

Tecnología constructiva del chacuaco en las haciendas azucareras. Cuatro casos de estudio de la región oriente del estado de Morelos

Adriana Uribe Ángeles

La industria azucarera en el estado de Morelos ha sido una actividad relevante en la historia de México; tuvo sus inicios en el siglo XVI, cuando Hernán Cortés construyó la primera hacienda en el pueblo de Axomulco, cerca de Cuernavaca. Las características geográficas y climáticas del estado favorecieron su fundación, crecimiento y desarrollo. Uno de los elementos característicos del paisaje construido actual de la región, son los chacuacos o chimeneas industriales de las haciendas azucareras, estructuras esbeltas y de gran altura, presentes en gran parte del estado, a pesar de que más de la mitad de dichos edificios están en condición de abandono.

El estudio de la tecnología constructiva de estos elementos es importante para su conservación, sin embargo poco se ha tratado este aspecto. En este marco, se presenta cómo fueron transformándose sus características edificatorias en un periodo comprendido entre los siglos XVI al XVIII, mediante el estudio de la geometría y de la estructura de cuatro casos de estudio ubicados en la región oriente del estado. También se han estudiado estos aspectos en función del incremento de la producción industrial y del mejoramiento de sus procesos. Logrando con ello una aproximación a la identificación de cómo fue la evolución de su estructura y sistemas constructivos conforme se transformó la industria en el estado de Morelos.

LAS HACIENDAS AZUCARERAS EN MORELOS: ORIGEN Y PROCESOS DE PRODUCCIÓN

La historia de las haciendas inició después de los primeros años de la colonia, pasando por todo el periodo virreinal, el de la independencia, los años del movimiento revolucionario y finalmente, terminó cuando se promulgaron las reformas agrarias. La hacienda, como una propiedad agrícola dirigida por un latifundista, en donde la fuerza de trabajo es sometida a los trabajadores que la operan (Lorenzo 2007, 67), fue la forma de trabajo que imperó en las haciendas azucareras en México, así como en los molinos de trigo; ambas empresas constituyeron las primeras agroindustrias novohispanas.

Las bondades y ventajas del estado de Morelos, así como su cercanía con la ciudad de México, contribuyeron para que fuera seleccionado por Hernán Cortés para instalar su residencia, así como la primera fábrica de azúcar de la Nueva España en el Marquesado del Valle de Oaxaca, alrededor de 1535 (Scharrer et al. 1997, 16). Morelos se caracteriza por su tierra fértil, al encontrarse en una región subtropical, con las condiciones climáticas que favorecen la cosecha de la caña de azúcar. Las haciendas o ingenios azucareros morelenses fueron de los primeros construidos, en los pueblos de Axomulco, con el ingenio de Cortés, y Amanalco, de Bernardino del Castillo. Gisela Von Wobeser (1988) documenta que para finales del

siglo XVII ya se habían construido 40 ingenios en la zona.

En términos arquitectónicos se habla de una etapa inicial, en la que se construyeron los zangarrillos, también conocidos como trapiches, de estructura rudimentaria y efímera. En estos espacios industriales, existía el movimiento por tracción animal del trapiche, en él se tritura y se extrae el jugo de la caña de azúcar; también existía un recipiente metálico para recibir el caldo, así como los moldes donde se cuaja el jugo, obteniendo finalmente la panela, un derivado del azúcar conocido hoy como piloncillo. En estas pequeñas edificaciones fueron construidos los primeros chacuacos, de poca altura y caracterizados por su sección transversal cuadrada.

El producto obtenido del ingenio era exclusivo para la exportación y el consumo de las clases pudientes de la Nueva España; con las mieles residuales se obtenía el aguardiente o chiringuirito, una bebida barata y clandestina hasta 1961, lograda a través del cocimiento y destilación de la caña (Scharrer et al. 1997). Otro elemento que interviene en la evolución de la industria azucarera es la cría de ganado en mayor y menor proporción para la operación de las fábricas, ya que tenía varias funciones; era la fuerza motriz para las ruedas de la molienda, así como para la prensa; también servía como fuerza indispensable para el transporte de los insumos y como proveedor de cueros, lana, sebo, entre otros. Entre 1690 y 1680 factores climáticos y demográficos conducen a los productores de caña a abandonar sus cultivos, rentando sus propiedades y tierras para el cultivo de diversos productos, tales como: maíz, frijol, arroz, calabaza, melón y sandía, generando un auge en la economía campesina (Crespo, Manigat y Reynoso 2006).

En 1880 se inicia el proceso de modernización en la industria azucarera en Morelos, con la introducción de maquinaria que transformó radicalmente las técnicas de producción, mediante el método de centrifugado, consistente en separar los cristales del azúcar del jarabe colector. En la hacienda de Santa Clara, ubicada al noreste del estado, fue usado este método por primera vez (Scharrer 1996). Este cambio trajo como consecuencia que los hacendados aumentaran la superficie cultivada pues lograban mayor producción con la mejor tecnología implementada. Sin embargo, esto llevó al despojo de las tierras que pertenecían a la población indígena, por lo que hubo gran disgusto de ellos como dueños originales.

En esa época la importancia de la industria azucarera en el interior del país se incrementó en gran medida, pues pasó del 38.6% en el año de 1906, al 56% durante el periodo comprendido entre 1892 a 1910. Jiménez (1986, 13) señala que debido a ello el desarrollo industrial del estado de Morelos fue tan vertiginoso, que sólo es equiparable al registrado en Bahía, poblado de Brasil. En algunos casos, durante este proceso de prosperidad y desarrollo en Morelos, algunos trapiches fueron extendiéndose hasta llegar a ser grandes ingenios ya modernizados, en los que fueron construidos los chacuacos de gran altura y esbeltez, caracterizándose como los elementos más representativos de esta industria en la región.

