

DISMINUCIÓN DE DEFECTOS POR SOLDADURA INESTABLE EN CALENTADORES DE AGUA

REDUCTION OF DEFECTS DUE TO UNSTABLE WELDING IN WATER HEATERS

García Castellanos Humberto¹, Márquez Márquez Cynthia², Herrera Ríos Ericka Berenice³,
Loera Castro Adrián Francisco⁴

¹Doctor en ciencias de la ingeniería industrial. Tecnológico Nacional de México/ Instituto Tecnológico de Ciudad Juárez, División de estudios de posgrado e Investigación. humber.gc@itcj.edu.mx, 6562000812, Paquistán 7026, col Oasis, cp. 32697. Cd. Juárez Chih.

²Maestra en Ingeniería Administrativa. Tecnológico Nacional de México/ Instituto Tecnológico de Ciudad Juárez, Departamento de Ciencias Básicas, cmarquez@itcj.edu.mx, 6561441908, C Portal de los Gladiadores 8460, Fracc. Roma, CP 32671. Cd. Juárez Chih.

³Doctor en ciencias de la ingeniería industrial. Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico de Ciudad Juárez, ericka.hr@itcj.edu.mx, 6563010684, C Paseo del Roble 9110 19, Fracc. La Florida II, CP 32545, Cd. Juárez, Chih.

⁴Doctor en ciencias de la ingeniería, Tecnológico Nacional de México/ Instituto Tecnológico de Ciudad Juárez, Departamento de Ingeniería Industrial y Logística aloera@itcj.edu.mx, 6566009059, C China 7203 Col. Infonavit Tecnológico, CP 32690, Cd. Juárez, Chih.

Resumen – Se tiene una corporación a nivel mundial dedicada a la manufactura de los principales dispositivos sobre el tratamiento del agua, cuenta con plantas de manufactura de calentadores de agua en India, China, Estados Unidos, Brasil y México, estando a la vanguardia de la más alta tecnología en dispositivos para el tratamiento del agua.

En la actualidad el sistema de manufactura de la empresa, se enfoca en las necesidades del cliente, se pretende mejorar el proceso en el área de fabricación de productos de agua.

Una de las mayores causas de que se manifieste un defecto del código 8, es la aplicación de vidrio en el cilindro en las máquinas, debido a una variación en el cepillado y la limpieza en la parte inferior del cilindro.

Palabras Clave: Calentador de 18 pulgadas de diámetro. Rendimiento de Primer Paso. Defecto de soldadura. Metodología DMAIC. Rociado de vidrio.

Abstract – There is a worldwide corporation dedicated to the manufacturing of the main water treatment devices, it has water heater manufacturing plants in India, China, the United States, Brazil and Mexico, being at the forefront of the highest technology devices for water treatment.

Currently, the industry in manufacturing system focuses on the needs of the client, it is intended to improve the process in the area of manufacturing water products.

One of the main causes of a “code 8” defect is the application of glass to the barrel in spray machines, due to a variation in brushing and cleaning at the bottom of the barrel.

Key words – 18-inch diameter heater. First Pass Yield. Welding defects. DMAIC methodology. glass spray.

INTRODUCCIÓN

La empresa es el principal fabricante y comercializador de calentadores de agua residenciales, comerciales y calderas hidrónicas de Norteamérica.

La empresa ofrece a los contratistas una ventaja competitiva adicional en la medida en que la empresa diseña, construye, distribuye y apoya sobre el terreno la línea más amplia y profunda de calentadores de agua residencial y comercial del mundo, así como calderas comerciales. Este concepto de fuente única simplifica el pedido, la instalación y el servicio y está respaldado por más de 70 años de investigación e innovación.

La planta Productos de Agua en Juárez, México, fue recientemente una de las primeras operaciones de fabricación certificadas como parte del Programa Voluntario de Regulación Ambiental del Estado de Chihuahua. La planta de 263,000 pies cuadrados, que fabrica calentadores de agua residenciales, fue una de las 55 instalaciones en la región de Juárez para obtener la certificación.

