que se reduce la contaminación y se evitan daños a la salud. Las otras 431 queman toda clase de materiales y muchas están fuera de control.

Desde 2005, especialistas de las universidades Nacional Autónoma de México y Autónoma de Querétaro examinaron el humo de las ladrilleras de San Nicolás, Tequisquiapan, e identificaron entre sus componentes los policloruros de bifenilo (askareles), incluidos por el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente entre los 12 contaminantes más nocivos y cuyo uso fue prohibido en México en 1970.

Otra materia identificada fue la dioxina, que es poco o nada biodegradable y se acumula en suelos, sedimentos y tejidos orgánicos; pero las cientos de ladrilleras también distribuidas en los municipios de San Juan del Río, El Marqués y Querétaro no se incluyeron en la muestra, y se desconocen el volumen y composición de sus tóxicos.

ANEXO 3: DATOS RELACIONADOS CON EL COMBUSTIBLE, PROPORCIONADOS POR LOS LADRILLEROS ARTESANALES

Diferentes combustibles utilizados para la cocción de los ladrillos

Aceite

Información de Pascual Martínez; cuesta el tambo de 200 litros a \$700 en San Nicolás

Madera

Información de Armando Quiroz

Dice que él compra por viaje la madera, y el camión por lo menos trae aproximadamente 3,8 ton hasta un máximo de 7 ton, que el viaje le cuesta \$3000. Que su consumo de combustible para una quema de 8000 ladrillos es de 2 tambos de aceite y 2 ½ ton de madera. Recientemente compró 300 tarimas de aglomerado en dos ocasiones diferentes (3.9 ton a \$1000/ton).

Información de Sergio Ordaz

Platicando nuevamente con él, me dice que casi no compra madera, porque el aserrín que él trae se lo regalan porque es desperdicio; con tal de que limpie el lugar y lo saque se lo regalan. Es aserrín fino revuelto con pedazos de madera muy pequeños. (entre 5 a 20 cm la mayoría). En la quema que realizó la semana pasada en su horno tradicional utilizó 3 tambos de aceite quemado y 1 1/2 ton de aserrín ; utilizó aceite porque su aserrín estaba mojado .

Información de Guadalupe Lira

El y su hermano le compran la madera a una constructora grande. Les dan el viaje a \$1000, son como 3.5 ton pero él y su hermano le limpian el lugar a la constructora y van escogiendo la padecería y lo que ya no sirve para cimbrar. Me comenta que la madera tiene dos usos en la cimbra porque la van cortando a la medida y en una tercera ocasión ya no es fácil acomodarla por lo que la desechan; son polines y tarimas de cimbra. Si

ellos no llevan transporte propio les cobran el flete a \$700. Cuando lo encargan , les cobra el camión a \$3500 el viaje y trae aproximadamente 5 ton.

Información de Albino Martínez

El no compra la madera. La consigue en una fábrica de sillas, solo tiene que ir a recogerla y dejar limpio el lugar, llevar su propio transporte. La última quema que hizo utilizó 2 tambos de aceite porque no tenía suficiente madera.

CONCLUSION. Dentro de su estructura de costos el combustible es lo que tiene mayor impacto económico, de qué quemen y cuánto les cueste depende en gran medida el beneficio económico que puedan tener.

Por ejemplo para fabricar 8000 ladrillos necesitan un poco más de 2 viajes de arcilla y 2 viajes de arena que tienen un costo de \$2285.

Para cocer esos ladrillos necesitan de 4 a 6 tambos de aceite \$2800 a \$ 4200 o una combinación de madera y aceite., en la medida que utilizan más madera y sobre todo si la consiguen a costo cero tienen margen de utilidad.

Los costos de fabricación, carga de horno y quemado no los toman en cuenta porque no representan para ellos un desembolso de dinero ya que lo realizan ellos mismos ayudados por sus hijos o en el peor de los casos pagan solo un ayudante.

San Nicolás , Tequisquiapan a 4 de diciembre de 2017

Entrevistas realizadas por Daniel Esparza

ANEXO 4: ANÁLISIS DE CENIZAS

Laboratorio Metalúrgico Courtade, S.A. de C.V.