CARACTERÍSTICAS DE LOS CHACUACOS MORELENSES

La construcción de los grandes ingenios inmediatamente al lado de los campos de azúcar respondió a la vulnerabilidad de la caña, pues se tiene que procesar inmediatamente para aprovecharla al máximo. Esto ayudó a que las haciendas azucareras incrementaran su producción, además de que paulatinamente se extendían territorialmente, aumentado la zafra. Esto requirió mayor equipamiento y espacio, además de la modernización de los procesos fabriles y la construcción de chacuacos de mayor altura.

La función principal del chacuaco es ayudar a mantener la higiene del lugar, evitando los malos olores y los humos producidos en chimeneas de poca altura. Es decir, son elementos que conducen humos y gases a una altura suficiente, sin perjudicar a los seres vivos ubicados en las cercanías del ingenio. El incremento de altura de la chimenea, conforme aumentó la producción, favoreció la corriente de aire y benefició la combustión, haciendo posible la reducción de la cantidad de combustible necesaria para la generación de vapor.

Relación de los chacuacos con los espacios industriales de la hacienda azucarera

Los espacios industriales de la hacienda azucarera que están relacionados con el chacuaco son el cuarto de calderas y el cuarto de hornallas. En estos dos espacios se realiza la cocción a fuego directo del jugo

de caña, por lo que el chacuaco tiene comunicación directa con el cuarto de calderas, que de la misma manera se encuentra conectado con el cuarto de hornallas (Scharrer et al. 1997). La casa de calderas debía estar en un nivel inferior al del trapiche para transportar el jugo de la caña que era extraído en el trapiche, se transportaba hacia la casa de calderas mediante canales de madera. Una vez transportado el jugo de caña de azúcar al cuarto de calderas, se colocaba en cazos de cobre llamados calderas, de ahí el nombre del espacio. En estos cazos el jugo era cocido y concentrado pasándolo de una caldera a otra, conforme se avanzaba estas recibían mayor fuego directo y el jugo se iba concentrando mas, por lo que las pailas iban disminuyendo su tamaño pero aumentando su grosor para no quebrarse. De esta manera las pailas son llamadas; la de recibir, la de contra recibir, la de contra medio, la de contra melar, la de melar, y finalmente la mas gruesa y pequeña llamada tacha o tacho. En este orden la primera caldera y la última eran las mas importantes, las intermedias podrían suprimirse dependiendo de la cantidad de producción.

Estos espacios tuvieron pocos cambios, hasta la primera década del siglo XVIII cada caldera tenía su propio horno y dentro de este espacio se localizaban los chacuacos de geometría cuadrada, alineados y con una altura aproximada de 4 m. Generalmente el cuarto de calderas era de traza rectangular y requería de gran espacio, ya que las pailas era muy grandes, aproximadamente de 1,5 m de profundidad por 1,5 m

de diámetro, además de que el tanque que recibía el jugo de caña tenía que estar a una menor altura a la de el trapiche, y contiguo a este tanque se encontraba la primera caldera (Scharrer 1996). Otro aspecto importante era que las calderas también deberían tener una altura óptima para que los calderos pudieran pasar el jugo de una caldera a otra. Este espacio era el único en el que se eran colocados candiles para que se pudiera trabajar hasta la noche.

Por otro lado están las hornallas, espacio contiguo en donde se localizaban los hornos y chimeneas que alimentaban el cuarto de caldera. La ubicación de este cuarto requería estar contiguo a la casa de calderas, así como también debía encontrarse a una altura inferior para que este lograra calentar las pailas a fuego directo (figura 1). Las pailas del cuarto de calderas estaban dispuesta en fila pegadas a muro intermedio entre este espacio y las hornallas, cada caldera necesitaba un horno, el cual era alimentado con el bagazo que quedaba de la molienda de caña y por medio de los chacuacos se liberaban los gases tóxicos producidos de esta combustión. Es de este modo que al igual que las pailas, los hornos u hornallas también se encontraban alineados en esta misma disposición, de manera que cada horno requería un chacuaco que alimentara con fuego directo las calderas y los hornos (Kusuhara 2008). Esta disposición del espacio, de los instrumentos y de los elementos industriales como las chimeneas se ven en las primeras haciendas construidas en el siglo XVI. Estos primeros chacuacos se construían de mampostería de tabique y

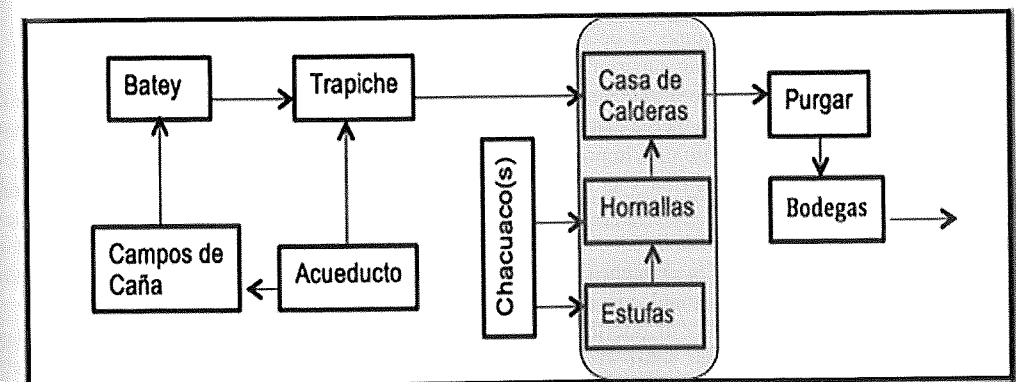


Figura 1
Relación de los espacios industriales dentro de la hacienda

piedra cubiertos con morteros de cal, generalmente de geometría cuadrada.

A finales del siglo XVIII muchas de las haciendas, se expandieron y modernizaron debido a la alta demanda del producto tanto por parte de los colonos como para su exportación y comercio en Europa (Scharrer et al. 1997). El aumento de producción de azúcar y la legalización y comercialización del aguardiente, requirieron de mayor combustión, generando mayor cantidad de gases, y es en esta etapa en la que se construyen los chacuacos de mampostería de mayor altura, generalmente de geometría circular. Como se menciona anteriormente, el aumento del tiro de los chacuacos no solo respondía a cuestiones de salubridad; a su vez, el aumento de altura generaba una mayor succión de los gases mejorando la combustión de los hornos y disminuyendo la cantidad de gábazo y leña (López, Martínez y De Mazarredo 2011). De esta manera se asume la relevancia de las características de las chimeneas industriales para la producción del azúcar.