En la actualidad el sistema de manufactura se enfoca en las necesidades del cliente, de esta manera el cliente obtiene un calentador de agua de acuerdo a sus necesidades, actualmente se pretende mejorar el proceso en el área de fabricación de productos de agua.

Para finalidades de este proyecto se utiliza el métrico de FPY. FPY (por sus siglas en inglés First Pass Yield) primer paso del rendimiento. Es un métrico de calidad y productividad. Este métrico depende del tipo de manufactura, diseño de los productos y muchos otros factores, pero debe medirse y luego tener un plan de mejora continua para incrementarlo.

La inestabilidad de la soldadura en la parte inferior de los calentadores de agua es nuestro mayor problema en este proyecto.

El objetivo general de este proyecto es mejorar la aplicación de soldadura de los calentadores de agua en el área de fabricación. Los objetivos específicos son: Disminuir la cantidad de reparaciones en defectos de

soldadura inestable del código #8, de 100 reparaciones a 20 defectos de soldadura aun mínimo, considerable 0.2%. Verificar la efectividad de uso correcto de la metodología DMAIC.

Enfocar proyectos de mejora a problemas relacionados con la calidad del producto es una de las mejores decisiones que puede tomar una empresa que es reconocida a nivel mundial por su excelente calidad. Y la mejora de proceso de manufactura de los calentadores de agua, será el beneficio para la empresa de Productos de Agua, si se cumplen los propósitos en este proyecto.

DESARROLLO

Uso de la metodología DMAIC, para minimizar defectos del código 8.

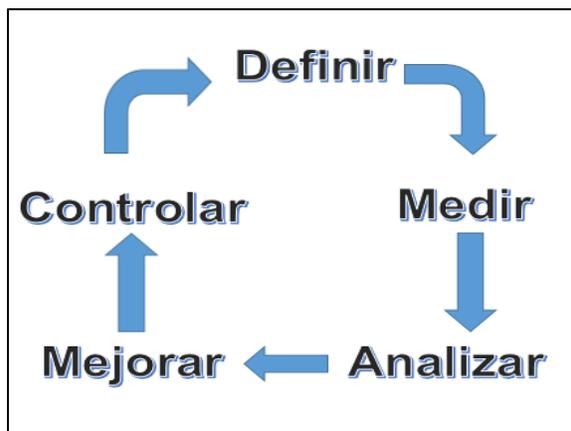


Figura 2. Etapas para la implementación de Seis Sigma

Etap 1: DEFINIR.

Comenzamos por mostrar la contribución de los defectos del código #8 a través de un diagrama de Pareto de octubre del 2019 a enero 2020.

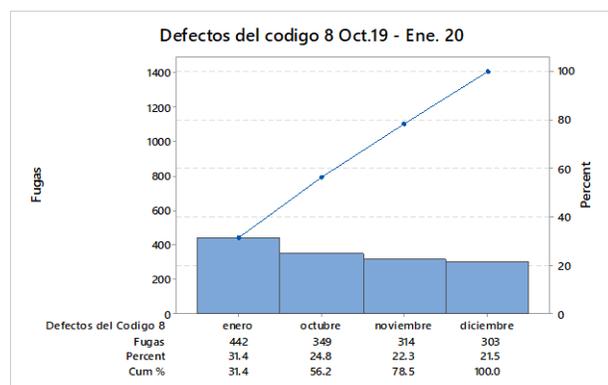


Figura 3. Diagrama de Pareto de octubre 2019 a enero 2020 contribución de defectos del código 8.

Estos datos, son la base objetiva para iniciar este proyecto de mejora. A continuación, por medio de Diagramas de Pareto veremos el código 8 como mayor contribuyente y veremos realmente el comportamiento del defecto, durante los periodos mencionados. Seguido de ello se desglosan los códigos del FPY de los meses de octubre,

noviembre y diciembre por separado, por medio del diagrama de Pareto, observando al código 8 como mayor contribuyente.

