

# **DISEÑO Y FABRICACIÓN DE MAQUINARIA PARA PULVERIZACIÓN DE TIERRA**

## *DESIGN AND MANUFACTURE OF MACHINERY FOR EARTH SPRAYING*

***Yasmin Elizabeth Reyes Martínez***

Tecnológico Nacional de México / ITS de Ciudad Hidalgo, México  
*jereyes@cdhidalgo.tecnm.mx*

***Juan Javier Guillen Arroyo***

Tecnológico Nacional de México / ITS de Ciudad Hidalgo, México  
*Jguillen@cdhidalgo.tecnm.mx*

***Alma Leticia Aguilar González***

Tecnológico Nacional de México / ITS de Ciudad Hidalgo, México  
*aaguilar@cdhidalgo.tecnm.com*

***Juan José Moreno Ruíz***

Tecnológico Nacional de México / ITS de Ciudad Hidalgo, México  
*jmoreno@cdhidalgo.tecnm.mx*

**Recepción:** 17/noviembre/2022

**Aceptación:** 20/diciembre/2022

### **Resumen**

La presente investigación va dirigida a mejorar el proceso productivo de la alfarería en la región Oriente de Michoacán, con el objetivo analizar el proceso de pulverización de la tierra para la elaboración de productos de barro, con la finalidad de centrar las bases para un diseño más eficiente en el molino de pulverización. Durante el desarrollo del diseño se comenzó con la investigación de los diferentes tipos de tierras con los que se trabaja, ya que no todas las tierras tienen la misma consistencia y aunado a esto no todas son aptas para la elaboración de los productos de alfarería, investigando y describiendo los pasos principales de la elaboración actual del producto comenzando con la trituración manual que es desgastante físicamente, ya que se realiza por medio de golpes de pala para después pasar por un colador de tierra, los pasos se describen considerando para cada uno el tiempo real de operación mediante la observación de las actividades. Una vez implementado el molino pulverizador, se realizó el análisis de tiempos real de operación logrando la reducción del 6% del tiempo total de producción. Por parte

de la ergonomía del trabajador se reduce el nivel de riesgo mediante el análisis del método ergonómico RULA el cual nos da como resultado antes de la implementación un nivel 4 en donde se requieren cambios urgentes en la tarea, y posterior a la implementación se registra un nivel de riesgo de 3 el cual tiene puntos de mejora para la tarea.

**Palabras Clave:** Diseño de máquina, fabricación de molino, triturado de arcilla.

## **Abstract**

*The present investigation is aimed at improving the production process of pottery in the Eastern region of Michoacán, to analyze the process of pulverization of the earth for the elaboration of clay products, and center the bases for a more efficient pulverization mill. During the development of the design, we began with the investigation of the different types of soils with which we work, since not all the grounds have the same consistency in addition to this, not all are suitable for the elaboration of the pottery products, investigating and describing the main steps of the current production of the product, beginning with the manual crushing, which is physically exhausting, since it is carried out using blows with a shovel and then passes through a soil sieve, the steps are described considering the time for each one actual operation by observing activities. Once the pulverizer mill was implemented, the analysis of real operation times was carried out, achieving a 6% reduction in total production time. On the part of the ergonomics of the worker, the level of risk is reduced through the analysis of the RULA ergonomic method, which gives us a result before the implementation of a level 4 where urgent changes are required in the task, and after the implementation, it is registered. a risk level of 3 which has improvement points for the task.*

**Keywords:** Machine design, mill manufacturing, clay crushing.

## **1. Introducción**

Actualmente la región oriente de Michoacán las principales actividades económicas que se realizan, son la agricultura, la explotación forestal, la alfarería y la fabricación de teja derivados del barro.

La cerámica es un testimonio de nuestra historia por su relación ancestral con el aire y el fuego. La reinterpretación de su inagotable potencial de transformación y, por lo tanto, de innovación, moviliza el aprendizaje interdisciplinario sobre, para y con el ser humano, y, por ser un material que se conjuga con la tierra y el agua, promueve un dialogo de saberes entre la academia, los artistas, los museos, los artesanos y otros espacios culturales [Cotes 2018]. Se dice que la industria de mayor antigüedad es la alfarería, ya que cuando el hombre sintió la necesidad de proveerse de utensilios no sólo para la guerra y la cacería, sino para su comodidad personal, lo primero que utilizó fue la arcilla [edomex.gob.mx s.f.].

En Michoacán existe una amplia riqueza de aspectos físicos y biológicos, para lo cual en el estado se han desarrollado 14 de los 18 suelos encontrados en la república mexicana [Ortiz y García, 1993].

Una de las actividades en su proceso de elaboración es moler o triturar los terrones de tierra manualmente (también se conoce como apaleado) esto provoca desgaste físico a los trabajadores, además esta actividad y moler el barro demanda más tiempo que cualquier otra actividad.