Arista No.1020
Col. Tequisquiapan
San Luis Potosí, S.L.P. México C.P.78250

Tel. / Fax (444)8134740
e-mail: labcourtade@credioy.net.mx

SAN LUIS POTOSÍ, S. L.P. A: 16 de Enero del 2018 CERTIFICADO No. 552
MUESTRA PRESENTADA POR: WASTNVALUE DE MEXICO S.A DE C.V
ATENCIÓN: Srta. Elena Lozano
DIRECCIÓN: León Balderas No. 2 C3-302, Col. San Francisquito Querétaro

MUESTRA

1	Ca	%	=	18.34
2	CaO	%	=	25.66
3	SiO ₂	%	=	25.85
4	Al ₂ O ₃	%	=	20.05
5	MgO	%	=	2.70
6	Fe ₂ O ₃	%	=	4.86

ATENTAMENTE

Ing. Víctor Rivera Betancourt.]

LABORATORIO METALURGICO COURTADE, S. A DE C.V.

ANEXO 5: ESTIMACIÓN DE EMISIONES A LA ATMÓSFERA

a. Estimación de Emisiones

Para estimar las emisiones a la atmósfera generadas en la producción de ladrillos, usando como combustible el lodo residual de Ponderosa adicionado con combustóleo, se utilizó la metodología de factores de emisión publicado en el Diario Oficial de la Federación el 3 de septiembre del 2015 y los datos de poder calorífico de la publicación del DOF del 30 noviembre de 2015.

Por el proceso en donde se genera el lodo residual y su caracterización, se considera que el residuo tiene los componentes del papel con agua adicionada, por lo que para fines de esta estimación, se consideran los datos disponibles para el papel y se realizan los cálculos necesarios para tomar en cuenta la humedad del lodo.

Los contaminantes considerados en el acuerdo publicado por SEMARNAT son los siguientes:

- Bióxido de Carbono (CO₂)
- Metano (CH₄) y
- Óxido Nitroso (N₂O)

A continuación se muestra los factores de emisión y poder calorífico utilizados

COMBUSTIBLE	FACTORES DE EMISIÓN			PODER CALORIFICO
	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	
UNIDAD MEDIDA	t/MJ	kg/MJ	kg/MJ	
Lodo residual Ponderosa *	1.00E-04	3.00E-05	4.00E-06	1.63E+04 MJ/t
Combustóleo	7.74E-05	3.00E-05	6.00E-07	6.30E+03 MJ/bl

* El poder calorífico es en base seca

Considerando los resultados de las pruebas realizadas, para la producción de un lote (quema) de 8,000 ladrillos se requiere 1.5 toneladas de combustible preparado (lodo residual acondicionado más combustóleo) y para la producción (quema) de 4,000 ladrillos se requiere una tonelada de combustible preparado. El combustible preparado se compone de 70% de lodo residual acondicionado y hasta un 30% de combustóleo.

Las emisiones a la atmósfera son las siguientes:

COMBUSTIBLE	EMISIONES A LA ATMÓSFERA					
	8,000 Ladrillos			4,000 Ladrillos		
CONTAMINANTE	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	CO ₂	CH ₄	N ₂ O
UNIDAD	ton	Kg	kg	ton	kg	kg
Lodo residual	1.20	0.36	0.048	0.80	0.24	0.0320
Ponderosa						
Combustóleo	1.38	0.053	0.011	0.92	0.036	0.0071
Total por quema	2.58	0.413	0.059	1.72	0.276	0.0391

b. Justificación estudio NOM-035-SEMARNAT-1993, HAP y carbono negro

La NOM-035-SEMARNAT-1993 es una norma utilizada por las autoridades ambientales en sus estaciones de monitoreo ambiental, para determinar la concentración de partículas suspendidas totales y conocer la calidad de aire de una zona o región de una ciudad o municipio.

Para fines de este proyecto, por la localización del horno en donde se realizaron las pruebas, que está inmerso en una zona rodeado de hornos ladrilleros convencionales y quema de combustibles diversos, un monitoreo ambiental de captación de alto volumen como lo es la NOM-035-SEMARNAT-1993, no es aplicable, ya que se estarían midiendo las emisiones promedio del medio ambiente de la región y no del horno en donde se realizan las pruebas.

