



11 Materiales y Métodos.

Dentro de los materiales de este trabajo se encuentran las referencias bibliográficas de experiencias en construcción de hornos de este tipo y similares. Por otra parte, se consideran de vital importancia las pláticas e informes escritos con los distintos agentes involucrados con el proyecto, tales como: la empresa Rassini Frenos S.A. de C.V., el Centro de Desarrollo Regional, la Procuraduría Federal de Protección Ambiental y otros interesados, que fueron modificando los alcances y detalles técnicos de las propuestas. En términos financieros, se plantea la búsqueda de patrocinadores para solventar la obra en una etapa subsiguiente de trabajo.

En el área de herramientas de cómputo, se utilizaron los programas AUTOCAD 2004 y OPUS OLE para el diseño de planos y conocimiento de cantidades de materiales para la construcción del horno así como para el estudio de costos. La parte relacionada a dispersión de contaminantes que se encuentra como anexo a la Manifestación del Impacto Ambiental de la propuesta artesanal se realizó en el programa SCREE.

11.1 Metodología para el diseño.

Se consideró imperativo el contar con experiencias prácticas en técnicas de presecado y cocción de ladrillos con el fin de conocer a fondo todos los detalles involucrados en el proceso; en este sentido, se llevaron a cabo consultas a los proveedores de quemadores industriales Termimex y Quemadores de México, para comprender los pormenores de los sistemas de calentamiento del horno. Para la ingeniería básica del proyecto se utilizó la información recopilada de la literatura y se complementó con planos hechos en Autocad 2004 los cuales fueron entregados a los proveedores mencionados antes para una revisión a fondo.

11.2 Metodología para el cálculo de requerimiento de combustible.

Para las determinaciones de combustible (programa de hojas de cálculo Excel 2000) requerido para llevar a cabo la cocción de los ladrillos se siguió una metodología simplificada¹ que se basa en la suposición de que los gases de combustión calientes, generados en una de las cámaras del horno pueden compensar las transferencias de calor (que ocurren normalmente desde el horno al entorno por medio de los fenómenos de conducción y convección) si son transportados a otra cámara cargada previamente y son utilizados para los procesos de secado y precalentamiento. Esta suposición está expresada en las siguientes ecuaciones:

$$Q_{REQTOTAL} = Q_{COCCION} + Q_{TRANSFERIDO} + Q_{evap}$$

$$Q_{recirculacion} = Q_{transferido} + Q_{evap}$$

¹ Basada en de la Llave y Martínez (1997, pp. 126-157)



Se realizaron cálculos termodinámicos para conocer la cantidad de calor requerida para llevar la masa total de la carga de ladrillos a la temperatura deseada. Por medio de este valor calculado y conociendo el poder calorífico del combustóleo no.6, se determinó la cantidad de combustible requerida para completar el proceso de cocción.

También se hicieron cálculos para conocer la cantidad de combustible que se requeriría para compensar las transferencias de calor al entorno por conducción y convección *si* el diseño del horno hubiera sido de una sola cámara y por lo tanto no se contara con la opción de recircular los gases calientes de combustión. Estos cálculos se basaron en las ecuaciones de transferencia de calor por convección y conducción mostradas abajo.

$$Q = \frac{T_{interior} - T_{exterior}}{\Sigma R}$$

Ecuación para transferencia por convección (Sigma R es la sumatoria de las resistencias de la pared, incluye capa de ladrillo refractario, ladrillo común y capa de mortero aislante)

$$Q = \frac{T_{exterior} - T_{aire}}{\frac{1}{h_{aire}}}$$

Ecuación para transferencia por convección (h es el coeficiente de transferencia de calor por convección del aire)

$$h = \frac{Nu_f k}{L}$$

Ecuación para transferencia de calor por convección (Nu_f es el número de Nusselt, k es la conductividad térmica del aire a una temperatura dada, L longitud de la pared)

$$Nu_f = C(Gr_f Pr)^m$$

Ecuación para obtener el número de Nusselt (C y m dependen de $Gr_f Pr$)

$$Rayleigh = Gr_f Pr = \frac{g\beta(T_a - T_b)L^3}{\nu^2} Pr$$

g es la aceleración por gravedad, β es el coeficiente de expansión volumétrica (igual a $1/T$ para gases), Pr es el número de Prandtl a 25°C, ν es la viscosidad cinemática del aire a 25°C



A continuación se presenta una tabla de los valores asignados a cada una de las variables incluidas en las ecuaciones mostradas arriba.