Procesos constructivos de los chacuacos

El estudio de cómo se construía antiguamente las torres y chimeneas puede tomarse como un antecedente de la edificación de los chacuacos estudiados en este trabajo. La altura es parte fundamental de su diseño, ya que, como se comentó anteriormente, ésta favorece la combustión a mayor altura, al mismo tiempo que se economiza en el combustible.

Para este análisis se dividen los elementos constructivos del chacuaco con el fin de reconocer su función, en corona, pila y base. Gracia López (2007, 602) nos define estos elementos como se detalla a continuación: la corona es el elemento superior de la chimenea y su función es puramente ornamental; en algunos casos la corona representa la marca distintiva del constructor. La pila es el elemento más importante ya que conduce el humo hacia arriba y la altura mejora la succión y combustión en los hornos, su geometría puede ser redonda, cuadrada o rectangular. La base forma la parte inferior de la chimenea y es generalmente cuadrangular u octogonal con altura variable. Su función es la de acceder al interior del chacuaco y la de distribuir las cargas sobre el suelo para evitar fallos en la cimentación.

Por otro lado, López Patiño (2007) aborda el proceso constructivo de las chimeneas que a continua-

ción se describe: estas chimeneas son elaboradas por constructores especialistas, generalmente solo se requiere de 4 a 5 personas, de las cuales dos se quedan en la base preparando los morteros y pasando los ladrillos por medio de una polea. El tercer constructor, localizado aproximadamente 2 m por debajo del cuarto constructor, se encarga de recibir el material y suministrarlo al tiempo que el cuarto constructor va levantando los muros de la chimenea. La base es diseñada en base a la altura, en donde resulta importante considerar el tamaño del hueco en la parte superior del chacuaco, ya que el constructor necesita moverse con libertad para realizar el trabajo. A partir de este parámetro es que se determinan el resto de las dimensiones. Se tiene documentado el uso de andamiaje, sin embargo la manera más común es trabajar por dentro de la chimenea, de tal forma que conforme avanzan las paredes del elemento, se van anclando unas barras de hierro que sirven como escaleras, como apoyo para los tableros y que permite un punto de agarre para la polea. Generalmente se divide el fuste de la chimenea en tramos de entre 4 y 5 m en donde cada tramo tiene un valor determinado de ladrillo menos que el tramo inferior. De este modo es que la chimenea va reduciendo su espesor, respondiendo a la mecánica de aumentar el ancho y la sección en la parte inferior de la chimenea por consideración de estabilidad y resistencia a las cargas gravitatorias acumuladas. Se considera que mediante este proceso constructivo, un chacuaco de 25 a 30m se puede construir entre 30 y 50 días.

REGLAS TRADICIONALES PARA DETERMINAR LAS DIMENSIONES DE TORRES Y CHIMENEAS

En esta investigación se han estudiado reglas de proporción y geometría para el cálculo tradicional de torres, y su aplicación en los casos de estudio que serán descritos más adelante. Estas reglas fueron abordadas desde los arquitectos del gótico tardío alemán y tratadistas como Rodrigo Gil de Hontañón, los cuales fueron influenciados por las aportaciones teóricas de Alberti.

Durante el gótico tardío alemán las plantas de las torres presentaban una geometría cuadrada, la esbeltez de la torre se establecía en relación entre el lado de la base y la altura. Sin embargo el parámetro más importante de su estructura se encontraba en el espe-

sor de los muros, el cual se calculaba en proporción de su altura total. De esta manera se establecía una relación 1/20, la pared tendría 1 m de espesor si tiene 20 m de la altura. Por otro lado Alberti proporcionó reglas para calcular las dimensiones principales de las torres de proporciones más esbeltas, las cuales se aplicaron hasta mediados del siglo XIX. Las aportaciones de este teórico se basaron en dos parámetros relacionados con la altura; la anchura de la base y el espesor de los muros. En primera instancia distingue la sección geométrica de la torre, la cual podrá ser cuadrada o redonda. La de sección cuadrada sigue una proporción de anchura de base de 1/6 de su altura y la de sección circular tendrá de base en su diámetro 1/4 de la altura total de la torre. Otro tratadista que aborda las proporciones geométricas estructurales de las torres es Rodrigo Gil de Hontañón. Principalmente se basan en calcular el espesor de los muros y el espesor de los estribos en su coronación. De esta manera en la primera regla se define la esbeltez relacionando la altura de la torre con el ancho de la base; de esta forma la base se calcula en base a la altura que se quiera alcanzar estableciendo que la base será 1/4 de la altura total. Por otro lado el espesor de muros se calcula sacando la raíz cuadrada de la altura, tomando solo 1/2 del resultado para establecer el espesor (Huerta 2004).

En cuanto a las chimeneas industriales, Huerta (2004) comenta que las primeras investigaciones se obtuvieron del Padre Tosca (1707-1715), esto se encuentra en su comprendió matemático relacionado al centro de gravedad que sostiene el cuerpo al pasar dentro de su base. Otro trabajo pionero en el tema se refiere a la primera memoria científica de Fresnel (1831), así como también se cuenta con las aportaciones teóricas de estabilidad de las torres y chimeneas de mampostería de tabique de Rankine. Sin embargo fueron las reglas empíricas de Alberti las más utilizadas para la construcción de elementos de gran altura y esbeltez, reglas basadas en proporción y geometría.