La determinación de HAP's y carbono negro en el horno ladrillero MK2 que se utilizó como un horno para realizar las pruebas, no cuenta con la infraestructura requerida para realizar un monitoreo de emisiones, tales como chimenea y puerto de muestreo, por lo que no se realizó el monitoreo de estos parámetros.

c. Comparación de las emisiones generadas con mezclas utilizadas tradicionalmente contra combustible preparado (lodos de la industria del papel adicionado con combustóleo)

Para la quema (producción) de 8,000 ladrillos, se utilizan distintos combustibles de manera convencional, que son utilizados solos o en combinación con otro combustible. Las cantidades y/o proporciones utilizadas de los combustibles para alcanzar las temperaturas y calor adecuado en los hornos son los que se señalan en la tabla:

	Combustible	Cantidad	Unidades
A	Combustóleo	4	tambo
B	Aceite Quemado	5	tambo
C	Madera	1.5	toneladas
	Aceite Quemado	3	tambo
D	Madera	2.5	toneladas
	Aceite Quemado	2	tambo
E	Madera de aglomerado	1.32	toneladas
	Aceite Quemado	2	tambo

Para estimar la emisión de gases producidos durante de la quema de cada una de las mezclas combustibles incluidas en la tabla, se utilizó la metodología de factores de emisión publicado en el DOF, como se menciona anteriormente

Los factores de emisión, y los poderes caloríficos para realizar los cálculos son:

COMBUSTIBLE	FACTOR DE EMISION			PODER CALORÍFICO
	CO2	CH4	N2O	
UNIDAD DE MEDIDA	t/MJ	kg/MJ	kg/MJ	
Aceite quemado: Lubricantes	7.33E-05	3.00E-06	6.00E-07	6,037 (MJ/bl)
Madera (20% de humedad)	1.12E-04	3.00E-05	4.00E-06	14000 (MJ/t)
Madera de aglomerado: Paneles, fibras, partículas y pedacería de madera	1.00E-04	3.00E-05	4.00E-06	19046.5 (MJ/t)
Combustóleo pesado	7.74E-05	3.00E-06	6.00E-07	6,296 (MJ/bl)

Las emisiones generadas por cada uno de los combustibles convencionales utilizados son:

a. Combustóleo

EMISIONES A LA ATMOSFERA			
CONTAMINANTE	CO ₂	CH ₄	N ₂ O
UNIDAD	kg	Kg	Kg
Combustóleo	2455.47	0.10	0.02

b. Aceite quemado

EMISIONES A LA ATMOSFERA			
CONTAMINANTE	CO ₂	CH ₄	N ₂ O
UNIDAD	kg	Kg	Kg
Aceite quemado	2786.95	0.11	0.023

c. Aserrín de madera/Aceite quemado

EMISIONES A LA ATMOSFERA			
CONTAMINANTE	CO ₂	CH ₄	N ₂ O
UNIDAD	kg	Kg	Kg
Madera	2352.00	0.63	0.08
Aceite quemado	1672.17	0.07	0.01
Total por quema	4024.17	0.70	0.10

d. Madera/aceite quemado

EMISIONES A LA ATMOSFERA			
CONTAMINANTE	CO ₂	CH ₄	N ₂ O
UNIDAD	kg	Kg	kg
Madera	3920.00	1.05	0.14
Aceite quemado	1114.78	0.05	0.01
Total por quema	5034.78	1.10	0.15

e. Madera de aglomerado/aceite quemado

EMISIONES A LA ATMOSFERA			
CONTAMINANTE	CO ₂	CH ₄	N ₂ O
UNIDAD	kg	Kg	kg
Madera	2514.14	0.75	0.10
Aceite quemado	1114.78	0.05	0.01
Total por quema	3628.92	0.80	0.11