El impacto económico se reflejará en la producción y en el ahorro de tiempo para el pulverizado de tierra al moler mayor cantidad de tierra en menor tiempo y así aumentar la productividad de materiales de barro.

Socialmente también impactara en los productores al utilizar tecnología para la elaboración sus productos sin dejar de ser artesanal su trabajo.

## **2. Métodos**

El presente proyecto tiene un enfoque cuantitativo, no experimental y transversal teniendo como enfoque principal de analizar del proceso de pulverización de la tierra para la elaboración de productos de barro, con la finalidad de centrar las bases para un diseño y más eficiente en el molino de pulverización.

El estudio de los diferentes tipos de tierra que están dentro de la región se evaluó mediante las características propias de cada tierra. La tierra es la materia inorgánica desmenuzable de la que se compone principalmente el suelo natural.

Procedimiento:

- Se realiza la investigación de métodos con los que se realiza actualmente el trabajo, así como diversas actividades para el buen diseño de la maquinaria, realizando análisis en costos.
- Se analiza de los diferentes tipos de tierra que están dentro de la región.
- Se establece el diseño de máquina para pulverización de tierra en base a los materiales adecuados para la caracterización de la tierra.
- Se fabrica la máquina para pulverización de tierra en base a los cálculos necesarios para los componentes que conformarán la dicha máquina.

### 3. Resultados

El método empleado para la recolección de tierra fue en base a un muestreo de los diferentes tipos de tierra que existen en los municipios de Ciudad Hidalgo e Irimbo, los cuales son: Yacimientos minerales no metálicos de caliza, arcilla, arcilla caolinita, caolín, su-bentonita, azufre y tierra fuller. Para la fabricación de artículos de barro se utiliza el caolín, su bentonita y tierra de batan.

El proceso de Fabricación para la elaboración de artículos de barro como son: Teja, tabique, duela, etc., da inicio en con la llega la tierra y se espera a que la humedad que contiene se elimine, figura 1. Posteriormente se tritura la tierra con un apaleador, la consistencia al terminar debe estar entre fina y grumosa, cabe destacar que esta es la actividad que requiere de un mayor esfuerzo físico por parte del trabajador, así como a la que más tiempo se le administra, figura 2.



Figura 1 Tierra de arcilla secándose.



Figura 2 Triturado la tierra con un apaleador.

En seguida se harnea la tierra que ya ha sido molida para obtener una consistencia más fina, figura 3. Cuando la arcilla está completamente seca, esta se tritura con una piedra, la cual es extendida y el productor se encarga de hacer movimientos rotatorios sobre ella, para poder obtener la arcilla en polvo. Se harnea con el fin de eliminar todos los residuos, para extraer un polvo con una consistencia muy fina, figura 4. Se mezcla la tierra que se ha harneado con agua para obtener el barro, mediante pilas especiales para la fabricación y se trabaja manualmente la teja, duela y tabique, figura 5.



Figura 3 Harneo de la tierra después de ser triturada.



Figura 4 Triturado de tierra para pulverizado.



Figura 5 Elaboración artesanalmente la pieza.

Se deja oreando en el interior las piezas para después, sacarla al exterior las piezas, para que queden expuestas al sol, figura 6. Se hornean las piezas a una temperatura aproximada de 850 °C y se aplica esmalte y pasan nuevamente al a una temperatura de 900 a 950 °C, figura 7.



a) *Secado interior.*



b) *secado exterior.*

Figura 6 Secado interior y exterior de las piezas.



Figura 7 Horneadas las piezas.

Actualmente la producción de ollas y algunos otros productos de la alfarería, se practican de manera tradicional y con herramientas que ayudan al operador a realizarlas pero que aun así son complicadas y hacen que la producción de la materia prima sea tardada y complicada, por ello se realizó el estudio del arte basado en algunos molinos para el buen diseño de la maquinaria. En cuanto a la trayectoria del proceso, los tiempos que se invierten en cada actividad son tardados, la actividad de triturado de arcilla se realiza en un tiempo de 4.67 h llevadas a cabo manualmente con el uso de la piedra o apaleador, para el estudio de tiempos de producción se realiza mediante un cursograma analítico del proceso manual con cada uno de los pasos descritos.

El área de interés a analizar es el triturado, debido a que es donde se invierte mayor esfuerzo y desgaste en el operario y es una de las actividades que demora el proceso. El proceso completo se realiza en 58.08 h, en estas horas son realizados 12 diferentes pasos que son los siguientes, tabla 1.

Tabla 1 Actividades de elaboración de piezas de arcilla.