A pesar de estas primeras aportaciones, no fue hasta mediados del siglo XIX que el problema de estabilidad de estos cuerpos alcanzó un desarrollo suficiente a partir del cual se deriva el trazado y diseño de las dimensiones pertinentes para la condición de estabilidad del elemento (tabla 1). Para esta investigación, es de gran importancia mencionar que es Rodrigo Gil de Hontañón, el que establece en sus reglas que al aumentar el tamaño o altura y disminuir proporcionalmente el espesor del muro, mejora la condición de estabilidad de estos elementos esbeltos de gran altura, ya que de esta manera el peso aumenta con el volumen. En esta misma línea, también es el

	Relación ancho de muros	Relación de esbeltez
Regla gótica de los tratados alemanes	$m = h/20$; $m/h = 1/20$	$h/b = 1/12$
La regla de Alberti	$m = h/15$; $m/h = 1/15$	$h/b = 1/6$
La regla de Rodrigo Gil de Hontañón	$m = \frac{1}{2} \sqrt{h}$; $m/h = \frac{1}{2} (1/\sqrt{h})$	$h/b = 1/4$
Torre Arisnelli	Base $m = 1/30$ y Cornisa $= 1/100$	-----

Tabla 1

Reglas de tratadistas europeo para el cálculo de espesor de muros en torres y chimeneas en donde h= altura y m= espesor (Huerta 2004)

quien considera al viento como un factor más, considerando que este factor incrementa en mayor magnitud en relación a la superficie y no a la altura.

CASOS DE ESTUDIO: UBICACIÓN, CARACTERÍSTICAS Y ESTUDIO DE LA GEOMETRÍA

El primer caso de estudio es la hacienda el Hospital, conjunto arquitectónico dentro de la catalogación de monumento arquitectónico. Se localiza en las afueras de la ciudad de Cuautla, a unos 6 km al poniente, dentro de lo que hoy se conoce como el estado de Morelos. Esta hacienda fue fundada a finales del siglo XVI bajo la supervisión del quinto virrey de la nueva España, Lorenzo Suárez de Mendoza. Quien funda este conjunto es Bernardino Alvares, exiliado poco después de la construcción de la hacienda. A su regreso se dedica al altruismo fundando hospitales, entre ellos la Hacienda El hospital en 1569.

El segundo caso de estudio es el chacuaco de la hacienda Chinameca, está localizada en el poblado de Chinameca, perteneciente al municipio de Ciudad de Ayala. Esta hacienda fue la última en edificar antes de la revolución en el estado de Morelos. Esta hacienda cuenta con una historia corta, sin embargo tie-

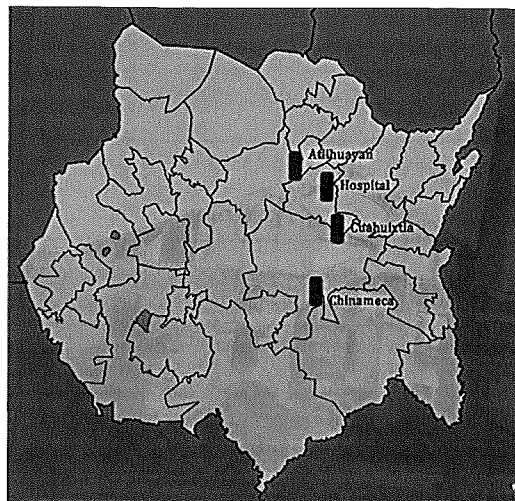


Figura 2
Mapa de localización de los casos de estudio (elaboración propia 2015)

ne un gran valor histórico ya que en ella trabajó el personaje revolucionario Emiliano Zapata. En esta construcción se llevaron a cabo luchas armadas por litigio de tierras y donde es acecinado este personaje.

El tercer chacuaco se encuentra en la hacienda de Atlihuayán, la construcción se encuentra localizada al sur del municipio de Yautepec, sobre la carretera a Ticumán y las Estacas. Esta hacienda tiene sus inicios mediante una merced de cuatro caballerías de aproximadamente 171 hectáreas otorgadas por don Pedro Cortés, cuarto marqués del Valle de Oaxaca, en el año de 1560.

Finalmente, el último caso de estudio es la hacienda de Cuahuixtla, se localiza al norte del municipio de Ciudad Ayala. Esta hacienda fue fundada en el siglo XVI por frailes agustinos, alcanzando su máximo auge en el siglo XIX (figura 2).

El Hospital

El chacuaco se encuentra localizado a un costado barda sur perimetral, a uno cuantos metros de lo que era el trapiche viejo. Esta chimenea industrial esta construida a base de mampostería de ladrillo, tiene una relación de esbeltez de 1/14 y alcanza una altura de 35,41 m actualmente, su geometría es de sección circular. Se comenta que aproximadamente 10 m del chacuaco fueron retirados por miedo a un derrumbe, y aunque esta información no se encuentra documentada. Es notorio que le hace falta la corona y una parte del fuste, ya que a lo largo del fuste se encuentra el nombre de Concepción [uno de los nombres de la hacienda], faltando las primeras de las leras C y O.

Su base es cuadrada y al igual que toda la chimenea está construida a base de mampostería de ladrillo. Tiene una altura de 3,90 m de altura, sin embargo para conectar el cenicero a la cámara interior, parte de la base está enterrada a una profundidad de 1,85 m de profundidad (figura 3). El acceso al interior del chacuaco es mediante un arco de medio punto, contando con un espacio de 2,20 m de diámetro en la base y 2,00 m de diámetro en la parte superior del fuste. Por otro lado por la parte exterior de la chimenea, el fuste arranca con un diámetro de 5,25 m y termina con un diámetro de 3,20 m.

