



12 Resultados y Discusión

12.1 Cálculos de Diseño y Construcción

En base a los criterios de diseño mencionados en la sección 9.1.6. del capítulo 9, se presenta ahora el diseño de un horno multi-cámara que atiende a las recomendaciones experimentales de referencia. El resumen del diseño se encuentra en la sección 12.1.1. Por otra parte, el conocimiento de los requerimientos energéticos del proceso de cocción de ladrillos representa uno de los pilares más importantes en los cálculos de construcción, ya que estos resultados determinan la capacidad de combustión requerida de los quemadores, y los materiales necesarios de construcción para preservar de mejor forma el calor generado. A continuación se presentan los resultados obtenidos para las distintas etapas del diseño y simulación del desempeño del horno. En las secciones 12.1.2. a 12.1.4 se revisarán los cálculos de pérdidas de calor derivadas del calentamiento de los ladrillos y de los gases de combustión. En seguida, se mostrarán las operaciones necesarias para determinar las pérdidas de calor derivadas de los procesos de transferencia de calor hacia el entorno.

12.1.1 Diseño de la estructura del horno.

Las principales características del diseño que se presenta en este trabajo son las siguientes:

- 1) Horno compuesto de cuatro cámaras de horneado.
- 2) Losa con forma abovedada.
- 3) Juego de válvulas entre las cámaras para transferencia de gases.
- 4) Ubicación de los quemadores en la parte inferior del horno.
- 5) Rotación en el uso de quemadores. Un solo juego para las cuatro cámaras.

Las Figuras 12.1 y 12.2 describen brevemente las dimensiones de las partes del horno.

Figura 12.1 Disposición general del horno

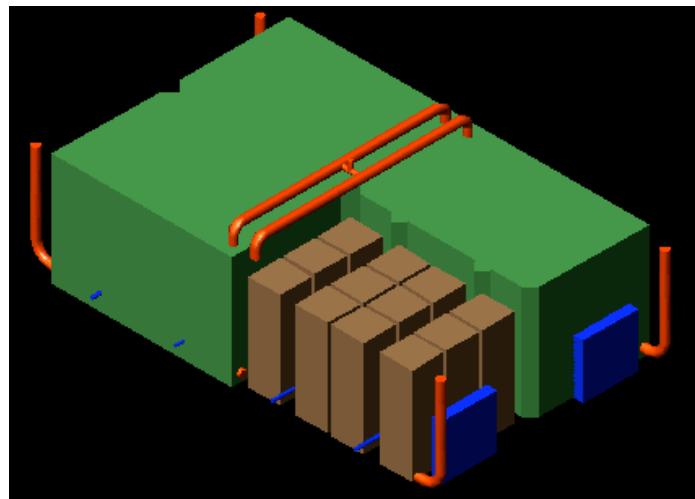
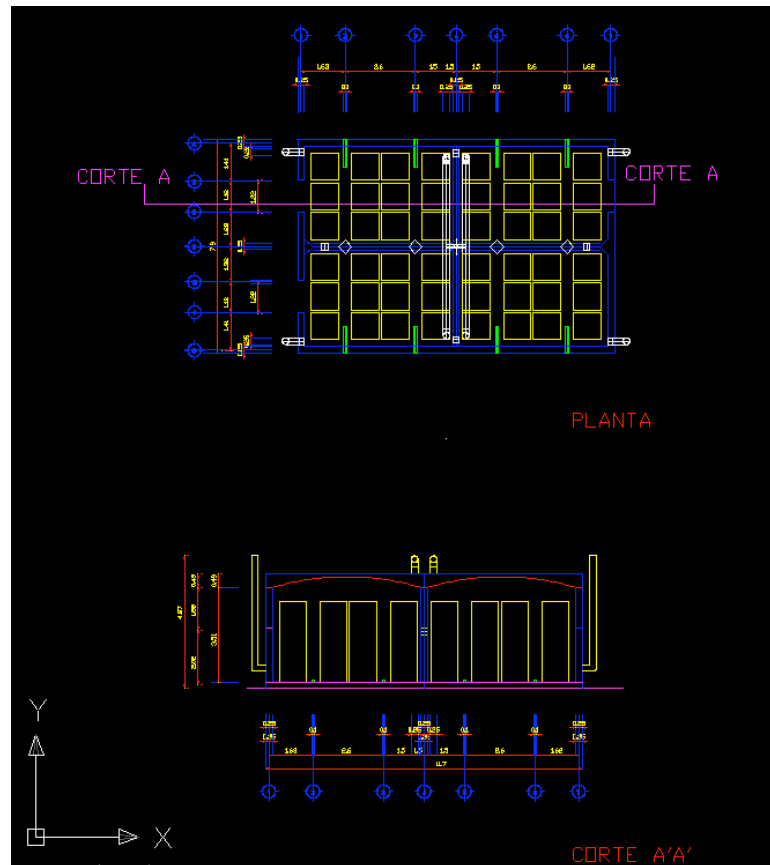




Figura 12.2 Corte de planta y vista longitudinal



Las medidas de cada una de las secciones del horno se determinaron en base a los métodos de producción propuestos en la tesis de maestría (Gutierrez, M.A., 2004), así como por los materiales disponibles en el mercado. Como se verá en la sección 12.2, el horno cuenta en su parte interna con una capa de ladrillos refractarios y en la externa una capa de ladrillo rojo, seguida de una capa de 1.5 centímetros de grosor de cemento refractario. Para la propuesta industrial se incluye la compra de quemadores para gas natural por considerarse una excelente opción a largo plazo. La propuesta artesanal maneja el uso de los quemadores tradicionales, ya que se ha encontrado que realizar un cambio en el tipo de combustible es actualmente poco factible.