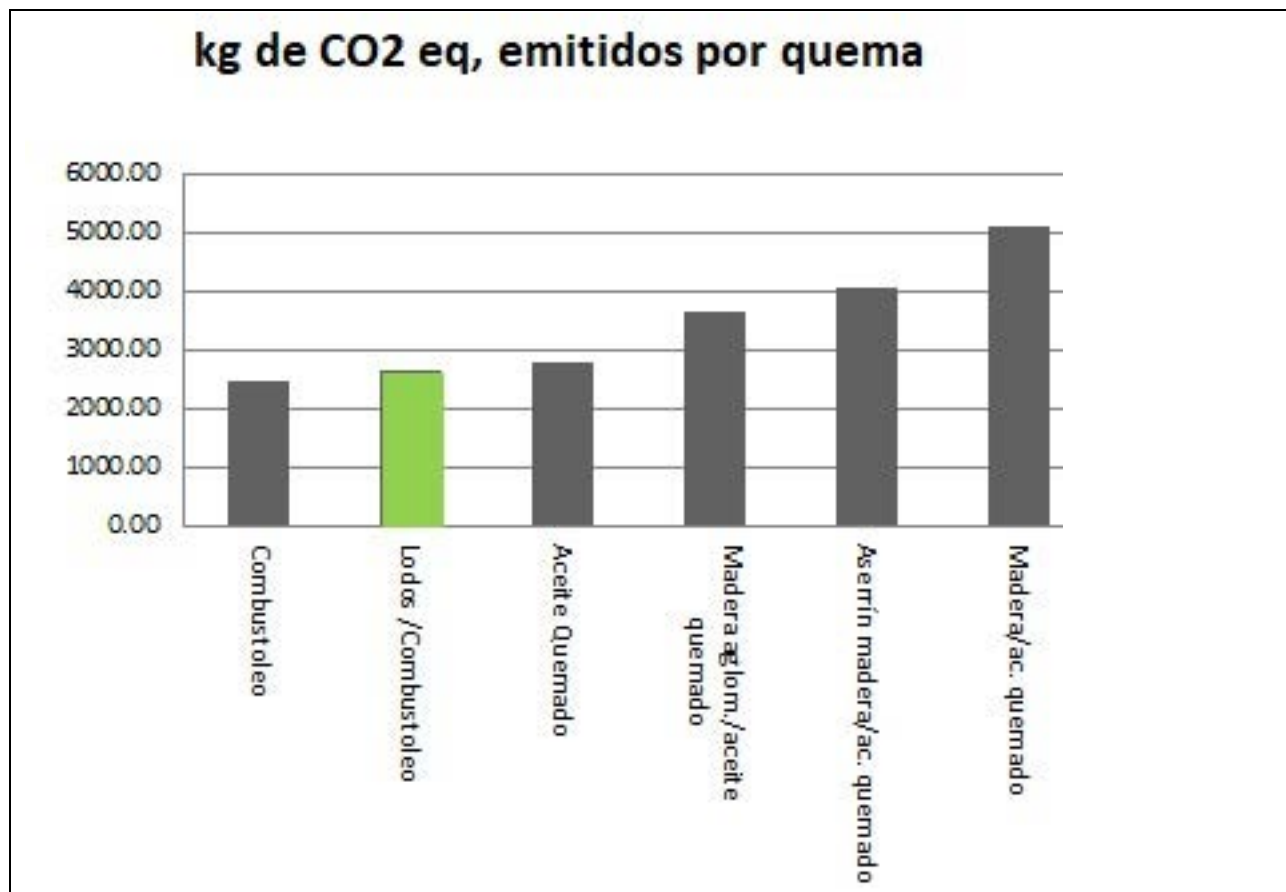
Para llevar a cabo la comparación entre las emisiones generadas por el combustible preparado y los combustibles utilizados convencionalmente, se realizó el cálculo de las emisiones totales de CO₂equivalente, las equivalencias de los gases CH₄ y N₂O, son:

CO ₂ EQUIVALENTE
CH ₄ = 28 CO ₂
N ₂ O= 265 CO ₂

En la tabla se muestran las emisiones totales de CO₂ equivalente, generadas para cada uno de los combustibles

	Combustible	kg. de CO ₂ eq. Generados por Quema
A	Combustóleo	2462.98
B	Aceite Quemado	2796.19
C	Aserrín de madera/aceite quemado	4069.61
D	Madera/aceite quemado	5104.98
E	Madera de aglomerado/aceite quemado	3680.38
F	Lodo residual Ponderosa/Combustoleo	2639.49

De acuerdo a los cálculos realizados y a las gráficas, se concluye que el combustible preparado con el lodo residual de Ponderosa adicionado con Combustóleo, es el segundo más limpio, en cuanto a generación de emisiones de gases comparado con los que son utilizados de forma tradicional, por cada quema para una producción de 8,000 ladrillos se producen 2639.49 kg de CO₂ equivalente, siendo de esta forma, únicamente más limpio el combustóleo.



ANEXO 6: ESTUDIO PRELIMINAR DE VIABILIDAD A NIVEL COMERCIAL

OPORTUNIDAD

1.1 PROBLEMA Y SOLUCIÓN

1.1.1 PROBLEMA QUE VALE LA PENA RESOLVER

Las comunidades productoras de ladrillos artesanales se encuentran marginadas de los beneficios del acceso al financiamiento, los medios de producción y el contacto con los mercados modernos. Los combustibles utilizados por los artesanos representan el desembolso económico más importante en cada lote de ladrillos así como también la amenaza más grave a la salud tanto de los propios productores como de las familias localizadas en la comunidad.