La sección del chacuaco se reduce proporcionalmente conforme aumenta su altura. En la parte inferior tiene un grosor de 1,11 m, mientras que en la

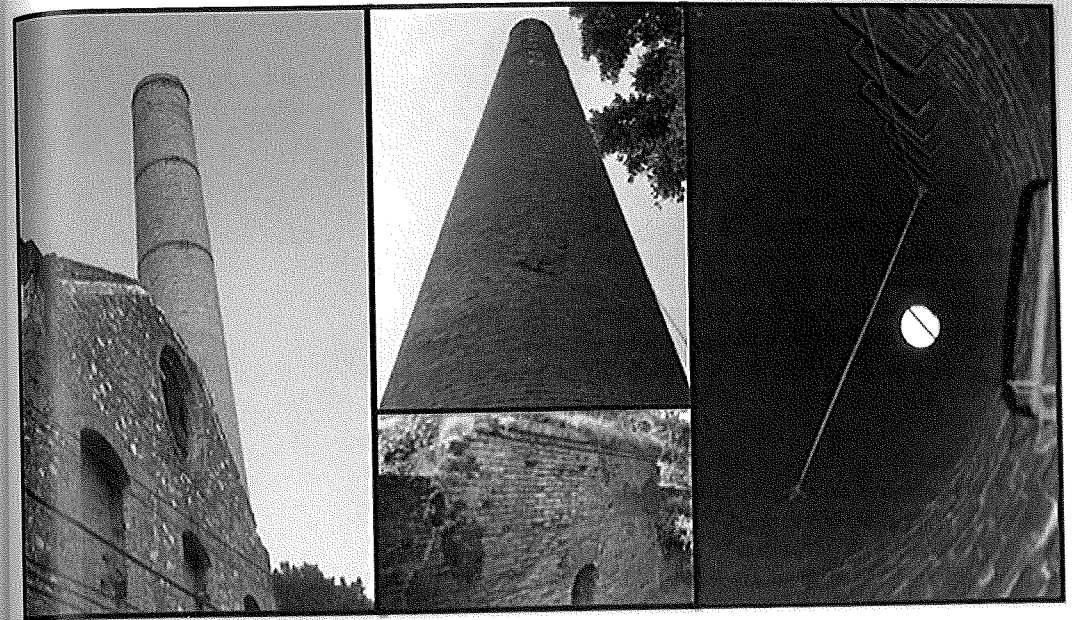


Figura 3
Chacuaco hacienda El Hospital (toma y edición propia 2014)

parte superior cuenta con un grosor de 60 cm, resultando una pendiente de 0,14 % a lo largo del tiro del fuste. Este caso de estudio tiene un desplome de 5 cm.

Chinameca

El chacuaco se encuentra localizado al norte de la casa grande, enfrente de él, se logra ver los ductos que formaron la cámara interior y que conectaban con la casa de calderas. El sistema constructivo con el que se edificó es de mampostería de ladrillo. Tiene una sección circular en el fuste y se desplanta de una base cuadrada, la cual muestra a simple vista intervenciones de mantenimiento, además de tener una losa de cemento sobre su cenicero. Su relación de esbeltez es de 7/8, alcanzando una altura de 39,61 m desde su base hasta la corona del fuste. A simple vista se logra ver en la fachada norte la falta de material en una sección alta del fuste, esto debido a un cañonazo que recibió durante los enfrentamientos armados, según comentarios de lugareños.

Las dimensiones de la base es de 4,74 m de altura y 5,85 m de longitud, construido con un aparejo a tizón tanto en los muros como en la cornisa. Tiene dos accesos alineados, en ambos el claro es formado mediante el arco rebajado (figura 4). El espacio interior del chacuaco en la base es de 2,75 m y en la parte superior del chacuaco de 2,00 m. El fuste, por el exterior, se desplanta con una dimensión de 5,15 m, terminando con una medida de 2,80 m. El aparejo que se observa a lo largo del fuste es a soga. En la corona se presenta un remate sencillo, con una cornisa de cuatro movimientos a 2,46 m de la punta de la chimenea.

Los muros tienen un espeso de 1,20 m en la parte inferior, mientras que en la parte superior se reduce a 47 cm. La reducción proporcional de los muros tiene una pendiente de 0,27 %. El eje geométrico de este caso de estudio tiene un desplome de 11 cm.

Atlihuayán

Su chacuaco se localiza al sur del ingenio de vapor, y a este le sigue el ingenio viejo. Su geometría es de

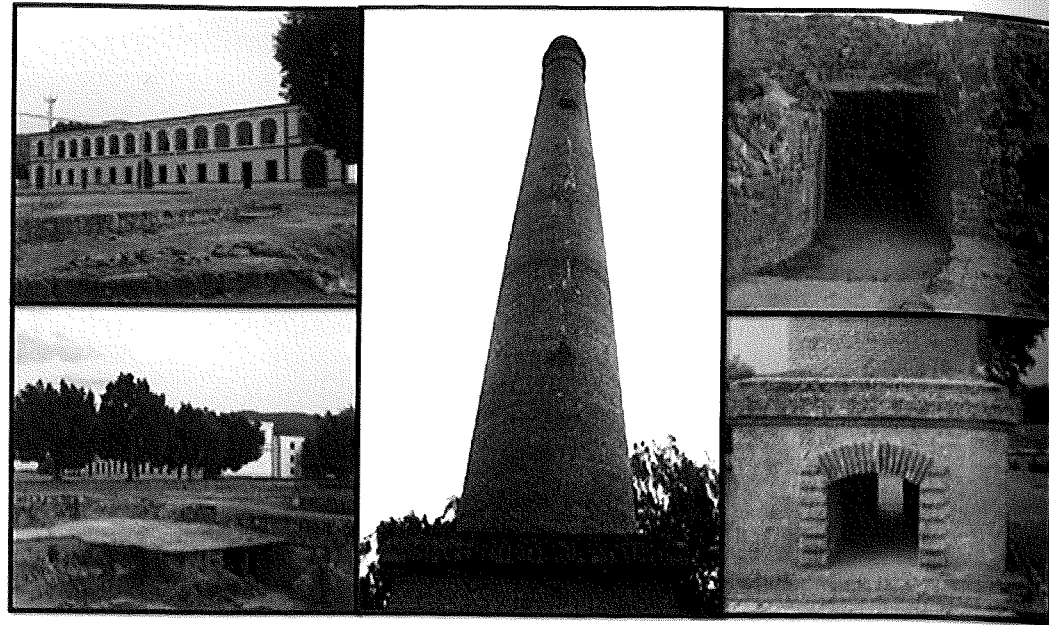


Figura 4
Chacuaco hacienda Chinameca (toma y edición propia 2014)

sección circular y de base cuadrada. Esta construido a base de mampostería de ladrillo y alcanza una altura de casi 35,51 m, este caso de estudio es el que presenta mayor labor de mantenimiento, ya que lo largo del fuste de la chimenea se logran apreciar una serie de cinchos de hierro como refuerzos estructura.