En el Apéndice de este trabajo los planos 01, 02 y 03 describen respectivamente el corte de planta, la planta de cimentación y dos cortes longitudinales del horno.

12.1.2 Requerimientos de calor para el proceso de cocción.

Debido al diseño especial del horno, se utilizarán los gases calientes de combustión para precalentar la siguiente carga de ladrillos a ser cocida. Esta es una premisa fundamental para el cálculo de los requerimientos energéticos para el proceso. Se ha asumido que el calor transferido por los gases de



combustión es suficiente para compensar las transferencias de calor desde el horno al medio circundante por convección y conducción así como para compensar el calor requerido para el secado del material.

La transferencia de los gases de combustión se puede llevar a cabo desde el inicio del calentamiento a pesar de ser gases saturados de vapor, por el siguiente motivo. La transferencia de calor en la cámara precalentada se dará en este caso en función de la diferencia de temperaturas entre el gas entrante y la temperatura de la cámara. Es decir, el diferencial de temperatura es la fuerza motriz de la transferencia de calor latente a los ladrillos de la cámara precalentada, independientemente de la saturación de vapor de los gases. A medida que la presión parcial de vapor en los gases de combustión disminuya, resultado de la evaporación de toda el agua en la cámara de cocción, se llevará a cabo la transferencia de masa que conlleva a la evaporación de la humedad presente en los ladrillos de la cámara precalentada.

De esta manera se ha calculado el calor a ser suministrado únicamente como aquel que elevará la temperatura del material a 1 000° C. A continuación se muestra este requerimiento en cada una de las etapas de calentamiento propuestas:

Tabla 12.1 Requerimientos de Calor.

Etapa	Tiempo (h)	Temp (°C)	Q evaporación (MJ/et) $Q = m \cdot H_{cf} + mC_p(T_2 - T_1)$	Q cocción (MJ/et) $(mC_p(T_2 - T_1))$
		25		
1	1	100	84.75	1,267.20
2	1	200		1,689.60
3	2	500		5,068.80
4	2	800		5,068.80
5	1	1000		3,379.20
6	1	1000		0.00
TOTALES	8		84.75	16,473.60

La información anterior se traduce en un consumo aproximado de combustible de 430 Litros de combustóleo # 6.

12.1.3 Pérdidas de calor por gases de combustión

El primer paso para determinar las pérdidas de calor derivadas del calentamiento de los gases de combustión, es conocer la cantidad de cada compuesto presente en el combustible empleado Utilizando los factores de emisión AP-42 de la Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos (USEPA) para hornos de calentamiento, podemos estructurar el balance de materia presente en la quema de un litro de combustóleo #6 . Estos valores se presentan a continuación:

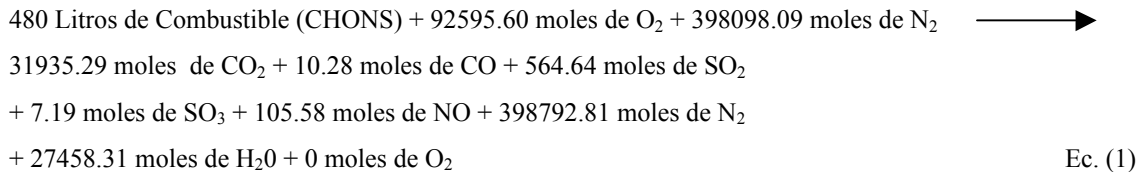


Tabla 12.2 Emisiones de Combustible No. 6

Compuesto	Factor de Emisión (g / L # 6)	Factor de Emisión (moles / L # 6)
SO ₂	75.36	1.18
SO ₃	1.2	0.0150
NO	6.6	0.2200
CO	0.6	0.0214
CO ₂	2928	66.5318

Es importante mencionar que a pesar de que estos factores de emisión condicionan de antemano la presencia de quemadores eficientes en la quema del combustible, estos valores de referencia nos dan una buena aproximación para el balance de materia para la quema del combustóleo.

A partir de los factores AP-42, se generó el siguiente balance molar para cada uno de los compuestos involucrados en la reacción. Se consideraron 480 litros de combustible requeridos, la presencia estequiométrica de oxígeno en la combustión y una relación de 21% de oxígeno y 79% de nitrógeno en el aire comburente.



De este balance se obtienen las cantidades de cada uno de los gases generados por la quema de 480 litros de combustible No. 6 necesarios para la cocción de 8,000 ladrillos. Dado que el interés es conocer la cantidad de calor absorbido por cada uno de estos gases durante las 8 horas de combustión del proceso, es necesario multiplicar los moles por la capacidad molar calorífica de cada compuesto a las distintas temperaturas de trabajo. Se considero una capacidad molar promedio de cada compuesto para cada rango de temperaturas. El resumen de estos cálculos se muestra a continuación.

Tabla 12.3 Calores absorbidos por gases de combustión a distintas temperaturas.

Rango	298-373 K	373-473 K	473-773 K	773-1073 K	1073-1273 K
Tsuperior	373	473	773	1073	1273
T inferior	298	373	473	773	1073
Tiempo	1 hora	1 hora	1 hora	2 horas	2 horas
Gas	Qgas (KJ)				



CO ₂	88,246.39	139,723.45	472,118.20	520,653.72	358,868.66
CO	23.05	31.34	95.83	100.35	69.91
SO ₂	1,788.87	2,536.60	8,632.01	10,449.28	8,026.26
SO ₃	29.67	44.10	147.07	148.34	104.80
NO	237.10	327.08	1,025.89	1,030.74	713.88
N ₂	874,188.37	1,235,435.96	3,874,984.09	3,893,305.79	2,696,465.01
H ₂ O	70,615.70	96,223.59	301,086.70	325,918.60	232,799.00
O ₂	-	-	-	-	-
Suma (MJ)	144.9	144.9	652.1	1378	1378
Total (MJ)					3698

La Tabla 1 muestra la cantidad de calor absorbido por cada uno y todos los gases de combustión en las distintas etapas del cocimiento de los ladrillos. Es importante denotar que la etapa crítica del calentamiento de los gases ocurre en el paso de 473 a 773 grados Kelvin. Esta cantidad de calor corresponde a los valores encontrados en la literatura que son del orden del 20% del calor requerido total.