1.1.2 NUESTRA SOLUCIÓN

En conjunto la SEDESU, la empresa Cartones Ponderosa y Sigash proponemos que los ladrilleros artesanales de la zona de San Nicolás Tequisquiapan utilicen un combustible alternativo producido con medios asequibles y materias primas disponibles todo el año en la región.

1.2 MERCADO OBJETIVO

El mercado regional para el cual se dirige este proyecto consta de aproximadamente 100 emprendimientos ladrilleros que están activos actualmente, con una producción media anual de 100,000 ladrillos cada uno o sea 10 millones de ladrillos por año, con un valor de mercado aproximado de 20 millones de pesos anuales.

1.3 COMPETICIÓN

1.3.1 ALTERNATIVAS ACTUALES

Actualmente los combustibles utilizados son muy variados, los que mayormente constatamos en la práctica durante el desarrollo de este proyecto son:

ANEXO 4: ESTUDIO PRELIMINAR DE VIABILIDAD A NIVEL COMERCIAL

- Desperdicios de madera
- Aserrín
- Aceite industrial y automotor quemado
- Mezclas de los tres anteriores
- Grasas y aceites usados provenientes de carnicerías y cocinas industriales
- Residuos de solventes industriales
- Basura y plásticos

1.3.2 NUESTRAS VENTAJAS

El combustible que proponemos ofrece las siguientes ventajas:

- Volúmenes de materia prima que exceden las necesidades de los ladrilleros, con disponibilidad todo el año
- Facilidad de alimentación del combustible al horno
- Menores daños a la salud de los ladrilleros y sus familias
- Menor peso de combustible requerido en cada quema
- Mejor control de la temperatura
- Menor exposición a la radiación de calor al aplicar el combustible
- Menor cantidad y toxicidad de las emisiones del horno
- Costo comparable a los combustibles más utilizados actualmente
- Reducción del impacto ambiental del generador del residuo a ser aprovechado
- Aprovechamiento de las cenizas para mejorar la calidad del ladrillo y reducir cantidad de la arena requerida (costos)

EJECUCIÓN

2.1 MARKETING Y VENTAS

2.1.1 PLAN DE MARKETING

Una campaña de sensibilización y cambio cultural será necesaria para difundir y dirigir a los productores artesanales al uso del combustible alternativo, los medios para lograr ese objetivo pueden ser entre otros:

- Talleres para dar a conocer el combustible alternativo, la forma de uso y sus beneficios
- Talleres para lograr un cambio cultural que permita entender los beneficios de cuidar de la salud personal y familiar, proteger el medio ambiente, de mejorar la calidad de vida e la integración a los mercados modernos
- Mensajes en la radio, para resaltar la importancia de la contribución de los ladrilleros artesanales al cuidado del medio ambiente
- Panfletos educativos
- Vincular los apoyos para la construcción de nuevos hornos MK2 al uso del combustible alternativo
- Dar un nombre atractivo al combustible

2.1.2 PLAN DE VENTAS

Precio: Iniciar con un precio de \$1,600.00 pesos la tonelada, la venta será de contado en un inicio con posibilidad futura de ofrecer crédito de una semana

Promoción: Iniciar con un apoyo de flete del combustible sin costo a los primeros que adopten la solución, más asistencia técnica sin costo para enseñar el uso y manejo adecuado del combustible, adicionalmente y mediante un depósito en garantía se prestará el equipo que compone el sistema de alimentación del combustible mientras realiza su quema.

Producto: El producto se puede ofrecer a granel listo para ser alimentado al horno, se transportaría en un pequeño vehículo y se descargaría a pie del horno

Plaza: Inicialmente sólo se considerará la comercialización en la comunidad de San Nicolás Tequisquiapan.