	<b>Actividad</b>	<b>Tiempo (Horas)</b>
1	Secado de la arcilla de banco y apaleado	19
2	Triturado y harneado	4.67
3	Mezclado con agua 1	6
4	Lavado pila 2	2
5	Lodo pila 3	0.5
6	Elaboración del barro	6
7	Elaboración de pieza	0.41
8	Secado interno	1.5
9	Secado externo	6
10	Cocción 850°	2
11	Esmaltado	8
12	Cocción 900°	2
	Total	58.08

El 8% del tiempo de la actividad corresponde al triturado y harneado equivalente en 4.67 horas, si bien este valor no es uno de los porcentajes más altos que se tienen dentro del análisis de tiempo, pero es el de mayor impacto, debido a que es la actividad en la cual existe mayor desgaste para el trabajador.

Si bien el cansancio físico que este proceso implica, se realizó un estudio con el método RULA, el cual es un estudio ergonómico que brinda la condición actual y la idea de cómo debería ser la actividad con la finalidad de poder diseñar de forma correcta el prototipo.

Para el diseño de prototipo del molino pulverizador de arcilla se hizo uso del software SolidWorks, el cual permite realizar un modelado preciso de las dimensiones del molino, creaciones complejas y modelado en 3D. Generando menor costo en diseños, así como permite realizar modificaciones en las piezas o partes del prototipo. El mecanismo está conformado por el centro, el cual es el soporte del mecanismo. Los martillos están separados por los soportes, al mismo tiempo por los discos los cuales están soldados al centro. El diseño incluye la base del molino

consta del soporte y las patas, las cuales sostendrán la tolva, motor monofásico. Incluyendo una tolva en la parte superior del molino, la cual se coloca en la base o soporte, está es colocada en el mecanismo de martillos, la criba, que sirve como colador, permitiendo que se realice el triturado de arcilla. La tolva cuenta con un tope de seguridad el que permitirá que si llegase a entrar una piedra en la tolva la expulsara o en su caso la triturará.

Las partes diseñadas se ensamblaron para formar el molino, siendo la tolva, el mecanismo de martillos, los cuales se montaron en la base del molino, a lo que se le agrego el motor, base de motor, chumacera y la banda, el molino.

Dentro de la puesta en marcha del molino pulverizador de arcilla, para valorar su viabilidad le fue asignó a un productor de la región, al cual se dio entrega con la finalidad de que durante un mes probara el funcionamiento del molino, donde evaluaría el tiempo de triturado, fatiga y tedio, figura 8.



Figura 8 Molino pulverizado.

#### **4. Discusión**

El cumplimiento de los objetivos comprobados con el método de observación del proceso antes y después de la implementación del molino pulverizado considerando el tiempo real de operación el cual se muestra con un 6% de reducción con la implementación del molino; además de identificar los tiempos de operación se realizó el estudio ergonómico con el método RULA, empleando los factores de tiempo de trabajo, postura, descanso, repetición de movimientos y fuerza ejercida;



comprobó que durante la pulverización con piedra el trabajador tiene un riesgo 4 que es alto de sufrir algún accidente o enfermedad de trabajo, debido a las posiciones en las que realiza la actividad y además el peso que debe de cargar y mover durante la misma; posterior a la implementación del molino se comprueba el resultado del método RULA , verificando los movimientos y confirmando que el nivel de riesgo disminuye aun nivel 3 , ya que la actividad se vuelve más automatizada, aunque este nivel de riesgo no es el más óptimo para la actividad, se propone buscar nuevas herramientas que brinden el soporte necesario para eliminar cualquier riesgo las cuales pueden ser el mejorar el tipo de carga de tierra hacia el molino y la implementación de equipo de protección personal.

## **5. Conclusiones**

Se alcanzo una reducción del tiempo en un 6% y mejora ergonómica para la producción de barro en la industria alfarera mediante el diseño y fabricación de maquinaria para pulverización de tierra. Considerando el método RULA como una de las herramientas del proyecto, fue el principal soporte para el diseño y fabricación del prototipo ya que se debían de considerar las posturas para el trabajador y toda la información que este método nos brinda fue posible cumplir con el objetivo de la fabricación y la reducción del agotamiento físico con la implementación del molino.

## **6. Bibliografía y Referencias**

- [1] Cotes, María Cristina. «[https://www.redalyc.org/.](https://www.redalyc.org/)» 2018.  
<https://www.redalyc.org/journal/2790/279054997013/279054997013.pdf>.
- [2] Edomex.gob.mx. s.f. [https://edomex.gob.mx/alfarer%C3%ADa\\_y\\_cer%C3%A1mica](https://edomex.gob.mx/alfarer%C3%ADa_y_cer%C3%A1mica).
- [3] Ortiz C., A. y J.L. García. 1993. Los suelos de México. Proyecto de actualización del mapa mundial de suelos.