Para la manifestación de impacto ambiental de la propuesta artesanal, se obtuvieron los volúmenes y la concentración de cada uno y de todos los gases de combustión a distintas condiciones. El resumen de estos datos se muestra a continuación:

Tabla 12.4 Volumen y concentración de gases de combustión a distintas temperaturas.

Gas	Moles	Presión (Pa)	Volumen (298.15 K) (m ³)	Volumen (885.65 K) (m ³)	Concentración gases (mg / m ³) (885.65 K)
CO ₂	3.19E+04	101325	781.2661911	2320.73923	42138.04764
CO	1.03E+01	101325	0.251540315	0.74719665	25.64576436
SO ₂	5.65E+02	101325	13.81326352	41.0320873	3222.057209
SO ₃	7.19E+00	101325	0.176002504	0.52281274	51.30792452
NO	1.06E+02	101325	2.582886304	7.67242413	282.1477296
N ₂	3.99E+05	101325	9756.084109	28980.2981	1563069.281
H ₂ O	2.75E+04	101325	671.7413492	1995.39737	107622.9209
Totales			11225.91534	33346.4093	1716411.409

12.1.4 Transferencia de calor hacia el entorno.

A pesar de que se trabajó con la suposición de que el calor aportado por los gases de combustión es suficiente para compensar las pérdidas por transferencia de calor al entorno, se hicieron cálculos para determinar la cantidad de combustible extra que sería necesaria para compensar dichas pérdidas. A



continuación se muestra una tabla que contiene la cantidad de calor transferida hacia el medio circundante por medio de los mecanismos de conducción y convección y la cantidad de combustible que se requeriría para compensar dicha transferencia:

Tabla 12.5 Volumen y concentración de gases de combustión a distintas temperaturas

Mecanismo de transferencia	
Conducción	Convección
4,387.60 MJ	2050.12 MJ
125 Litros de combustóleo # 6	64 Litros de combustóleo # 6

12.2 Materiales y consideraciones de construcción

12.2.1 Generadores de costos

Como se ha mencionado anteriormente, la determinación de las cantidades de materiales necesarias para la construcción del horno se realizaron con la ayuda del programa OPUS OLE. Cabe señalar que se utilizaron los costos establecidos en el mes de diciembre de 2003 para el Estado de Puebla. Estos costos se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 12.6 Costos de insumos de obra.

Material elaborado (con sus elementos involucrados)	Costo (M.N.)	Unidad
CONCRETO F'C 100 1:3:4 FABRICADO EN OBRA CON FAV	\$ 1,529.23	m ³
Cemento Portland Gris Normal		
Arena Gruesa de Rio		
Uso de Revolvedora de Concreto MPSA MOD. R-10 de un saco 8 HP		
Motor Kohler		
Grava de Cantera 3/4		
Agua Natural para Construcción		
Cuadrilla No 4. Personal de Fabricación de Concreto (1 oficial y 7 peones)		
Cuadrilla No 5. Acarreo en bote de concreto (14 ayudantes para 12 mts ³)		
Cuadrilla No.6 Vaciado o recepción de concreto (2 oficiales y 1 ayudante)		
Uso de Revolvedora de Concreto MPSA MOD. R-10 de un saco 8 HP		
Motor Kohler		
Vibrador de Concreto de Motor de Gasolina 8 HP KOLHER FLECHA 1/4 "		
Maestro de Obra		
Uso de Herramienta Menor (Pico, Pala, Carretilla)		



PIEDRA BRASA	\$ 153.00	m ³
TABIQUE ROJO COMUN 6-12-24 TIPO CHOLULA	\$ 2.00	Pieza
TABIQUE ROJO REFRACTARIO	\$ 21.75	Pieza
MORTERO 1:1:8 CEMENTO-CAL-ARENA	\$ 537.30	m ³
Agua Natural para Construcción		
Cal Común Obra Negra		
Cemento Portland Gris Normal		
Arena Gruesa de Rio		
ACERO DE 3/8"	\$ 10,626.64	ton
(con habilitación mano de obra enderezado, trazo, corte, doblado, armado, y colocación).		
Cuadrilla No. 10 Oficial y ayudante fierrero		
Alambre recocado No. 16 o 18		
Acero de refuerzo 3/8" No. 3		
Maestro de Obra		
Herramienta Menor (pico, pala, carretilla)		
CIMBRA MADERA COMÚN PARA LOSA SÓLIDA O ARTESONADA	\$111.59	m ²
Madera para cimbra común Polin 4" x 4" x 8 1/4 "		
Madera para cimbra común Duela 3/4" x 4" x 8 /1/4		
Madera para cimbra común Tabla 3/4" x 4" x 8 /1/4		
Clavo carpinteria obra negra		
Alambre recocado No 16 o 18		
Diesel		
Cuadrilla No 9 Oficial y ayudante de carpinteria obra negra		
Maestro de obra		
Herramienta Menor (pico, pala, carreta)		
CONCRETO FC 175 1:2:3 CEMENTO-ARENA-GRAVA 1 1/2	\$ 700.02	m ³
Cemento Portland Gris Normal		
Arena Gruesa de Rio		
Grava de Cantera 1 1/2		
Agua Natural para Construcción		
ACERO DE REFUERZO PREFABRICADO (ARMEX) PARA CASTILLO (15-25-4)	\$ 9.66	M lineal
MALLA ELECTROSOLDADA 88-88	\$ 11.50	m ²
MORTERO REFRACTARIO ⁽¹⁾	\$ 3,774.47	m ³
EN BASE A MORTERO 1:3 CEMENTO - ARENA GRUESA		