Esta chimenea alcanza una altura de 38 m, está construida a base de mampostería organizada de ladrillo. Tiene una relación de esbeltez de 1/8 y a lo largo de su tiro presenta una pendiente de 3,7 %. La base es de forma cuadrada, tiene 4,27 m de largo y 2,54 m de altura, sin embargo se encuentra 3.09 m por debajo del nivel de piso, conectando así el cenicero del chacuaco con la cámara interna (figura 5). El acceso se encuentra por debajo nivel de piso, y se baja por medio de una escalera tipo marinera, y el acceso tan solo tiene 50 cm de altura y 56 cm de ancho, formado por un arco levemente rebajado. El ducto de la chimenea en la base tiene un diámetro de 1,53 m, mientras que en la parte más alta aumenta a 1,65 m de diámetro. En el exterior, el fuste se desplanta con una dimensión de 3,96 m de diámetro y 2,45 m en la parte superior. Los muros inician con un espesor de 1,27 m reduciéndose hasta llegar a un grosor de 2,45 m.

En general presenta un aparejo a soga, sin embargo en las esquinas se observa la utilización de la piedra basalto, muestra de las intervenciones hechas para su conservación, al igual que la sucesión de cinchos de hierro a lo largo del fuste del chacuaco.

Cuahuixtla

Esta hacienda fue de las más grandes del país, por lo que en ella se logran varios chacuacos de sección cuadrada y de gran altura. Este caso de estudio es muy particular, ya que no se logra apreciar otras chimeneas industriales con las características que esta presenta. Esta chimenea alcanza una altura de 35,36 m y al igual que los otros casos de estudio está construida con mampostería de ladrillo organizada, sin embargo en este caso si se le recubrio con una capa muy fina de estuco (figura 6). La relación de esbeltez es de 1/10, relación optima según las reglas tradicionales. A lo largo del tiro del fuste presenta un desplome de 0,40 %, el más grande de los 4 casos de estudio. La base tiene 2,70 m de lado en donde se localiza la entrada al cenicero, 3,65 m de largo en el

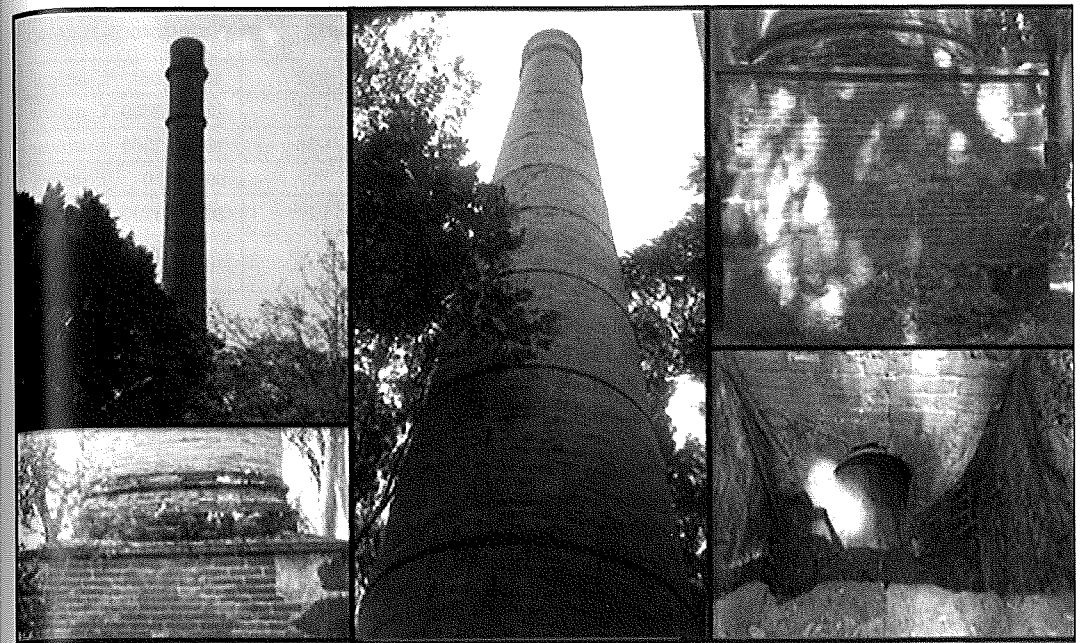


Figura 5
Chacuaco hacienda Atlhuayan (toma y edición propia 2014)