Canal: La venta será directa del productor del combustible al ladrillero sin pasar por intermediarios

ANEXO 4: ESTUDIO PRELIMINAR DE VIABILIDAD A NIVEL COMERCIAL

Calidad: Los parámetros más importante de la calidad serán: Humedad <30%, adición de combustóleo de 25–30%, trituration de la fibra menor a 10mm

2.2 OPERACIONES

2.2.1 UBICACIONES E INSTALACIONES

La ubicación del proyecto se debe hacer en un lugar vecino a las ladrilleras, debe haber un terreno con una superficie mínima de 2,000 m² para poder extender la pasta para su secado; en cantidad al menos equivalente a 2 camiones, aproximadamente 28m³, lo que es suficiente para 10 quemas.

Las instalaciones deben contar con una superficie techada de al menos 500m² para albergar los equipos y áreas listados a continuación:

- Secador rotatorio con longitud de 15 m
- Triturador con capacidad de 300kg/hora
- Mezclador para impregnar la pasta con combustóleo
- Área de almacenamiento para pasta seca
- Área de almacenamiento para pasta triturada
- Área de almacenamiento para combustible terminado
- Horno ladrillero MK2 para realizar pruebas y para generar calor para secar la pasta en el secador rotatorio

Adicionalmente en la planta deberán existir los siguientes equipos

- Camioneta de 3.5tons para transporte de combustible
- Carretillas para mover los materiales
- Palas y utensilios para remover y mezclar los materiales
- Tanque para el almacenamiento del combustóleo
- Calentador para el combustóleo

2.2.2 TECNOLOGÍA

Preparación del Combustible alterno

Materias primas:

- Pasta de fibra generada en la planta de aguas residuales de Cartones Ponderosa
- Combustóleo

Equipo

ANEXO 4: ESTUDIO PRELIMINAR DE VIABILIDAD A NIVEL COMERCIAL

- Secador rotatorio
- Triturador
- Mezclador
- Horno para generar aire caliente
- Calentador de combustóleo
- Equipos diversos para movimientos de materiales

Principales etapas del Proceso de producción

- Recibir las materias primas
- Secar al sol o en el secador rotatorio de la pasta de fibra
- Triturar la pasta de fibra
- Pre-tratar el combustóleo (calentamiento)
- Adicionar el combustóleo a la pasta triturada
- Almacenar el combustible alternativo
- Transportar el combustible alternativo a los hornos de los clientes

Quema del combustible

Materias primas:

- Combustible alternativo
- Madera

Equipo

- Sistema de alimentación de aire y combustible (Ventilador centrífugo y mangueras)
- Carretilla para transporte de material
- 2 Parrillas refractarias

Principales etapas del Proceso de quemado

- Con los dos hornos MK2 previamente cargados de ladrillos crudos y las dos parrillas refractarias acomodadas
- Recibir a pie del horno el combustible alternativo
- Precalentar durante una hora el horno 1 con madera preferentemente
- Alimentar constante el combustible alternativo mediante el sistema de alimentación a un ritmo aproximado de 1kg/minuto o 60 kg por hora, durante 18 horas
- Permitir el paso de los gases de combustión al horno 2 desde el inicio
- Cerrar las salidas del horno 1 a partir de que se alcancen los 200°C

ANEXO 4: ESTUDIO PRELIMINAR DE VIABILIDAD A NIVEL COMERCIAL

- Alimentar con mayor intensidad hasta alcanzar los 350°C en la parte más fría del horno
- Mantener con alimentación constante de 1 kg/minuto durante 3 horas después de alcanzar los 350°C en la parte más fría del horno
- Dejar de alimentar combustible y cerrar la alimentación del horno
- Después de 12 horas abrir la alimentación del horno 1 y dejar pasar el calor al horno 2
- Después de 12 horas cerrar la comunicación entre los hornos e iniciar la quema del horno 2 usando el mismo procedimiento descrito arriba

EMPRESA

3.1 DESCRIPCIÓN GENERAL

Se recomienda que la empresa sea operada por una cooperativa donde los propios ladrilleros sean socios y de esa manera los objetivos se mantengan alineados.