Agua Natural para Construcción

Arena Gruesa de Rio

Cemento refractario

LAMINA GALVANIZADA R-101	\$ 68.91	m ²
TUBERÍA ACERO AL CARBÓN 12"	\$ 253.80	m lineal

(1) El cálculo de costo de mortero refractario se hace en base al mortero en el que se basa, modificando el costo de cemento de \$1,550 por tonelada por el de \$6,000 por tonelada de cemento refractario y sin modificar el mezcaldado.

A continuación se muestran a detalle los costos relacionados con cada una de las partes que componen una cámara del horno, en función de sus elementos. Se tomó como base las siguientes dimensiones de cada cámara: 6 metros de largo, 4 metros de ancho y 3.8 metros de altura. Esto se debe a que para dar cierto margen de costos se recomienda redondear hacia arriba las distancias de longitud y altura. Es importante recalcar que en caso de proponer un incremento en la altura de la cámara, será necesario utilizar otro algoritmo de cimentación, ya que el presentado no cumple con los requerimientos de soporte.

12.2.2 Preliminar

El análisis preliminar de costos de cimentación tiene la función de dar los costos por metro lineal de mampostería y metro lineal de piedra, para después ser empleados en la determinación del costo de cimentación. Las siguientes tablas resumen los datos más importantes.

Tabla 12.7 Zapata corrida

0.5m de largo
0.5m de ancho
1m de análisis (de 24 de circunferencia)
0.25m ³ de Concreto F'C 100
\$ 382.31 Costo de metro lineal de mampostería

Tabla 12.8 Piedra

0.25 m ³ de volumen análisis
1.5 Factor de Corrección
0.375 m ³ de Piedra Brasa
\$ 57.38 Costo metro lineal de piedra

12.2.3 Cimentación

A partir de los costos preliminares obtenemos el siguiente costo de cimentación por cámara:

Tabla 12.9 Cimentación por cámara

\$ 382.31 Costo Mampostería metro lineal



\$ 57.38 Costo Piedra metro lineal
20 Metros de circunferencia

\$ 8,793.65 Costo de Cimentación

12.2.4 Dala

El costo de la dala por cámara está dado en la siguiente tabla:

Tabla 12.10 Dala

80 metros lineales de Varilla
180 kg de Varilla
360 kg de Estribos
0.54 ton de Varilla 3/8 "

\$ 5,738.39 Costo de Dala

12.2.5 Muros

Para el cálculo de los muros se considera solamente la opción tecnológicamente más adecuada, es decir, muros elaborados con ladrillo rojo hacia el exterior y refractario hacia el interior, para dar una mayor resistencia térmica al horno. Se considera que puede emplearse el mismo mortero para las juntas de ambos tipos de ladrillos.

Tabla 12.11 Muros con ladrillo refractario y rojo

91.2 m ² de Muros (6 x 4 x 3.8)
63 piezas de ladrillo por m ²
5745.6 piezas de ladrillo requeridas
2872.8 piezas de ladrillo rojo
2872.8 piezas de ladrillo refractario
13.68 m ³ de Mortero requerido para juntas
\$ 7,350.26 Costo de mortero
\$ 62,473.35 Costo de ladrillos refractarios
\$ 5,745.60 Costo de ladrillos rojos

\$ 75,569.21 Costo de Muros

12.2.6 Losa

El cálculo de los materiales para la losa se hizo considerando una forma abovedada con una luz de 21 centímetros para el ángulo de la bóveda. Los ladrillos empleados son nuevamente rojos hacia el exterior y refractarios hacia el interior. Los resultados se presentan a continuación:

Tabla 12.12 Losa con ladrillo refractario y rojo



24	m ² de area techo
1.8	Factor de corrección bóveda
43.2	m ² de area bóveda
1361	piezas de ladrillo rojo
1361	piezas de ladrillo refractario
3.6	m ³ de mortero
\$ 2,678.16	Costo Cimbra losa solida
\$ 1,934.28	Costo de mortero
\$ 29,592.64	Costo de ladrillos refractarios
\$ 2,721.60	Costo de ladrillos rojos
<hr/>	
\$ 36,926.68	<i>Costo Losa</i>

12.2.7 Firme

A partir de los costos de cimentación obtenemos el siguiente costo de firme por cámara:

Tabla 12.13 Firme

0.3	Metros de profundidad
24	m ² de area de base
7.2	m ³ Volumen de vaciado
\$ 5,040.14	Costo de concreto F'C 175
<hr/>	
\$ 5,040.14	<i>Costo de Firme</i>

12.2.8 Castillos ARMEX

A partir de las dimensiones de cada cámara se obtiene la cantidad de castillos necesarios y su costo:

Tabla 12.14. Castillos armex

0.25	m ² area de castillos
4	m altura de castillos
9	cantidad de castillos
9	m ³ volumen de concreto F'C 175
\$ 6,300.18	Costo de concreto F'C 175
\$ 347.76	Costo de castillos
<hr/>	
\$ 6,647.94	<i>Costo Castillos ARMEX</i>