Tabla 11.1 Valores asignados a las variables de cálculo.

Variable	Representa	Valor	Referencia
T_{interior}	Temperatura en el interior del horno ($^{\circ}\text{C}$)	1,000	Valor máximo para cocción
T_{exterior}	Temperatura en el exterior del horno ($^{\circ}\text{C}$)	35	Valor máximo fijado
k	Conductividad térmica promedio del aire A 25°C ($\text{W}/\text{m}^{\circ}\text{C}$)	0.0245	De la Llave y Martínez ²
L	Longitud de la pared (m)	3.9	De acuerdo al diseño del horno
C	Dependiente de GrPr	0.1	De la Llave y Martínez
m	Dependiente de GrPr	1/3	De la Llave y Martínez
g	Aceleración causada por la gravedad terrestre (m/s^2)	9.81	--
α	Coefficiente de expansión ($1/^{\circ}\text{C}$)	0.067	Condiciones de operación
ν	Viscosidad cinemática del aire a 25°C (m^2/s)	0.00001589	De la Llave y Martínez
Pr	Número de Prandtl para aire a 20°C	0.707	De la Llave y Martínez

Los resultados de la aplicación de las fórmulas mostradas arriba pueden verse en el capítulo 12 (Resultados).

11.3 Evaluación de Impacto Ambiental³.

El objetivo básico de las evaluaciones de impacto ambiental es evitar posibles errores y deterioro de componentes ambientales que son costos de corregir a la larga.

Una de las definiciones de impacto ambiental nos dice que éstos se dan cuando una acción o actividad produce una alteración, favorable o desfavorable, en el medio ambiente o en alguno de sus componentes.

El impacto de un proyecto puede definirse como la diferencia entre la situación del medio ambiente futuro modificado tal y como resultaría después de la realización del proyecto, y la situación del medio ambiente futuro tal y como habría evolucionado normalmente sin tal actuación.

² De la Llave y Martínez (1997, p. 135)

³ Estevan Bolea (1989, pp. 1-3, 59-72)



La idea, el concepto y el contenido de las Evaluaciones de Impacto Ambiental, tal y como se conoce en la actualidad nació en los Estados Unidos, con la Ley de Política Ambiental de 1969 (National Environmental Policy Act, NEPA) puesto que allí fue donde se definieron las EIA y donde se institucionalizó esta actividad.

En nuestro país, la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) ha desarrollado su propia metodología basada en las técnicas desarrolladas en los Estados Unidos para la Evaluación de Impacto Ambiental. Esta es la metodología que se siguió para la EIA del proyecto pues es la que corresponde para solicitar autorización para la construcción y operación del horno ante la Secretaría de Desarrollo Urbano, Ecología y Obra Pública (SEDURBECOP).

La guía para la elaboración de la EIA y la Evaluación como tal (denominada como Manifestación de Impacto Ambiental por la SEMARNAT) se encuentran en el capítulo XIV (Apéndice) de este documento.

11.4 Economía Ambiental

11.4.1 Valuación de Bienes Ambientales

Para la valuación de bienes ambientales (descrita en el capítulo IX) se siguió la siguiente metodología.

1. Definición del problema.
2. Especificar el proceso de encuesta. Se ha seleccionado la encuesta personal y por medio electrónico (internet) debido a que estas opciones permiten mostrar un poco más de información al encuestado (a diferencia de la encuesta telefónica por ejemplo). Se dará una breve descripción del problema, se formulará la pregunta respectiva a la valuación y se darán opciones para facilitar la respuesta.
3. Se llevarán a cabo varias entrevistas de prueba para verificar que la encuesta se fácil de entender y que la información esté presentada de manera correcta y suficiente.
4. Se llevará a cabo la encuesta de acuerdo a un tamaño de muestra que sea representativo para la población estudiada.
5. Se recopilarán y analizarán los resultados.
6. Se determinará el valor de los bienes y servicios. De acuerdo a la información obtenida es posible obtener un valor promedio per capita que multiplicado por el total de población afectada nos dará el valor total.

De manera opcional se puede construir una curva de demanda por medio del ajuste de datos a una función y determinar el BST (Beneficio Social Total) o CST (Costo Social Total).