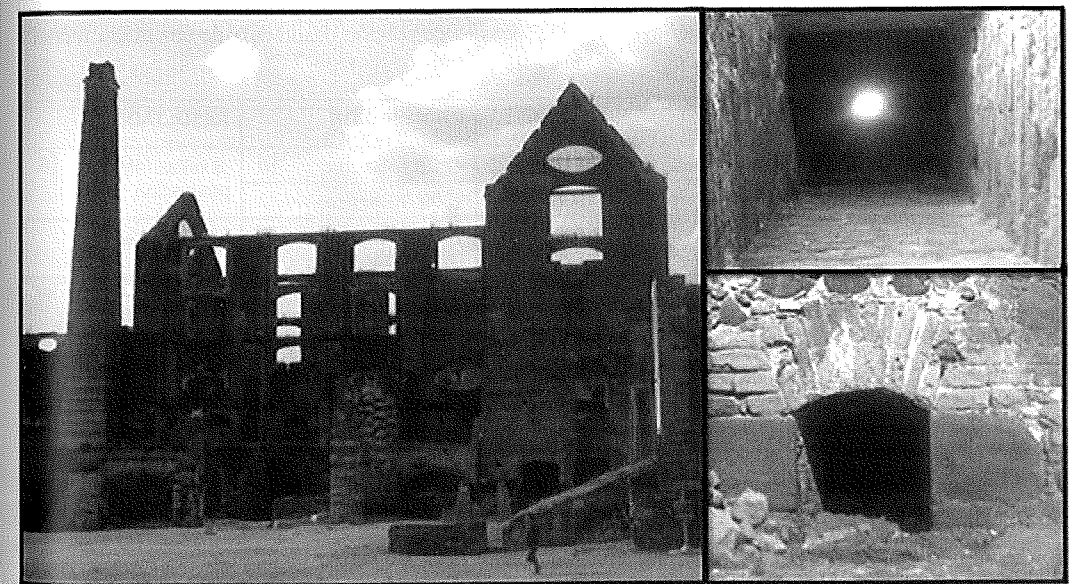


Figura 6
Chacuaco hacienda de Cuahuixtla (toma y edición propia 2014)

HACIENDA	CHACUACO	GEOMETRÍA	ESBELTEZ	MUROS	PRODUCCIÓN
El Hospital	S. XVI	Sección Cuadrada	1/ 7.8	1/32	400 a 500 T. azúcar
	S. XIX	Sección Circular	1/13	1/22	2000 a 2500 T. azúcar
Chinameca	S. XIX	Sección Circulas	1/7.8	1/33	1000 a 1500 T. azúcar
Atlihuayan	S. XVI	Sección Cuadrada	1/13	1/22	600 a 700 T. azúcar
	S. XIX	Sección Circular	1/8.3	1/27	3000 a 3200 T. azúcar
San Antonio Cuahuixtla	S. XVII	Sección Cuadrada	1/10	1/23.8	3000 T. azúcar

Tabla 2
Historia fabril y modernizaciones (elaboración propia 2015)

desplante y una altura de 3,98 m, teniendo un espesor de muros de 1,10 m. En este caso la base se encuentra completamente sobre el nivel de piso, teniendo un pequeño acceso mediante un arco de 85 cm ancho por 53 cm de altura. El ducto de la chimenea tiene 1,19 m en la base y se reduce a 0,61 m en la corona de remate. En el exterior se desplanta el fuste con una dimeción de 3,61 m terminando en la corona con 1,33 m. Finalmente el fuste se encuentra seccionado por tramos aproximados de 80 a 90 cm de tal manera que en cada sección se va reduciendo el espesor de muro 4 cm en total, 2 cm de cada lado.

Este chacuaco ya presenta daños mecánicos como grietas a lo largo del fuste, falta de material en la co-

rona del remate y así como también la pérdida de estuco que cubre el sistema constructivo de la intemperie. Sin embargo solo presenta una primera intención de restauración, en general se encuentran en estado de abandono.

Comparacion de los casos de estudio

En una etapa inicial se construían varias chimeneas alineadas en la casa de calderas y la hornalla, como en la hacienda de El Hospital y en Atlihuayán, dos de los casos de estudio. La geometría de estas chimeneas es de sección cuadrada y de una altura menor a

HACIENDA	MODERNIZACIÓN	ZAFRA	PRODUCCIÓN	RESULTADOS
El Hospital S. XVI	1625 Rueda Hidráulica	1821	471.5 T. azúcar	5 veces más producción
	S. XVIII y S. XIX	1908	2500 T. azúcar	
Chinameca S. XVIII	1906 S. XIX	1907	1030 T. azúcar	-----
Atlihuayan S. XVI	S. XVII y S. XVIII	1877	646.8 T. azúcar	6 veces más producción
	S. XIX	XIX	3200 T. azúcar	
San Antonio Cuahuixtla S. XVI (rueda hidráulica)	1643 Expansión territorial y aumento de población.	1870	397.9 T. azúcar	2.5 veces más producción
	1700 Maquina de vapor	1874	891.43 T. azúcar	
	1800 Ferrocarril	1900	2165 T. azúcar	2.4 más producción
		1912	2136 T. azúcar	0.7 más producción

Tabla 3
Características geométricas de los casos de estudio (elaboración propia 2015)

CHACUACO	ALTURA	MUROS	RELACIÓN ANCHO MUROS	ESBELTEZ	DESPLOME	%
Hospital	35.41	1.11	1/32	7.8	5 cm.	0.14
Chinameca	39.61	1.20	1/33	7.8	11 cm.	0.27
Atlihuayan	35.51	1.30	1/27	8.3	12 cm.	0.37
San Antonio Cuahuixtla	35.26	1.26	1/28	13.05	14 cm.	0.40

Tabla 4
Evolución del chacuaco en los casos de estudio (elaboración propia 2015)

las construidas con sección circular, aproximadamente entre 15 m y 20 m. El número de chimeneas dependía del número de hornallas. A diferencia de las construidas de mampostería regular y de gran altura, estos primeros chacuacos sí contaban con aplanados de estuco (tabla 2).

Por otra parte, se observan chacuacos de igual geometría cuadrada, pero de mayor altura en la hacienda de San Antonio Cuahuixtla. Esta hacienda se moderniza en 1874 debido a la gran producción que tiene y a la gran demanda de la industria. Dentro de esta modernización se introduce la máquina de vapor, considerándolo ya para 1887 como uno de los

ingenios más importantes de México (Scharrer et al. 1997), destacando que dentro de las instalaciones se contaba también con una fábrica de aguardiente, lo que requirió de un espacio más de producción relacionado con las chimeneas industriales (tabla 3). Otro factor a destacar es la disposición de los chacuacos, ya que para esta etapa sólo se construía un chacuaco por casa de calderas. De tal manera que se conectaban los ductos de todas las hornallas para desalojar los gases producidos por la combustión, a estos ductos se les conoce como galería interior. En la intersección de esta galería y la chimenea existe una disminución de altura, a este