12.2.9 Chimenea

El cálculo de la chimenea se realizó con cierto grado de imprecisión por carecer de un algoritmo completo para relizarlo. La siguiente tabla resume los costos estimados para su construcción, reconociendo que los



valores obtenidos pueden variar con la situación experimental. El diámetro de la chimenea fue determinado según recomendaciones experimentales.¹

Tabla 12.15 Chimenea

4	m altura de tubería
0.5472	m ³ volumen de mortero
\$ 294.01	Costo de mortero
\$ 1015.25	Costo de tubería acero al carbón
<hr/>	
\$ 1309.26	<i>Costo Chimenea</i>

12.2.10 Concreto refractario

A partir de las dimensiones de cada cámara se obtiene la cantidad de cemento refractario óptimo para el mejor aislamiento y protección para choques térmicos:

Tabla 12.16 Cemento refractario

91.2	m ² area de muros
0.05	m espesor de capa
4.56	m ³ de cemento refractario
\$ 1,048.80	Costo de malla
\$ 17,211.58	Costo de concreto refractario
<hr/>	
\$ 18,260.38	<i>Costo de Concreto Refractario</i>

12.2.11 Costo total de construcción

Al sumar todos los costos descritos en la sección 12.2, se determina que el costo por cámara de construcción del horno propuesto es de \$158,285.65 M.N. Dado que no se encontró algún factor que lo impidiera, el costo total del horno es igual a sumar el costo de cuatro cámaras: **\$633,142.60** M.N.

12.3 Análisis Económico

A continuación se presentan los resultados del análisis económico realizado a las propuestas artesanal e industrial de producción de ladrillos. Estos resultados se encuentran a detalle en la tesis de maestría que complementa este trabajo (Gutierrez, M.A., 2004). La propuesta artesanal no contempla ningún aumento de producción a lo largo del tiempo, por no disponer de medios productivos más eficientes. La propuesta industrial sí contempla un aumento en producción a lo largo del tiempo al introducir más operadores.

¹ Ludwig, (1970, pp. 253-254)



12.3.1 Propuesta artesanal.

La siguiente tabla resume los costos y las ganancias económicas actuales para un productor artesanal promedio. Esta referencia es importante para comparar el beneficio del proyecto. Se hicieron varias simplificaciones en la determinación de costos que son necesarias mencionar. Se considero que no es necesaria la inversión de compra o renta del terreno, pues se parte de la suposición de los casi 600 m² necesarios pueden provenir de áreas aledañas de algunos o todos los productores ubicados en la misma zona.

En caso de ser necesaria la venta o renta de un terreno, se estima que en Valor Presente Neto del mismo es de aproximadamente \$60,000.00 M.N. considerando un costo de \$100.00 por metro cuadrado. Este costo de inversión tendría que añadirse al costo del horno para obtener el costo total de inversión y conocer el tiempo de amortización del capital bajo estas circunstancias.

Tabla 12.17 Costos y utilidades actuales para los ladrilleros artesanales

	mensual	anual
Producción	192,000	2,304,000
Costos de producción		
arcilla	16,896	202,752
agua	10,560	126,720
combustoleo	42,692	512,301
quemador	3,000	36,000
Costos totales	73,148	877,773
Costo variable por unidad	0.381	0.381
ventas	134,400	1,612,800
Ventas netas	61,252	735,027
Beneficio por familia	10,209	122,504

La ganancia neta por productor es de \$10,206 M.N. al mes. A continuación se comparan estos resultados con los cálculos del proyecto, para estimar el beneficio.

A continuación se comparan estos resultados con los cálculos del proyecto, para estimar el beneficio. Se consideró un período de 5 años para la amortización del capital, y se estima que el tiempo de vida del proyecto sea de 20 años.

Tabla 12.18 Resultados económicos de la propuesta artesanal

Capacidad de las cámaras	8,000
Producción al año (ladrillos)	2,304,000
Producción al mes (ladrillos)	192,000
Producción por familias al año (6)	460,800



Ahorro en el combustible	40%
TMAR mixta con inflación	30.0%
Tasa de préstamo anual	10%
VPN	2,164,151
Benéfico por familia después del 5 año	13,400
% de ingresos por familia con proyecto	31.3%
Beneficio por familia	11,201
<u>% de ingresos C/proyecto</u>	<u>9.7%</u>

Como se puede apreciar comparando la situación actual con la propuesta, durante la etapa de pago del capital, las familias incrementarían sus utilidades en un 9,7 % en comparación con las utilidades que se registran sin el proyecto. Una vez completado el pago del capital, el cual se contempla a 6 años, los productores tendrían un ingreso por arriba del 30 % al que comúnmente recibirían. Por otra parte, futuras investigaciones deberán realizar un análisis financiero para determinar el valor de depreciación del horno, a lo largo de los 20 años de vida del proyecto. Este valor es de fundamental importancia para considerar la amortización necesaria a partir del sexto año, para ahorrar el dinero de la inversión inicial durante los 15 años de vida restantes. De esta forma, cuando el valor en libros del horno sea nulo, se contará con el ahorro requerido (a cierta tasa de ahorro anual) para reemplazar con un nuevo horno el ya existente, o llevar a cabo modificaciones substanciales del mismo.

La tasa de préstamo que se maneja es muy baja ya que el crédito se pretende que sea gubernamental. Esta tasa pretende proteger el dinero y mantener el poder adquisitivo en el tiempo, es decir, una tasa de seguridad de inflación. Todos los ingresos y egresos de los 6 años de la valuación económica se expresan en Valor Presente Neto, por considerar que ambos aumentarían de forma similar con la tasa de inflación anual.