A continuación se muestra la encuesta en su versión final después de realizarse las entrevistas de prueba:

Si Ud. tuviera conocimiento de la existencia de un proceso de fabricación de ladrillos de construcción que permite conservar los ecosistemas de los cuales se toma la materia prima hasta en un 30% (en términos de vida útil debido a que se consume menos materia prima, en este caso suelos arenosos y arcillosos), reducir las emisiones de contaminación a la atmósfera de manera que se logre mejorar la calidad en la salud humana, reducir el consumo de combustibles gracias a un diseño mejorado del proceso y reducir la emisión de gases de efecto invernadero,

Tomando en cuenta que el millar de ladrillo común tiene un precio aproximado en el mercado de 700.00 M.N. ¿Cuántos más pesos por millar de ladrillo estaría dispuesto a pagar para asegurarse de que los ladrillos se producen como se menciona arriba? De esta manera Ud. estaría contribuyendo de manera efectiva y directa a la preservación de nuestros ecosistemas y a reducir el daño a la calidad del aire.

- a) 0 pesos más millar. No me parece que los problemas relacionados sean graves.
 - b) 7 pesos más por millar (1% extra). Me parece que esta cantidad es suficiente para contrarrestar los problemas mencionados.
 - c) 35 pesos más por millar (5% extra). Me parece que esta cantidad es suficiente para contrarrestar los problemas mencionados.
 - d) 70 pesos más por millar (10% extra). Me parece que los problemas son serios y requieren atención inmediata.
 - e) 140 pesos más por millar (20% extra). Me parece que los problemas son muy graves y deben de implantarse políticas y normas que regulen el uso de recursos naturales y promuevan el ahorro energético de los procesos productivos.
-

11.4.1.1 Consideraciones y Limitaciones.

Se considera que ningún grupo social recibe incentivos de ninguna especie por pagar más por el producto que no sean las mejoras respectivas a los bienes y servicios evaluados. Por lo tanto no se requiere de un grupo objetivo al cual entrevistar.



Se han detectado los problemas ambientales relacionados a la industria ladrillera en varios estados de la república (Chihuahua, Estado de México, Guanajuato y Puebla). Sin embargo, se ha limitado esta valuación a los municipios de Puebla, San Andrés Cholula y San Pedro Cholula (Estado de Puebla). Esto es debido a que por la complejidad estadística de la encuesta, es muy difícil obtener una muestra representativa de la población de los estados mencionados. Incluso en el caso de los tres municipios seleccionados *no se considera la muestra obtenida como representativa (en cuanto a cantidad y aleatoriedad)* debido a que las entrevistas se realizaron en su mayoría (60%) dentro del campus. Si bien se ha dicho que este trabajo no requiere que se seleccione un grupo específico, las diferencias en el nivel educativo y de calidad de vida pueden ocasionar desviaciones respecto al comportamiento del resto de la población.

Otra razón para la selección de sólo tres municipios es que si bien los efectos nocivos de la emisión de contaminantes cubren áreas muy grandes (hecho que por sí mismo justifica un estudio de este tipo a nivel nacional), las concentraciones arriba de los límites permitidos y/o recomendados de sustancias nocivas están muy próximas a la fuente de emisión.

11.4.1.2 Comercio de Emisiones.

Para la parte de reducción de emisiones de CO₂ equivalente, los cálculos teóricos han permitido determinar que las mejoras en el diseño y la operación del horno generan un ahorro de combustible de aproximadamente el 40%, para la producción de 8, 000 de ladrillos en una cámara. El propósito de esta sección de nuestro trabajo es determinar la cantidad de toneladas de dióxido de carbono equivalentes (CO₂e) al año que dicha reducción representaría, en relación con la situación existente o ‘business as usual’.

Para lograr esta determinación se tomó como referencia el consumo habitual de combustóleo no.6 en el proceso artesanal. Este consumo se ha reportado en aproximadamente 100 Litros por millar de ladrillos producidos. La determinación de la reducción de emisiones se hizo con los requerimientos de combustible calculados según la metodología expuesta en el capítulo 11 y los resultados que se muestran en el capítulo 12.

Para la gestión de patente de modelo de utilidad se siguió la metodología indicada por el Instituto Mexicano de la Propiedad Industrial⁴

⁴ <http://www.impi.gob.mx>