En el siguiente Pareto se desglosan los códigos del FPY del mes de octubre 2019, como mayor contribuyente el código 8 con un total de 349, ver Figura 4.

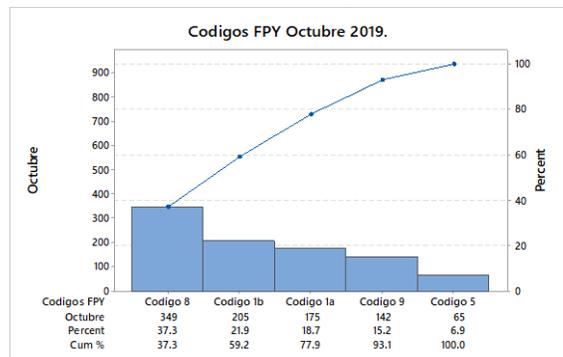


Figura 4. Diagrama de Pareto códigos del FPY octubre 2019.

En el siguiente Pareto se desglosan los códigos del FPY del mes de noviembre 2019, como mayor contribuyente el código 8 con un total de 314, ver Figura 5.

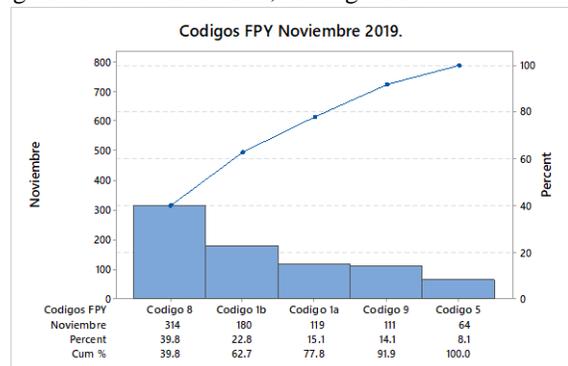


Figura 5. Diagrama de Pareto códigos del FPY noviembre 2019.

En el siguiente Pareto de la Figura 6, se desglosan los códigos del FPY del mes de diciembre 2019, como mayor contribuyente el código 8 con un total de 303, donde una de las mayores causas de defecto código 8 es la aplicación de vidrio en el cilindro en las maquinas esprayadoras.

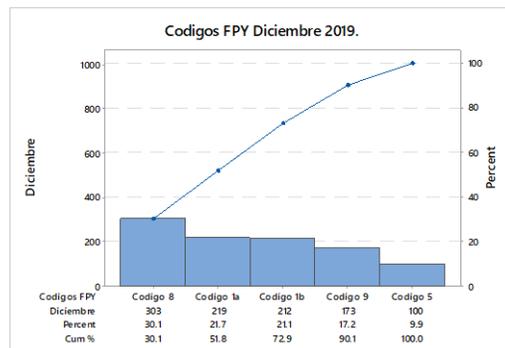


Figura 6. Diagrama de Pareto códigos del FPY diciembre 2019.

La aplicación del vidrio es húmeda como se muestra en la figura 7, por lo que si se presenta variación en el cepillado o no está bien aplicado en el cilindro, como lo muestra la figura 8, esta máquina tiende a contaminarse de partículas de vidrio y provoca defectos del código 8, por lo que en el departamento 40 se enfocará este proyecto con el fin de minimizar las causas potenciales de este código por residuos de vidrio y cepillado fuera de especificación.



Figura 7. Rociadora de vidrio, Departamento 40.

La falta de limpieza en la parte inferior del cilindro y escurrimientos por mala preparación de la receta provocará chisporroteo en la soldadura que posteriormente se aplicará en otro departamento. En la Figura 9 se muestra un cordón de soldadura inestable, causando un defecto del código #8 debido al escurrimiento de vidrio.



Figura 8. Cepillado del cilindro fuera de especificación.



Figura 9. Defecto de soldadura por escurrimiento de vidrio.