12.3.2 Propuesta industrial.

La inversión en equipo necesaria se presenta a continuación:

Tabla 12.19 Inversión requerida para el equipo del proyecto

EQUIPO	PRODUCCIÓN	INVERSIÓN
EQUIPO:	PRODUCCION	
TAD-005	TADPRESS 8000 (para una producción de 7000 piezas por 8 horas) 30 H.P.	296,070.00
ARA-0111	ARRANCADOR 30 H.P.	9,310.00
	BANDA ELEVADORA DE MATERIAL 8/18" 2 H.P.	53,000.00
	ARRANCADOR 2 H.P.	1,260.00
EQUIPO:	MEZCLADO	
MEZ-005	MEZCLADORA TURBOMATIC TR-440 30 HP	137,480.00
ARA-009	ARRANCADOR 30 H.P.	9,310.00



UNIDAD DE POTENCIA OLEODINAMICA NUM.2 (40 LTS)		13,740.00
ARRANCADOR 2 H.P.		1,260.00
RAM-001	RAMPA PARA MEZCLADORA	5,750.00
DOA-001	DOSIFICADOR DE AGUA MOD.COUNTER 76 lts	15,470.00
VAL-002	VALVULA DE SOLENOIDE 3/4" (76 lts/m)	1,450.00
FIL-002	FILTRO DE LINEA DE 3/4" P/VALVULA AGUA	1,380.00
EQUIPO:	MATERIA PRIMA	
	MOLINO DE BOLAS CONTINUO 30 H.P.	285,000.00
EQUIPO:	EXTRACCION	
CAR-001	CARRO TRANSPORTADOR DE 4 LLANTAS	17,730.00
	TRANSPORTADOR DE CAMA PLANA DE 3 METROS	28,100.00
	ARRANCADOR DE 1 H.P.	1,260.00
	SUBTOTAL	877,570
	IVA	131,636
		1,009,206
EQUIPO:	HORNO DE CUATRO CAMARAS	
	CAPACIDAD DE 8000 LADRILLOS/ CAMARA	633,142
	EQUIPO DE QUEMADORES	320,000
EQUIPO:	SECADOR	
	SECADOR SEMI-CONTINUO CAPACIDAD DE 12,000 LADRILLOS	150,000
	CARROS SECADORES	24,000
EQUIPO:	TRASPORTE AL ALMACEN Y CARGA	
	MONTACARGA (inversión se hará en el 2008)	500,000
	Sub TOTAL	\$1,803,206
	TERRENO	75,000
	INFRAESTRUCTURA DE LA PLANTA	300,000
	TOTAL	\$2,178,206

La Tabla 12.20 resume las variables de producción y económicas del estudio de factibilidad económica del proyecto.

Tabla 12.20 Variables de la evaluación del proyecto

EVALUACIÓN			
Volumen máximo de producción 1er año	2,016,000	Precio de venta ladrillo	1.70
Volumen máximo de producción 10ª año	5,760,000	Desperdicio	5%
Tasa de crecimiento	30%	Días laborables	288
Salario mensual por trabajador	2,500	Precio tonelada	40
Salario de ventas	3,000	Porcentaje arena rassini	30%



Salario jefe de producción	4,500	Precio del kw-h	0.823
Salario gerente de producción	12,000	Precio de litro de agua	0.10
Mantenimiento % sobre la inversión	0.010	Renta de la nave	0
Costo de seguro mensual	3,000.0	Precio del gas (millon de BTU)	54.0
Nivel de inventario % producción	0.05	TIR	
Tasa de descuento del inventario	0.20	70.58%	
Costos fijos	669,203	TMAR	37.00%
Punto de equilibrio	662,432	VPN	2,517,302

Dado que la Tasa Interna de Retorno esperada es de 70.58%, es posible afirmar que el proyecto industrial tienen excelentes posibilidades de éxito en estas condiciones.

12.4 Evaluación de Impacto Ambiental.

La evaluación de impacto ambiental se llevó a cabo siguiendo los lineamientos de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. A continuación se presentan las conclusiones derivadas de dicho estudio.

- 1.- En base al análisis realizado la ubicación que se selecciono para la construcción de este proyecto en San Pedro Cholula (carretera federal México-Puebla) esta en congruencia con las normatividad y la distribución de usos de suelo ya que esta zona es de uso industrial ligero y cuenta con todos los servicios necesarios para la fase de la construcción y operación sin alterar ningún ordenamiento territorial.
- 2.- El proyecto generará fuentes de empleo tanto en la fase de construcción como en la fase de operación lo que es conveniente para la región
- 3.- La tecnología que se utilizará en la fabricación de ladrillos, es amigable con el medio ambiente ya que esta minimiza los contaminantes en comparación con otras opciones actuales.
- 4.- De acuerdo con la matriz de Leopold modificada no existen alteraciones al medio con daños significativos, y todos los impactos son mitigables, a los cuales se les propuso opciones que se llevarán acabo para garantizar el menor daño al ambiente.
- 5.- De acuerdo al estudio de emisión de contaminantes a la atmósfera, ninguno de los gases emitidos está por arriba de los límites establecidos por la NOM-085-SEMARNAT.

12.5 Economía Ambiental.

12.5.1 Valuación de Bienes Ambientales.



Los resultados de esta sección se dividen en dos partes: la asignación de un precio a los bienes ambientales relacionados al proyecto (bancos de materiales y calidad del aire) y la determinación de los posibles beneficios (económicos incluidos) de la reducción de emisión de CO₂ equivalente derivada del proceso de combustión.

