

# Diseño y manufactura de una máquina ladrillera compacta para comunidades rurales

FLORES PÉREZ LUIS ADRIÁN, CORTÉS CISNEROS EDUARDO, MACÍAS MEDINA MANUEL, GARCÍA SABANERO MARTÍN ALAN, ESQUIVEL LAURELES LISSETTE

**Resumen**— Aunque la producción artesanal de tabiques de arcilla cocida (ladrillos) es una de las principales fuentes de contaminación a la atmósfera, en México es una actividad económica cuyos productos tienen una alta demanda en el mercado. En este trabajo se presenta una propuesta inicial de diseño y manufactura de una ladrillera de bajo costo para comunidades rurales, y logrando tener un funcionamiento deseado de la propuesta de la máquina diseñada.

## I. INTRODUCCIÓN

La industria de la construcción es un sector que es y ha sido siempre muy importante en el crecimiento de los países, a través de la historia el ser humano ha utilizado una gran cantidad de materiales los cuales ha encontrado de manera natural y con el paso del tiempo también la curiosidad del mismo lo ha llevado a combinar diversos materiales y de manera empírica observar que estas combinaciones de materiales han resultado de manera benéfica en la obtención de nuevos materiales [1], [2].

El proceso de elaboración y cocido artesanal de la arcilla contribuye al deterioro del medio ambiente debido al uso de materiales combustibles altamente contaminantes, por ejemplo, diésel, combustóleo, aceites “gastados” y residuos industriales, pero también son utilizados leña, fibras de coco o cáscaras de arroz y otros cultivos [3].

Dentro de la misma industria ladrillera se tiene un gran consumo de energía, aproximadamente 4,06 billones kWh equivalentes de gas natural al año [4]. Los hornos cerámicos utilizados en este tipo de industria consumen una gran cantidad de combustibles fósiles, lo cual origina un enorme gasto energético y la liberación a la atmósfera de gases de efecto invernadero. Durante el proceso de cocción muchos gases nocivos (incluyendo gases carbónicos, hidrogenados y fluorados) y diferentes partículas son liberadas desde los hornos cerámicos [4]. Estas emisiones son desde hace varios

años una de las mayores preocupaciones ambientales del sector .

Actualmente en México, el 95% de las industrias ladrilleras del país usan tecnología de hace 30 años, a pesar de ser México un país en vías de desarrollo. De esas industrias ladrilleras el 75% se encuentran en estados como Puebla, San Luis Potosí, Guadalajara, Estado de México, Guerrero, Tlaxcala y Durango. Todas estas usando tecnología artesanal de los años 80's [5].

## Casos reales

Una consecuencia debido a los niveles de contaminación ambiental que en Durango han provocado la muerte de 45 personas y pérdidas económicas por más de 42 millones de pesos al año, según un estudio del Instituto Mexicano de Competitividad, la Comisión de Ecología del Congreso del Estado ya analiza posibles soluciones al problema. En las que se encuentra obligar a las autoridades e industrias a que cambien el ladrillo por block en la obra pública y privada que se realice en Durango [6]. Con esto comprobamos que las técnicas con las que se hace el ladrillo actualmente son ineficientes, contaminan y están siendo sustituidas por otros materiales, ver Figura 1.



Figura 1. Producción de ladrillos artesanales.

FLORES PÉREZ LUIS ADRIÁN, CORTÉS CISNEROS EDUARDO, MACÍAS MEDINA MANUEL, GARCÍA SABANERO MARTÍN ALAN, ESQUIVEL LAURELES LISSETTE pertenecen a la carrera de Mecatrónica de la Facultad de Ingeniería y realizaron el proyecto dentro de los cursos: Fundamentos de Robots Manipuladores, Automatización y Diseño de Ingeniería. (Email: [adrianperez1910@outlook.com](mailto:adrianperez1910@outlook.com), [ardoedu19\\_94@hotmail.com](mailto:ardoedu19_94@hotmail.com), [macias\\_manuelmmm@hotmail.com](mailto:macias_manuelmmm@hotmail.com), [alangsabanero@hotmail.com](mailto:alangsabanero@hotmail.com), [e.liz\\_95@hotmail.com](mailto:e.liz_95@hotmail.com) ).