Etapa 2: MEDIR

La operación de la aplicación de vidrio tiene un promedio de 150 cilindros pintados por hora, se tiene una frecuencia de medición del cepillado de hora por hora en cada turno. La verificación de este reporte es realizada por el operador de cada rociadora en conjunto con el inspector de calidad, asegurando la correcta adhesión del material para seguir trabajando dentro de especificación. Después del retiro de esponjas, se hace manualmente una última inspección del cepillado para garantizar la correcta aplicación de vidrio en el cilindro y un cepillado dentro de especificación de $1/2 \pm 1/8$ pulgadas.

La medición hora por hora de este cepillado, la realiza el operador de aplicación de vidrio en cilindro con un flexómetro, el cual se calibra trimestralmente en el departamento de calibración de la planta, así aseguramos que no tenga variación y obtener una clara lectura en cada inspección. Todos los cilindros en esta operación deben precisar de aplicación de precubierta para asegurar que el metal al entrar al horno de curado a 1570° F, no presente deformaciones y así tener una satisfactoria inserción de la tapa inferior.

El retrabajo manual del cepillado tiene la desventaja de la contaminación de los materiales de limpieza, puesto que se tiene que estar lavando frecuentemente una esponja que se impregna de vidrio con una metodología que no es la correcta, dejando residuos. Para determinar la efectividad del cepillado en el departamento 40, se toman 5 datos cada hora en tercer turno durante dos días, se desea verificar el cumplimiento de las especificaciones establecidas por el sistema de calidad de Productos de Agua, las mediciones se muestran en la Tabla 1.

DATOS DE CEPILLADO PARA PRUEBA DE NORMALIDAD										
LIMITE SUPERIOR	5/8"=0.625									
LIMITE INFERIOR	3/8"=0.375					TAMAÑO DE LA REALIZO: 60				
TARGET	1/2"=0.5					ARTURO RUIZ				
	24 Feb					25 Feb				
MUESTRA	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
12:00 A 1:00	0.625	1.00	0.875	0.625	0.625	0.500	0.625	0.625	0.625	0.625
1:00 A 2:00	0.750	0.625	0.750	0.750	0.625	0.750	0.625	0.800	0.750	0.875
2:00 A 3:00	0.625	0.500	0.875	0.875	0.750	0.875	1.00	0.875	0.750	0.750
3:00 A 4:00	0.625	0.625	0.750	0.625	0.750	0.750	0.625	0.875	0.750	0.750
4:00 A 5:00	0.625	0.875	0.750	0.625	0.750	0.875	0.875	0.625	0.625	0.750
5:00 A 6:00	0.625	0.750	0.750	0.750	0.625	0.750	0.500	0.750	0.625	0.750

Tabla 1. Mediciones del cepillado hora por hora.

Mediante el uso del software Minitab se analiza la información de las mediciones arrojadas por el proceso de cepillado de cilindro, donde el gráfico de la Figura 10, muestra que el proceso está fuera de control, es decir, la variación del proceso es tal, que el proceso de cepillado de cilindros está fuera de especificación. Cabe mencionar que durante el proceso de la toma de mediciones se presentaron 6 fugas del código #8, el equivalente al 10%.

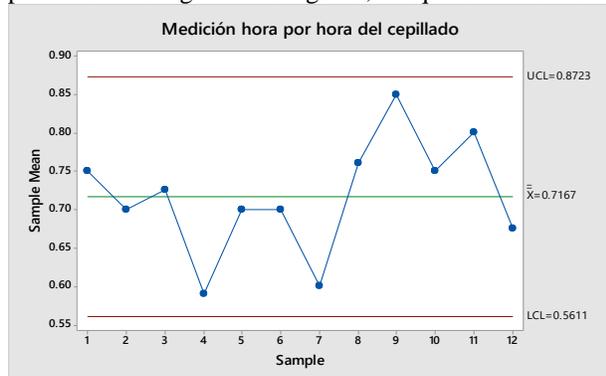


Figura 10. Mediciones Hora por Hora del Cepillado.