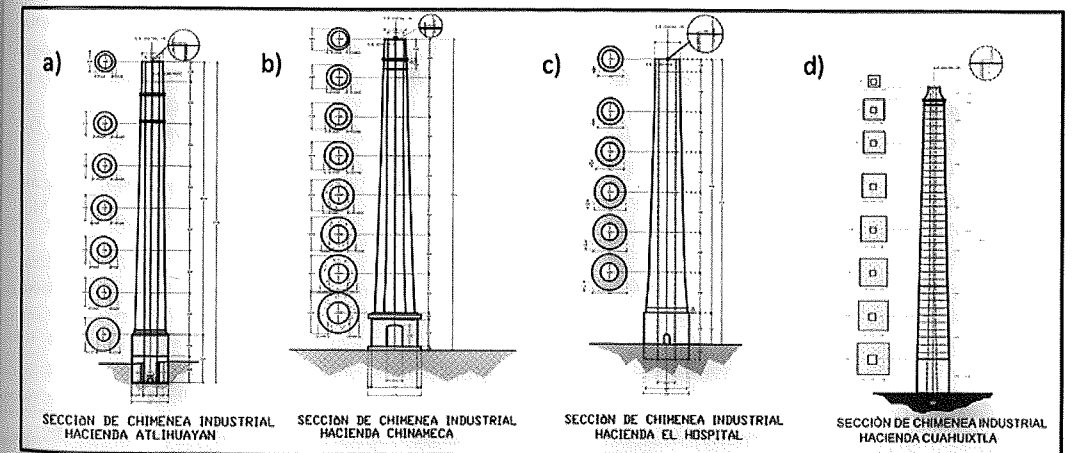


Figura 7
Sección geométrica de las chimeneas industriales: a) Atlihuayán, b) Chinameca, c) Hospital, d) Cuahuixtla (elaboración propia 2015)

espacio se le conoce como cenicero y en el se acumulan las cenizas llevadas por el humo (López 2007).

Finalmente se muestran las grandes chimeneas industriales de mampostería de ladrillo y geometría circular, en las que se logra ver el aparejo del material, muestra de un manejo técnico del sistema constructivo. Los chacuacos tomados como casos de estudio son El Hospital, Chinameca y Atlhuayan con estas características se empiezan a construir en la segunda mitad del siglo XIX, ya que en este periodo la mayoría de las haciendas azucareras entran a una etapa de modernización (tabla 4).

La economía fue otro factor para optar por la construcción de una sola chimenea conectada a varios hornos mediante la galería interna, de esta manera se mantenían los costos de construcción a un mínimo. En consecuencia a todos estos factores es que determina la construcción de las chimeneas con estas características constructivas y estructurales, como última fase evolutiva de los chacuacos de las haciendas azucareras en Morelos (figura 7). Posteriormente se construyen chimeneas con mayor altura durante el siglo XX, con la introducción de un nuevo sistema constructivo, concreto armado, por lo que estas construcciones quedan fuera de esta investigación.

CONCLUSIONES

Podemos concluir que las transformaciones dadas en el desarrollo tecnológico de la industria azucarera en el estado de Morelos, se relacionan directamente con la geometría y estructura de los chacuacos, así como también la disposición de los espacios de producción. El estudio de reglas empíricas utilizadas para el dimensionamiento de los elementos estructurales de mampostería de tabique de gran esbeltez nos muestra que su uso permitió la construcción de chacuacos de alturas considerables en Morelos.

LISTA DE REFERENCIAS

- Aguilar, Inmaculada. 2011. «Arquitectura Industrial, testimonio de la era de la industrialización». *Cátedra Demetrio Ribes, Universidad de Valencia*, 7: 71-101. www.mcu.es/patrimonio/docs/MC/IPHE/BienesCulturales/N7/12-Arquitectura_industria.pdf
- Ávila, Héctor. 2001. *La agricultura y la industria en la estructuración territorial de Morelos*. México: UNAM, Centro Regional de Investigaciones Multidisciplinarias.
- Crespo, Horacio; S. Manigat e I. Reynoso. 2006. *El Azúcar en América Latina y el Caribe. Cambio tecnológico, trabajo, mercado mundial y economía azucarera*. México: Senado de la Republica.
- Estrada, S; Toussaint; A. Scharrer, B. y B. Von Mentz, 1996. *Haciendas de Morelos*. México: Miguel Ángel Purrrúa.
- Huerta, Santiago. 2004. *Arcos, bóvedas y cúpulas, geometría y equilibrio en el cálculo tradicional de estructuras de fábrica*. España: Instituto Juan de Herrera.
- Jiménez, Lucero. 1986. *La Industria Cañero-Azucarera en México (Estado de Morelos)*. Cuernavaca: UNAM, Centro Regional de Investigaciones Multidisciplinarias.
- Kusuhara, Ikuo. 2008. *La arquitectura de Haciendas Mexicanas y el clima*. Tesis de Doctorado, Universidad Nacional Autónoma de México.
- López, Gracia; A. Martínez y L. de Mazarredo. «Chimeneas industriales de ladrillo helicoidales». En *Actas del Séptimo Congreso Nacional de Historia de la Construcción*, editado por S. Huerta, I. Gil, S. García, y M. Taín, 755-65. Madrid: Instituto Juan de Herrera.
- Monterrubio, Antonio L. 2007. *Las Haciendas Pulqueras de México*. México: UNAM.
- Morales, Paulina y Villa, Auribel. 2013. «Patrimonio Industrial un nuevo territorio». *Revistas Científica y Arbitradas de la UNAM*, Foro abierto: 32-33. <http://www.revistas.unam.mx/index.php/bitacora/article/download/26343/24758>
- Rendón, Ricardo. 1994. *Haciendas de México*. México: Fomento Cultural Banamex.
- Scharrer, Beatriz. 1997. *Azúcar y Trabajo, Tecnología de los siglos XVII y XVIII en el actual Estado de Morelos*. México: Miguel Ángel Purrrúa.
- Von Mentz, Brigida. 1991. *Atlhuayan, Ingenio de Azúcar, Yautepec, Morelos. Atlhuayan en la Historia*. México: Atlhuayan Centro de Convivencia, A.C. México.