El proyecto fue asesorado por ZIZILIA ZAMUDIO BELTRÁN, CARLOS A. MOTTA ÁVILA Y RAMÓN CHÁVEZ ESCOBEDO.

Los autores agradecen a los compañeros Solano Domínguez Fernando, Ehrlich López Michel Philippe, Hernández Campos Carlos Arturo, Domínguez Barragán Julio Cesar por también trabajar en el diseño, la manufactura, la automatización y en la creación de este trabajo.

En los últimos dos años el sector inmobiliario y de construcción están en una situación de re formalización, normalización y regularización; que queremos decir con esto, los precios se están estabilizando y generando una oportunidad para invertir en dicho sector que sea viable e incluso efectiva.

Otro punto de vista es la experiencia que se tiene de acuerdo a lo que se ha visto en viajes, visitas y misiones, en donde se puede determinar el problema que se tienen en estas

comunidades, donde, las casas son construidas básicamente de palos, lamina y materiales que no son apropiados y seguros, teniendo grandes problemas en épocas de frío debido a las condiciones en las que sus hogares se encuentran. Se ha podido entablar pláticas con los pobladores acerca de sus hogares, y lo que se comenta es que una de las dificultades que tienen es la construcción de sus casas por medio de ladrillos, debido a la falta de recursos económicos, además, los materiales solo se consiguen en lugares que se encuentran lejos de sus hogares y son de difícil acceso para ellos. Otro gran problema es el acceso a estas comunidades donde la mayoría se encuentran en las sierras.

Existen 2 problemas principales en la manufactura de ladrillos artesanales. El primero es el esfuerzo físico que se requiere para la fabricación del ladrillo antes de la cocción, que es el problema principal que vamos a solucionar en el proyecto. El segundo, es la gran contaminación que generan los hornos rudimentarios de quema de leña y plásticos que utilizan las ladrilleras comunes para la cocción del ladrillo, en este caso ya existe una solución eficiente creada por una universidad mexicana, por lo cual, tomaremos esa solución y la anexaremos a nuestro proyecto puesto que es un problema que no se puede dejar al lado [7].

Para cerrar este apartado cabe mencionar que la producción mundial de ladrillos está dominada totalmente por los países asiáticos en los que se encuentran China, Vietnam, India, entre otros. Estos países dominan más del 87% del mercado ladrillero a nivel mundial, ver Figura 2.

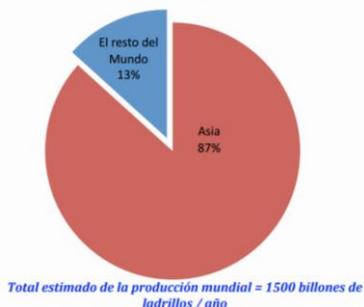


Figura 2. Grafica de la producción mundial de ladrillo.

## II. OBJETIVOS

### General

- Diseñar y manufacturar una máquina ladrillera compacta de fácil transportación y manejo para comunidades rurales.

### Particulares

- Realizar una investigación previa al diseño, para saber las necesidades del cliente, en este caso las comunidades rurales, utilizando información de organismos gubernamentales, de universidades y de organizaciones sociales.
- Manufacturar una ladrillera compacta y de fácil armado. Semi-automatizar el sistema propuesto para que solo se necesiten 2 usuarios en el manejo de la ladrillera.

## III. DESARROLLO

Anteriormente se ha explicado la problemática en la producción de ladrillos y lo que conlleva transportarlos, por lo tanto, los puntos a considerarse son los siguientes:

- Facilidad al transportar.
- Precio accesible.
- Manufactura de ladrillos con un material de fácil acceso para las comunidades rurales.
- Encontrar la combinación y proporción adecuada de materiales y componentes. Con esto se construirá el ladrillo que satisfaga las necesidades de una vivienda.
- Automatizar el proceso mediante sensores y microprocesadores.

En la Figura 3 se presenta el ensamble de la tolva y la banda transportadora de la máquina ladrillera.

### Moldes y ladrillos

Dado que se tenían estas consideraciones comenzamos a diseñar el modelo del ladrillo con dimensiones de 10.5x5x4 cm y el material usado para los moldes de dichos ladrillos fue lamina de acero.



Figura 3. Tolva y banda transportadora.