La figura 11 muestra que el índice de capacidad del proceso de cepillado es de 0.35, es decir, el proceso no es capaz de cumplir con las especificaciones. Se desea comprobar si efectivamente un considerable porcentaje de defectos del código #8 son producidos por la falta de seguimiento en los sistemas de verificación y medición de calidad, por lo que es necesario verificar continuamente que se trabaje dentro de las especificaciones del sistema de calidad de la empresa productos de agua.

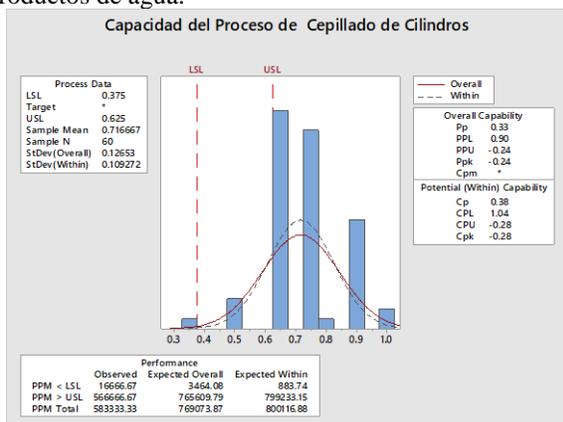


Figura 11. Índice de Capacidad del Proceso de Cepillado de Cilindros.

Etapa 3: ANALIZAR

A través de un Diagrama Ishikawa o de pescado (véase la Figura 12) y en conjunto con los líderes de los tres turnos de la planta Productos de Agua, se determinaron las causas de que el cepillado de los cilindros genere defectos del código #8. El sistema que se tiene en las maquinas rociadora, cuando los cilindros vienen ovalados, se observa que prácticamente tenemos una gran variación.

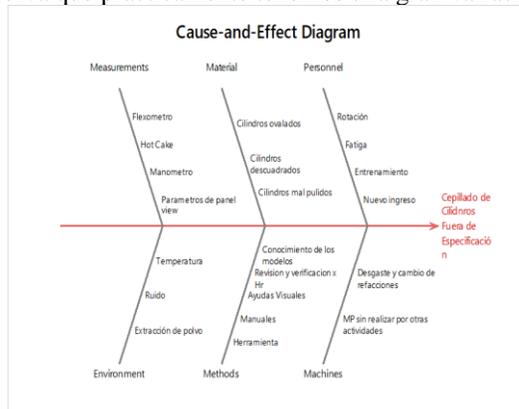


Figura 12. Causas del Cepillado de Cilindros Fuera de Especificación.

En la estación de cepillado manual, se realiza con esponjas las cuales, tienden a dejar residuos de vidrio, la verificación de los espesores de vidrio es factor muy importante para que los cilindros lleven un cepillado dentro de especificación. Estas condiciones son causa raíz, de que estemos teniendo defectos por residuo de vidrio en los cepillados y estén fuera de especificación.

Etapa 4: MEJORAR

En esta etapa, se realizan actividades y revisiones para mejorar la adhesión de vidrio y minimizar los defectos derivados del código #8.

Comenzamos por la limpieza de las tinas. En la instrucción de trabajo nos indica que se debe realizar la limpieza de la tina del elevador de tanques cada inicio de turno y entregarla a el turno que entra, lo cual no se estaba realizando de manera correcta como se observa en la Figura 13. El jefe de grupo y set-up del departamento, verifican que esto suceda como lo indica del plan de control.



Figura 13. Tina del elevador de tanques arranque de turno.

Después de verificar esta actividad al arranque del turno, se realiza la misma actividad, ahora en el transportador para modelos compactos, cada turno se responsabiliza en entregar la tina para modelos compactos limpia.



Figura 14. Limpieza de transportador para modelos compactos.