3.2 EQUIPO

3.2.1 EQUIPO DE ADMINISTRACIÓN

- La administración puede ser llevada por un empleado pagado por la cooperativa
- Un contador externo
- Y un consejo de administración formado por los socios de la cooperativa
- La planta puede ser operada por 2 personas a tiempo completo

3.2.2 ASESORES

Se recomienda tener un asesor externo como miembro del consejo de administración que tenga los roles listados a continuación:

- Mediador entre los socios
- Proponer agenda de reuniones
- Dar seguimiento a los acuerdos del consejo de administración

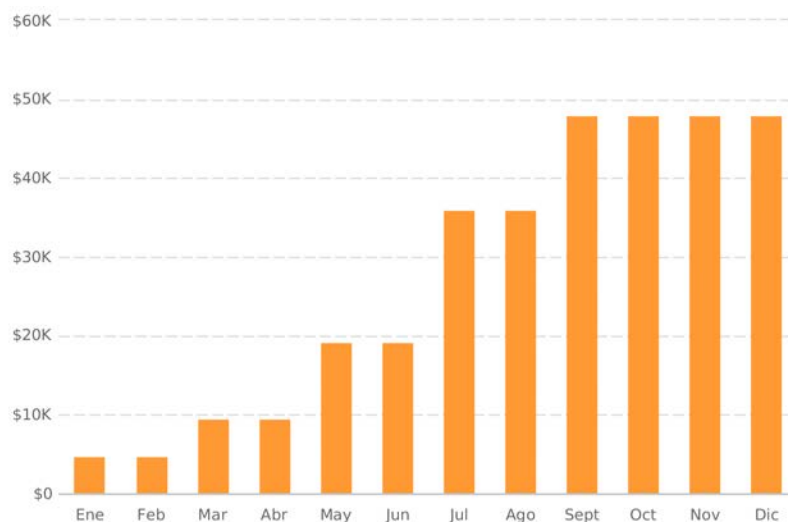
PLAN FINANCIERO

4.1 PREVISIÓN

4.1.1 SUPUESTOS CLAVE

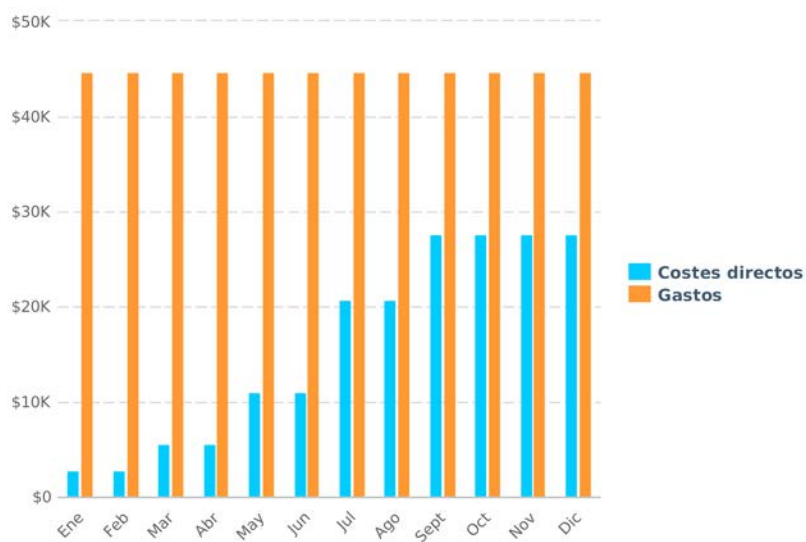
- Cartones Ponderosa donará la pasta de fibra, proveniente de su planta de residuos industriales, para el propósito de este proyecto
- Cartones Ponderosa hará el transporte de la pasta hasta las instalaciones de la planta de producción del combustible alternativo en la localidad de San Nicolás Tequisquiapan sin costo
- Cartones Ponderosa venderá el combustóleo a la empresa a precio de costo
- Los precios del combustóleo se mantienen estables a menos de \$8 pesos/litro
- Al menos 20 ladrilleros artesanales adoptarán el nuevo combustible
- Se obtendrá una inversión a fondo perdido para la compra del terreno y los equipos necesarios para el proyecto