Posteriormente se investigó sobre las propiedades del ladrillo y materiales que se podían implementar en el diseño, pensando en los problemas que se deseaban solventar; se llegó a la conclusión de que la mezcla a implementar tenía que ser lo suficientemente viscosa como para que pasara por una boquilla, pero dado que debía de ser automatizada se realizaron pruebas para comprobar que el material deslizara correctamente. Se determinó utilizar barro con agua con una relación de 1 a 1 para la viscosidad necesaria.

La mezcla de los materiales que se utilizaron para hacer los ladrillos combinados con el barro fueron la arcilla de Zacatecas fina, arena, cemento y aserrín.

La mezcla final (Figura 4) que se determinó para el ladrillo con el cual se tenía una resistencia y rigidez suficientes para su propósito es:

- Agua (100 ml)
- Barro (100 mg)
- Aserrín (50 mg)
- Cemento (20 mg)
- Arcilla (50 mg)

En el apartado de experimentación se explicarán los datos que se obtuvieron, además de las pruebas de resistencia y dureza que se midieron en los ladrillos.

El siguiente problema a resolver fue la implementación del horno para el proceso del pre horneado del ladrillo. Se estableció también que era necesaria una banda para que los ladrillos avanzaran de una forma autónoma.



Figura 4. Ladrillo hecho con molde de lámina.

### Tolva

Se utilizó un servomotor que permite la apertura y cierre de la llave, se realizaron diferentes pruebas con válvulas, en donde se observó que algunas de requerían de mucho torque para poder abrir y cerrar (ver Figura 5).



Figura 5. Ensamble del motor a la válvula.

Los componentes que usamos para la tolva fueron:

- Motor ALTURN
- Válvula para cemento.
- Estructura metálica de soporte para todos los componentes.
- PVC de 2"
- Ensamblajes para la válvula y el motor hechos en impresora 3D.

Para la construcción de la tolva se cortó un garrafón para depositar la mezcla propuesta para el ladrillo, a su vez se construyó una estructura metálica para sostenerla.

Desde un principio se pensó en accionar la válvula mediante un motor, la única duda que teníamos era saber si el servo era capaz de mover una válvula. El motor cumplió las expectativas, al accionar la válvula correctamente, con lo que se logra la caída de cierta cantidad de mezcla a los moldes que vayan pasando por la banda automatizada.

### Banda transportadora.

Observando el funcionamiento de diferentes bandas transportadoras y en especial con la que cuenta la universidad en el laboratorio de robótica se realizó el diseño, obteniendo los siguientes materiales que se usaron para la banda:

- Barra de aluminio de 2 pulgadas
- 1.60 x .10 m de lona
- Solera
- Nylamid
- Motor de CD marca BOSCH.
- Arduino Nano
- Relevadores
- Barrera reflectiva de infrarrojos.

La banda cuenta con un largo de 90 cm, se diseñaron 2 rodillos de aluminio, se le hicieron sus límites y además un moleteado por donde pasa la banda para que no se resbale al girar, lo cual puede ser observado en la Figura 6.



Figura 6. Rodillo de la banda transportadora.

Estos rodillos se sostienen en cubos de Nilad. Al probar la banda con una muestra ocurrió que la lona no resistió ya que se hundió por el peso de la muestra y la poca tensión de la banda. La solución fue colocar una lámina como soporte dentro de la estructura, así la lona puede seguir transportando las muestras sin que se detenga.

El movimiento de la banda lo proporciona el motor de CD con 15 W (0.02HP), que es controlado por un Arduino Nano. Este

crea las condiciones para apagar el motor BOSCH cuando el sensor detecte el molde, posteriormente se activa el motor ALTURN para dejar pasar la mezcla y después continuar su paso sobre la banda (ver Figura 7).

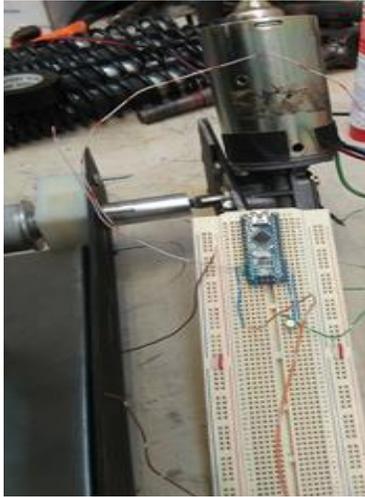


Figura 7. Motor BOSCH y su controlador.