Se mandó a maquinar al departamento de maquinados, una fixtura para el cepillado manual como se muestra en la Figura 15, con el fin de tener una limpieza más precisa en el área del cepillado del cilindro y para que el operador de esta estación no tenga expuestos los dedos todo el turno al agua. La fixtura de la Figura 16, cuenta con un mango Cold Roll para realizar el cepillado, al igual que 4 capas que detendrán el corte de las esponjas colocadas en la misma.

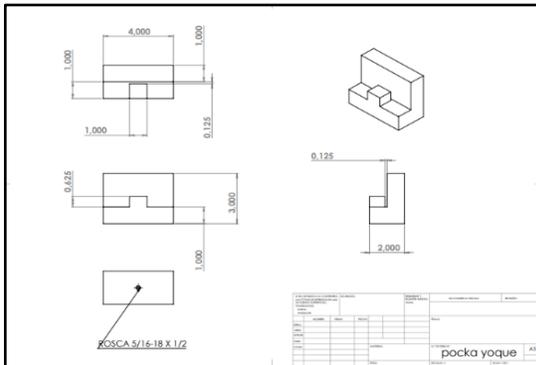


Figura 15. Dibujo para fixtura del cepillado manual.

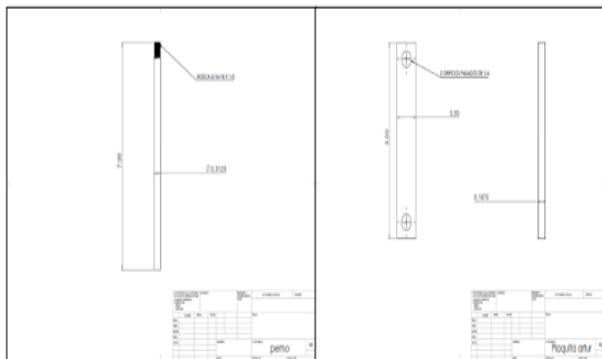


Figura 16. Dibujo de perno sujetador y placa para esponjas.

También, se maquinó, un poka yoke pasa-No pasa, el cual que se instaló en las siguientes estaciones de trabajo:

- Prensas del depto.41
- Descolgado de tanques depto.41

Este poka yoke, se propuso al departamento de ingeniería en procesos, calidad y mejora continua, para implementarse con el fin de modificar la instrucción de trabajo, referencias y ayudas visuales (véase la Figura 16). Este quedará fijo con cadena de escalerilla en las estaciones de trabajo mencionadas anteriormente, para que el operador nada más lo tome y verifique si pasa o no pasa el cepillado del cilindro, de encontrarse fuera de especificación se rechazará el cilindro y no se soldará, hasta ser retrabajado en el departamento 40.

Este poka yoke al igual que la fixtura para el cepillado manual de la Figura 17, lleva un perno de cold roll para sujetar el poka yoke, este para evitar el contacto directo con el metal, ya que después de descolgarlo, el metal aun llega con cierta temperatura considerando que viene saliendo del horno de curado.

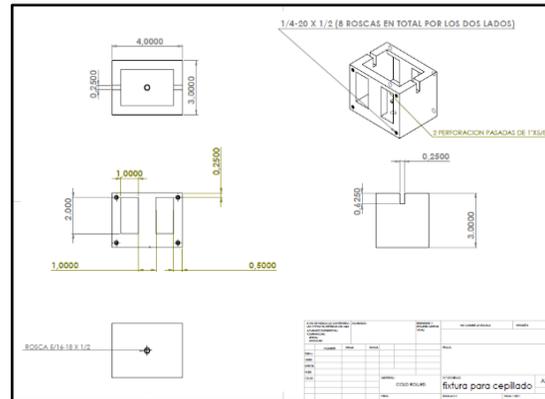


Figura 17 Dibujo de poka yoke para cepillado de cilindros.

Etapa 5: CONTROLAR

Una vez entregada la fixtura para el cepillado manual y el poka yoke pasa no pasa, implementaron en el sistema de calidad de la planta, también se instalaron en las prensas del departamento 41 para que los cilindros con el cepillado fuera de especificación sean enviados al área de retrabajo del depto. 40. Los involucrados son capacitados con el nuevo método y la fixtura para el cepillado manual de los cilindros. El departamento de ingeniería de procesos capacitará al operador el nuevo método para su uso correcto.