De acuerdo a la metodología presentada en el capítulo 11 para la determinación del precio asignado para los bienes ambientales se encontraron los siguientes resultados:

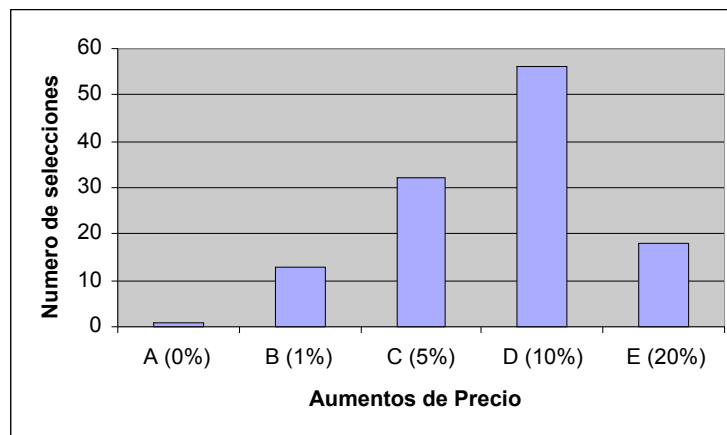
Se encuestó a 120 personas tanto dentro como fuera del campus. Los resultados se muestran a continuación:

Tabla 12.21 Resultados encuestas

OPCIÓN	A	B (1%)	C	D	E
	(0%)		(5%)	(10%)	(20%)
SELECCIONES	1	13	32	56	18
PORCENTAJE	0.83%	10.83%	26.67%	46.67%	15.00%

La fila superior corresponde a las posibles opciones de respuesta con el porcentaje de aumento de precio. La fila de en medio muestra el número de personas por opción y la fila inferior el porcentaje de selección de cada opción con respecto al total. A continuación se muestra una gráfica que ilustra el comportamiento del grupo encuestado.

Tabla 12.22 Comportamiento de encuestas





Se seleccionó un valor ponderado para la Voluntad Por Pagar haciendo la sumatoria de las selecciones multiplicadas por sus porcentajes respecto al total de encuestados, así:

$$\text{Valor para VPP} = \sum (\text{Aumento en precio} * \text{Porcentaje de seleccion}),$$

ó bien = (0 pesos*0.01)+(7 pesos*0.11)+(35 pesos*0.27)+(70 pesos*0.47)+(140 pesos*0.15)

De esta manera se obtiene: Valor VPP = 63.768 pesos por persona.

A continuación se muestra el total de habitantes de los tres municipios seleccionados de acuerdo al INEGI (última actualización, año 2000).

Tabla 12.23 Datos poblacionales del INEGI

POBLACION AFECTADA	
Municipio	No. habitantes
Puebla	1,346,916
San Andrés Cholula	56,066
San Pedro Cholula	99,794
TOTAL:	1,502,776

Para conocer el valor asignado de los bienes ambientales estudiados, multiplicamos el dato VPP por el total de personas afectadas en el municipio y tenemos:

$$\text{PRECIO DE LOS BIENES AMBIENTALES} = \text{VPP} * \text{TOTAL AFECTADOS},$$

$$\text{PBA} = 63.768 \text{ pesos por persona} * 1,502,776 \text{ personas},$$

Así, tenemos que el Precio de los Bienes Ambientales asciende a **\$95, 814, 493.13** M.N. para aquellos bienes ubicados dentro de las fronteras de los municipios seleccionados.

12.5.2 Comercio de Emisiones

El estudio de comercio de emisiones se limitó a la propuesta de producción artesanal, por estar relacionada ésta sección con una estrategia de financiamiento a partir de los beneficios ambientales obtenidos con el



cambio de condiciones de operación. Para el cálculo de todas las emisiones de dióxido de carbono equivalente (CO₂e) se consideró solamente el dióxido de carbono, despreciando los otros contaminantes involucrados en esta determinación.

12.5.2.1 Determinación de la Base de Cálculo

Dado que la producción de un ladrillero artesanal es de aproximadamente 30,000 ladrillos por mes, se decidió utilizar la siguiente base de cálculo para el horno multi- cámara.

Primero, se forma un grupo de 6 familias ladrilleras que horneen en el mismo equipo. Cada familia utilizará un día a la semana la cámara precalentada, las cuales cuentan con una capacidad de cocción de 8,000 ladrillos. Dado que el proceso es semi-industrial, el resto de la semana la familia moldeará y secará los biscochos que serán cocidos en el día que corresponde en el horno. De esta forma, cada una de las 6 familias produce al mes 32,000 ladrillos para su venta.

Con este nivel de producción, es posible estimar la cantidad de emisiones generadas en el cocimiento de los ladrillos, así como su ahorro en relación al método conocido, o también llamado “business as usual”. En base a datos experimentales corroborados con cálculos teóricos, la cantidad de combustible que se requiere en los sistemas existentes es de aproximadamente 800 litros de Combustible # 6 para 8,000 ladrillos por lote.

Para determinar la cantidad de emisiones de dióxido de carbono equivalente que esto representa, utilizamos los factores de emisión AP-42 de la Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos (USEPA) para hornos de calentamiento. Estos se presentan a continuación:

Tabla 12.24 Emisiones de combustible No. 6

Compuesto	Factor de Emisión (g / L # 6)	Factor de Emisión (moles / L # 6)
CO ₂	2928	66.5318

Es importante mencionar que a pesar de que estos factores de emisión condicionan de antemano la presencia de quemadores eficientes en la quema del combustible, esto no es mayor inconveniente cuando se intenta solamente conocer la cantidad de CO₂ generado por la combustión del combustible al cual se hace referencia.