Su controlador, un Arduino Nano responderá a la señal del sensor y activará el motor. A continuación, se muestra el diagrama (Figura 8.1) diseñado en el software PROTEUS correspondiente a la electrónica del prototipo. El diagrama correspondiente de lógica se encuentra detallado en la Figura 8.2.

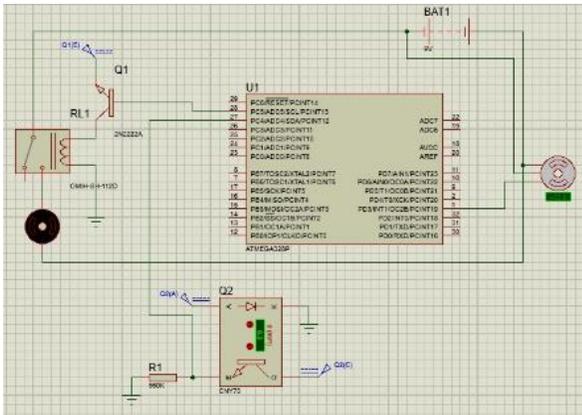


Figura 8.1. Esquemático del controlador.

**Horno**

Uno de los propósitos es poder realizar los ladrillos de forma que no sea agresivo para nuestro medio ambiente, debido a que existen ladrilladoras previamente en el mercado que no toman esto a consideración provocando un fuerte impacto ambiental, se determinó que la propuesta de este trabajo la tomara en cuenta. Mediante el horneado artesanal se desprenden contaminantes muy fuertes que dañan el ecosistema. Los materiales usados para el horno fueron:

- Lamina de acero
- Resistencias caloríficas
- Cable
- Clavijas

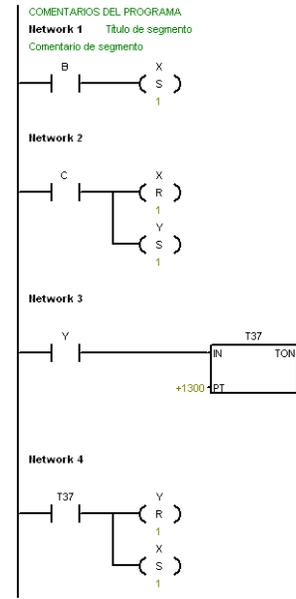


Imagen 8.2. Diagrama de Bloques del Controlador.



Figura 9. Horno.

Se diseñó el horno con el uso de resistencias de 120 V. Se creó de manera cuadrangular 12” x 12 “, y se utilizó lámina de acero para la construcción de dicho horno tomando en cuenta que sería necesario ser soldado en algunos puntos, por su resistencia y rigidez, fue por esto que el aluminio fue descartado en la creación de nuestro horno (ver Figura 9).

Las resistencias una vez conectadas directamente a la luz sin tener una clavija generaban un calor mayor a los 500°C, por lo que se conectaron las resistencias en serie; estas resistencias requieren de un aislante cerámico en la base de las conexiones. A su vez se diseñaron un par de rendijas donde quedarán almacenados los ladrillos durante la pre cocción, se utilizaron varillas de acero que fueron soldadas con punto para un ensamble preciso (ver Figura 10).

Desde el punto de vista ambiental, fue pensado también este horno, ya que en la mayoría de las comunidades no sólo hacen fuego con leña si no que buscan utilizar cualquier basura para

iniciar el fuego, generando de esta forma una gran cantidad de gases nocivos para el ambiente, así como para ellos mismos, pues dependiendo del plástico que sea quemado generan gases que son factores de cáncer en las personas que inhalan dicho gas.

Para la estructura con lámina el ensamblaje se hizo mediante soldadura y remaches. Se pensó en hacer la base ya que brinda estabilidad y soporte.



Figura 10. Resistencias caloríficas.

**Modelado por computadora**

Se hicieron los modelados en el software SOLIDWORKS, se logró digitalizar y simular los diferentes componentes de la ladrillera, la banda transportadora, la tolva, el motor de corriente directa y el horno. Este tipo de herramientas permiten crear los objetos por separado y posteriormente ensamblarlos. Estos diseños se hicieron a la par de la construcción de los prototipos (ver Figura 11).