4.1.2 INGRESOS POR MES



ANEXO 4: ESTUDIO PRELIMINAR DE VIABILIDAD A NIVEL COMERCIAL

4.1.3 GASTOS POR MES



4.1.4 BENEFICIO NETO (O PÉRDIDA) POR AÑO



4.2 FINANCIACIÓN

4.2.1 USO DE LOS FONDOS

- Compra de equipos
- Gastos de operación primer año
- Consultoría

4.2.2 ORIGEN DE LOS FONDOS

- Fondo de apoyo \$3,500,000 aproximadamente USD\$185 mil

ANEXO 4: ESTUDIO PRELIMINAR DE VIABILIDAD A NIVEL COMERCIAL

4.3 BALANCES

4.3.1 GANANCIAS Y PÉRDIDAS PREVISTAS

	2018	2019	2020
Ingresos	\$331,200	\$1,008,000	\$1,584,000
Costes directos	\$190,440	\$579,600	\$910,800
Margen bruto	\$140,760	\$428,400	\$673,200
% de margen bruto	43%	43%	43%
Gastos operativos			
Salarios y honorarios	\$96,000	\$100,800	\$105,840
Costos relativos del empleado	\$38,400	\$40,320	\$42,336
Energía eléctrica	\$6,000	\$6,000	\$6,000
Agua	\$6,000	\$6,000	\$6,000
Consumibles	\$12,000	\$12,000	\$12,000
Gastos operativos totales	\$158,400	\$165,120	\$172,176
Beneficio antes de intereses e impuestos	(\$17,640)	\$263,280	\$501,024
Intereses incurridos			
Depreciación y amortización	\$378,000	\$378,000	\$378,000
Impuesto sobre la renta	\$0	\$0	\$0
Gastos totales	\$726,840	\$1,122,720	\$1,460,976
Beneficio neto	(\$395,640)	(\$114,720)	\$123,024
Beneficio neto / Ventas	(119%)	(11%)	8%

ANEXO 4: ESTUDIO PRELIMINAR DE VIABILIDAD A NIVEL COMERCIAL

4.3.2 BALANCE PREVISTO

	2018	2019	2020
Efectivo	\$186,712	\$122,181	\$630,837
Cuentas por cobrar	\$5,568	\$9,651	\$15,219
Inventario	\$807,760	\$1,137,120	\$1,131,600
Otros activos actuales			
Total de activos actuales	\$1,000,040	\$1,268,952	\$1,777,656
Activos a largo plazo	\$2,490,000	\$2,490,000	\$2,490,000
Depreciación acumulada	(\$378,000)	(\$756,000)	(\$1,134,000)
Activos a largo plazo totales	\$2,112,000	\$1,734,000	\$1,356,000
Activos totales	\$3,112,040	\$3,002,952	\$3,133,656
Cuentas por pagar	\$0	\$0	\$0
Impuestos sobre la renta a pagar	\$0	\$0	\$0
Impuestos sobre la venta a pagar	\$7,680	\$13,312	\$20,992
Deuda a corto plazo			
Ingresos pre-pagados			
Pasivos actuales totales	\$7,680	\$13,312	\$20,992
Deuda a largo plazo			
Pasivos totales	\$7,680	\$13,312	\$20,992
Capital desembolsado	\$3,500,000	\$3,500,000	\$3,500,000
Beneficios retenidos		(\$395,640)	(\$510,360)
Beneficios	(\$395,640)	(\$114,720)	\$123,024
Patrimonio total del propietario	\$3,104,360	\$2,989,640	\$3,112,664
Total de pasivos y patrimonio	\$3,112,040	\$3,002,952	\$3,133,656

ANEXO 4: ESTUDIO PRELIMINAR DE VIABILIDAD A NIVEL COMERCIAL

4.3.3 INFORME DE TESORERÍA PROYECTADO

	2018	2019	2020
Flujo de tesorería neto por operaciones			
Beneficio neto	(\$395,640)	(\$114,720)	\$123,024
Depreciación y Amortización	\$378,000	\$378,000	\$378,000
Cambio en cuentas por cobrar	(\$5,568)	(\$4,083)	(\$5,568)
Cambio en inventario	(\$807,760)	(\$329,360)	\$5,520
Cambio en cuentas por pagar	\$0	\$0	\$0
Cambio en impuestos sobre la renta a pagar	\$0	\$0	\$0
Cambio en impuestos sobre la venta a pagar	\$7,680	\$5,632	\$7,680
Cambio en ingresos pre-pagados			
Flujo de tesorería neto por operaciones	(\$823,288)	(\$64,531)	\$508,656
Inversión y financiación			
Activos comprados o vendidos	(\$2,490,000)		
Inversiones recibidas	\$3,500,000		
Cambio en deuda a largo plazo			
Cambio en deuda a corto plazo			
Dividendos y distribuciones			
Flujo de tesorería neto de inversiones y financiación	\$1,010,000		
Efectivo al inicio del ejercicio	\$0	\$186,712	\$122,181
Cambio neto en efectivo	\$186,712	(\$64,531)	\$508,656
Efectivo al cierre del ejercicio	\$186,712	\$122,181	\$630,837