Para seguir mejorando este proceso, se propone al departamento de ingeniería en procesos, se modifique el reporte de inspección del sistema de calidad CC-321J, ya que las revisiones del cepillado de cilindro son verificadas cada hora en cada turno, se propondrá que se realice cada media hora, los puntos a modificar son los marcados en amarillo como se muestra en la figura 19 Reporte de inspección de proceso de espesores de vidrio húmedo y cepillado de tanque.

[10] Ngeta, J. (2009). A survey of implementation of world class manufacturing practices: case of listed companies (Doctoral dissertation).

[11] Realyvásquez-Vargas, A., Arredondo-Soto, K. C., Blanco-Fernandez, J., Sandoval-Quintanilla, J. D., Jiménez-Macías, E., & García-Alcaraz, J. L. (2020).

Work standardization and anthropometric workstation design as an integrated approach to sustainable workplaces in the manufacturing industry. *Sustainability*, 12(9), 3728.

[12] Trafimow, D. (2003). Hypothesis testing and theory evaluation at the boundaries: surprising insights from Bayes's theorem. *Psychological review*, 110(3), 526.

[13] Reosekar, R. S., & Pohekar, S. D. (2014). Six Sigma methodology: a structured review. *International Journal of Lean Six Sigma*.

[14] Fontalvo Herrera, T., De La Hoz Granadillo, E., & Morelos Gómez, J. (2018). La productividad y sus factores: incidencia en el mejoramiento organizacional. *Dimensión empresarial*, 16(1), 47-60.

[15] Patel, A. S., & Patel, K. M. (2021). Critical review of literature on Lean Six Sigma methodology. *International Journal of Lean Six Sigma*.

[16] Singleton, B., & Wilczynski, M. (2009, September). Continuous coating of commercial water heaters. In 60th Porcelain Enamel Institute Technical Forum, Volume 19, Issue 5 (Vol. 1, No. 5, p. 145). John Wiley & Sons.

[17] Serlin, R. C. (1987). Hypothesis testing, theory building, and the philosophy of science. *Journal of Counseling Psychology*, 34(4), 365.

[18] Grant, D. A. (1962). Testing the null hypothesis and the strategy and tactics of investigating theoretical models. *Psychological review*, 69(1), 54.

[19] Iannelli, L., & Prieto, R. (2016). Eficiencia en el calentamiento de agua. *Petrotecnia*.

[20] Armijos Correa, N. O., & Morales Muyulema, L. D. (2013). *Diseño y Construcción de un Sistema de Calentamiento de Agua para la Curtiduría Cueros & Cueros* (Bachelor's thesis).

[21] Armijos Correa, N. O., & Morales Muyulema, L. D. (2013). *Diseño y Construcción de un Sistema de Calentamiento de Agua para la Curtiduría Cueros & Cueros* (Bachelor's thesis).

Recursos	Adrián Francisco Loera Castro
Software	Adrián Francisco Loera Castro
Validación	Humberto García Castellanos
Supervisión	Humberto García Castellanos Cynthia Márquez Márquez
Visualización	Humberto García Castellanos Ericka Berenice Herrera Ríos
Redacción de borrador	Humberto García Castellanos Cynthia Márquez Márquez
Redacción, revisión y edición	Humberto García Castellanos Cynthia Márquez Márquez Ericka Berenice Herrera Ríos



Esta obra está bajo una licencia internacional Creative Commons Atribución 4.0.

ROLES DE CONTRIBUCIÓN

Rol	Autor (es)
Administración del Proyecto	Humberto García Castellanos Cynthia Márquez Márquez
Curación de datos	Adrián Francisco Loera Castro Ericka Berenice Herrera Ríos
Metodología	Humberto García Castellanos Cynthia Márquez Márquez