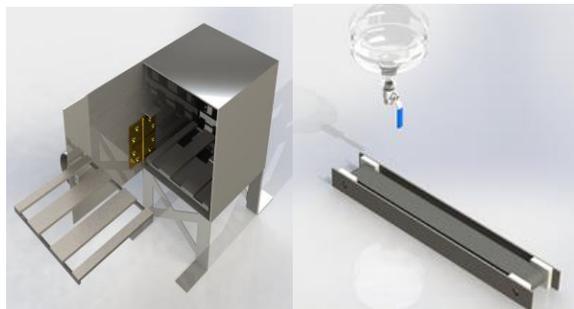


Figura 11. Modelos en 3D del horno eléctrico y la banda transportadora.

**Resistencias para el horno eléctrico.**

Las resistencias para el horno eléctrico son de Ni-Cr, en la Tabla 1 se puede observar el porcentaje de estos 2 elementos de acuerdo a la temperatura que alcanzan las resistencias.

En la Tabla 2 se muestran las características que le dan cada elemento y propiedades que tienen dependiendo a su porcentaje de níquel o de cromo.

Aleación Ni-Cr	80-20	70-30	60-15	40-20	30-20	20-25
<b>Resistividad eléctrica <math>\mu\Omega\text{cm}</math></b>						
20°C	112	119	113	105	104	95
100°C	113	120	114	108	107	99
200°C	113	122	116	111	111	103
300°C	114	123	118	114	114	107
400°C	115	124	120	117	117	111
500°C	116	125	122	120	120	115
600°C	115	124	121	122	122	118
700°C	114	124	121	124	124	120
800°C	114	124	122	126	126	122
900°C	114	124	123	128	128	124
1.000°C	115	124	124	130	130	126
1.100°C	116	125	125	132	132	126
1.200°C	117	126	—	—	—	—
<b>Coefficiente de resistividad</b>						
20°C	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
100°C	1,009	1,009	1,009	1,028	1,029	1,042
200°C	1,009	1,025	1,027	1,057	1,067	1,084
300°C	1,018	1,034	1,044	1,086	1,096	1,126
400°C	1,027	1,042	1,062	1,114	1,125	1,168
500°C	1,036	1,050	1,080	1,143	1,154	1,210
600°C	1,027	1,042	1,071	1,162	1,173	1,242
700°C	1,018	1,042	1,071	1,181	1,192	1,263
800°C	1,018	1,042	1,080	1,200	1,211	1,284
900°C	1,018	1,042	1,089	1,219	1,231	1,305
1.000°C	1,027	1,042	1,097	1,238	1,250	1,326
1.100°C	1,036	1,050	1,115	1,257	1,269	—
1.200°C	1,045	1,050	—	—	—	—

Tabla 1. Resistividad eléctrica

Aleación Ni-Cr	80-20	70-30	60-15	40-20	30-20	20-25
<b>Composición aproximada:</b>						
Ni %	80	70	60	37	30	20
Cr %	20	30	15	18	20	25
Fe %	<1	<1	20	40	45	50
Densidad $\text{kg/m}^3$	8.300	8.100	8.200	7.900	7.900	7.800
Temperatura de fusión °C	1.400	1.380	1.390	1.390	1.390	1.380
Temperatura máxima de utilización °C	1.200	1.250	1.150	1.100	1.100	1.050
Calor específico a 20°C $\text{kJ/kg}\cdot\text{K}$	0,45	0,45	0,45	0,46	0,50	0,50
Conductividad térmica $\text{W/mk}$ a 20°C	15	14	13	13	13	13
Coefficiente dilatación lineal 20-1.000°C $^{\circ}\text{C}^{-1}$	18	18	17	19	19	19
Resistencia a la rotura 20°C $\text{N/mm}^2$	700	800	700	700	700	700
900°C $\text{N/mm}^2$	100	100	100	120	120	120
Resistencia al creep 800°C $\text{N/mm}^2$	15	15	15	20	20	20
1.000°C $\text{N/mm}^2$	4	4	4	4	4	4

Tabla 2. Características principales de las aleaciones.

**IV. EXPERIMENTOS Y RESULTADOS**

Los experimentos se basaron en la mejor mezcla para el ladrillo. Se detallan las sustancias que se colocaron en cada molde, la proporción de ellos y finalmente un análisis del producto final, su comportamiento, resistencia y características físicas.