12.5.2.2 Determinación de condiciones existentes o “Business as usual”



Siguiendo el mismo procedimiento de la sección 12.1.3, se obtienen las emisiones de CO₂ resultado de la combustión de 800 litros de combustóleo. Dado que el interés es conocer la cantidad de CO₂e generado a lo largo de un año, se multiplica esta cantidad por los 6 días de cocción a la semana, por 48 semanas, para tener una cantidad aproximada de combustible quemado en el año. El resumen de estos cálculos se muestra a continuación.

Tabla 12.25 Resumen de condiciones existentes de cocción de ladrillo

Moles de CO ₂ e por horneado	Toneladas de CO ₂ e por horneado	# de horneados por semana	Semanas productivas por año	Toneladas de CO ₂ e generadas al año
5,320	2.34	6	48	673.9

12.5.2.3 Determinación de las nuevas condiciones

Siguiendo el mismo procedimiento que en la sección anterior, se calcula la cantidad de CO₂e producido con las nuevas condiciones de horneado, en las cuales la cantidad de combustible No. 6 requerido para las mismas condiciones disminuye a 480 litros.

De nueva cuenta se muestran los cálculos para el CO₂e en un año.

Tabla 12.26 Resumen de las nuevas condiciones para la cocción de ladrillo

Moles de CO ₂ e por horneado	Toneladas de CO ₂ e por horneado	# de horneados por semana	Semanas productivas por año	Toneladas de CO ₂ e generadas al año
3190	1.41	6	48	406.1

Al comparar ambos desarrollos para cuantificar la reducción se obtiene:

Tabla 12.27 Reducción de emisiones

Toneladas al año de CO ₂ e por horneado tradicional	Toneladas al año de CO ₂ e por horneado propuesto	Ahorro de Toneladas de CO₂e al año por nuevas condiciones
673.9	406.1	267.8

La mejor manera de visualizar lo que las 204.5 toneladas de CO₂e representan en el medio ambiente, es comparando estas emisiones con otros sistemas de combustión, o con la capacidad de secuestro de carbono de un bosque. A continuación se presentan dos de estas comparaciones.



12.5.2.4 Primera comparación: Aforestación de bosques en México

En un trabajo llevado a cabo por la Universidad Michoacana de San Nicolás Hidalgo, se estudió un bosque en Michoacán compuesto principalmente por pino, oyamel y encino, para determinar que la capacidad de carbono almacenado por este tipo de bosque en México es de aproximadamente 64 toneladas de carbono por hectárea.

De esta forma, se concluye que la cantidad de combustible ahorrado con el diseño propuesto, beneficia al medio ambiente de forma similar a la aforestación de 4.2 hectáreas de bosque templado en Michoacán.

12.5.2.5 Segunda comparación: Emisiones del transporte universitario

Esta parte del proyecto busca comparar el ahorro de emisiones del horno de producción propuesto, con las emisiones de los servicios universitarios de transporte de la Universidad de las Américas, Puebla. Esto es con el objeto de proponer la compensación de las toneladas de CO₂e de las unidades vehiculares de la Universidad con este proyecto. Es decir, se busca interesar a la Universidad para que invierta en el proyecto del horno, y al mismo tiempo explotar la imagen de buscar una sostenibilidad y empatía con el medio ambiente.

Para realizar estos cálculos se tomaron los factores de emisión de la EPA AP-42, para el combustible No.2 que es el diesel, con el cual funcionan los autobuses de la Universidad.

Tabla 12.28 Emisiones de combustible No. 2

Compuesto	Factor de Emisión (g / L # 2)
CO ₂	2676

A través del departamento de Planta Física, encargado de controlar los transportes en la Universidad, se sabe que existen 2 rutas para los autobuses: una de 33 km y la otra de 40 km de longitud; se realizan por cada ruta 21 corridas por día, y un autobús da un promedio de 2.5 km por litro de diesel.

Realizando los cálculos correspondientes se concluye que se ocupan un total de 613.2 litros de diesel por día por todos los autobuses y corridas. Además, las rutas de la Universidad funcionan 5 días a la semana durante las 43 semanas de los periodos académicos de Primavera, Verano y Otoño, dando un total de 215 días de servicio. Con esta cantidad de litros se obtienen los siguientes kilogramos de dióxido de carbono equivalente:

Tabla 12.29 Resumen de emisiones de transporte universitario



Contaminante	API No 2 (diesel) (g / l de combustible)	Kilogramos de CO2e al día	Toneladas de CO2e al año
CO2	2676	1,640.92	352.8

El horno que se propone con la nueva tecnología presenta un ahorro de 267.8 toneladas de CO2e al año, por lo que con el proyecto de construcción de un solo horno se amortigua el 75.9 % de los gases que emiten los autobuses en la Universidad. Es decir, para compensar todas las emisiones de transporte universitario se requiere la construcción de dos hornos de capacidad similar a la descrita anteriormente. Considerando que la cantidad de productores ladrilleros en la región de Cholula asciende a 200 empresas familiares, y la apremiante necesidad de volver más eficiente esta industria, esta posibilidad es factible en una etapa a largo plazo del proyecto.

12.6 Gestión de Patente.

Se realizó la gestión de la patente derivada de un trabajo anterior que demuestra la factibilidad de adicionar arenas sílicas en la elaboración de productos cerámicos, siendo el uso del residuo arenoso de Rassini Frenos a la mezcla de materias primas para la producción de ladrillos un importante ejemplo. Se solicitó la cooperación del Departamento de Derecho de la UDLA-P por conducto de la Mtra. Marcela Corro para diseñar un programa de servicio social mediante el cual, los estudiantes de Derecho de la universidad pudieran realizar los trámites legales para obtener la patente de modelo de utilidad.

Los trámites serán completados durante el período de Verano 2004.