1.- Se hicieron 4 moldes para 4 mezclas diferentes. Y se apuntaron las cantidades que se le coloco a cada molde en una tabla.

Material	M 1°	M 2°	M 3°	M 4°
<b>Arcilla</b>	-	100	50	-
<b>Arena</b>	100	-	50	-
<b>Cemento</b>	100	100	50	-
<b>o</b>				
<b>Aserrín</b>	-	-	50	150

Tabla 3. Proporciones del material usado en los moldes para los ladrillos.

A todos los moldes se les coloco 300 ml de agua y 125 mg de barro (Figura 12).



Figura 12. Tabla de soporte para introducir las muestras al horno.

**Consideraciones especiales**

1.- Se deben de considerar que, al hacer la mezcla para los ladrillos, este no debe tener grumos y debe de quedar bien revuelta. Lo deseado es que la mezcla no se ha tan viscosa para que pase por la válvula, es por esto, que en algunos casos debemos de agregar más agua al molde y con esto diluirla.

2.- Las pruebas que se hicieron posteriores al pos-horneado fueron tratar de romperlo haciendo tiros desde una distancia de 30 cm. Dependiendo del caso, se evaluó y se asignaron los criterios que se muestran en la siguiente Tabla 3.

Los moldes se colocaron durante 3 horas en un horno con 150 °C de temperatura.

Molde	Características después del horneado.
1	Su consistencia fue todavía un poco húmeda. Se sometió a pruebas y el ladrillo resulto se DURO, pero NO RESISTENTE.
2	Su consistencia fue muy viscosa, al agarrarlo todavía se deformaba. Se sometió a pruebas y el resultado fue NO DURO y NO RESISTENTE.
3	De igual manera que la prueba 2, su consistencia fue muy viscosa, al agarrarlo todavía se deformaba. Se sometió a pruebas y el resultado fue NO DURO y NO RESISTENTE.
4	Su consistencia fue seca, al someterlo a pruebas. El resultado de las pruebas nos arrojó que era DURO y RESISTENTE.

Tabla 3. Resultados del pos-horneando.

El resultado arrojó que el MOLDE 1 y el MOLDE 4 cumplen con las características que se necesitan para los ladrillos. Por ende, son los que se determinaron usar en esta propuesta.

**NOTA. - El diseño completo de la ladrillera puede verse en el siguiente video:**

<https://www.youtube.com/watch?v=UoDsgdWsapk&feature=youtu.be>

**V. CONCLUSIONES**

En este trabajo se logró diseñar y manufacturar una máquina ladrillera funcional, compacta y de fácil transportación, ya que sus dimensiones son tales que en un vehículo comercial puede ser transportada a comunidades rurales. Además, se manufacturó el ladrillo obteniendo buenos resultados de resistencia.

La automatización del sistema también se implementó con éxito haciendo que nuestra ladrillera fuera una propuesta original, que solo requiriere 2 usuarios en el proceso de llenado de moldes y de pre horneado.

La creación de proyectos de impacto social en la ingeniería es algo muy importante y fundamental en nuestras carreras pues proporciona un amplio panorama para encontrar una oportunidad de trabajo y de inversión, pero sobre todo para ayudar a las personas más necesitadas.

**REFERENCIAS**

- [1] D. Pellicer, “El ladrillo cerámico en la construcción arquitectónica“, Madrid, España, CIE Inversiones, 2009.
- [2] J. M. Arzate, “Diseño de una máquina moldeadora de arcilla humedecida para fabricación de ladrillos“, Tesis UNAM, febrero, 2014.
- [3] Conacyt Prensa, “La oferta y la demanda de los ladrillos artesanales en México”, Pagina 1, 2016.
- [4] M. Cabo, “Ladrillo Ecológico como material sostenible para la construcción“, Universidad Pública de Navarra, España, junio, 2011.
- [5] Molina Center for Strategic Studies in Energy and Environment, “Apoyo a la Iniciativa de Planificación Nacional sobre Contaminantes Climáticos de Vida Corta en México”, Iniciativa CCAC SNAP, Septiembre, 2013.
- [6] Ladrilleras en México, “Pretenden cambiar ladrillo por block”, art 1, 2015.
- [7] Conacyt Prensa, “La oferta y la demanda de los ladrillos artesanales en México”, Pagina 2, 2016.