

Ensayo de Investigación

Identificación de principales fallas en la instalación de calentadores solares de tubos al vacío por gravedad a baja presión Identification of main failures in the installation of low-pressure gravity vacuum tube solar heaters

Brandon L. Lazo-Cervantes¹, Jesús I. Toledo-Díaz¹, Estefanía López-Gómez¹, Dunia Ruiz-Villalobos¹, Gerardo Alameda-Alonso¹, Mildred Camacho-Carlock¹, J.A. Rojas-Escobar¹, Efraín Dueñas-Reyes¹, Isaac Montoya De Los Santos^{1*}

¹Instituto de Estudios de la Energía
Universidad del Istmo

*Autor de correspondencia:
isaacms88@gmail.com

Recibido:02-05-2024 Aceptado: 26-12-2025 (Artículo Arbitrado)

Resumen

La energía solar, una fuente limpia y renovable, ha adquirido una importancia creciente en la búsqueda de alternativas sostenibles para satisfacer nuestras necesidades energéticas. Dentro de esta categoría, los calentadores solares de tubo de vacío destacan como tecnologías eficientes para elevar la temperatura del agua en los hogares. Sin embargo, su rendimiento óptimo está intrínsecamente ligado a una correcta instalación. En este ensayo, se explora la relevancia crucial de una instalación adecuada en la reducción de fallas en este tipo de tecnología. Desde la ubicación hasta la alineación precisa, desempeñan un papel fundamental para maximizar la captación de radiación solar, optimizar la transferencia térmica y, en última instancia, asegurar la fiabilidad a largo plazo de estos sistemas. Tras llevar a cabo una inspección a 30 instalaciones en diversas localidades de los Valles Centrales de Oaxaca y un análisis estadístico detallado, se ha confirmado que el 100% presentó una falla en la instalación, el 40% dos fallas y el 10 % tres fallas. La atención a estos detalles no solo impulsaría la eficiencia energética, sino que también contribuiría a la durabilidad y sostenibilidad de la tecnología, marcando un paso significativo hacia un futuro energético más limpio y respetuoso con el medio ambiente.

Palabras clave: Estándar de competencia EC0325, Inspección de instalaciones, Normas NOM-027ENER/SCFI- 2018.

Abstract

Solar energy, a clean and renewable source, has acquired increasing importance in the search for sustainable alternatives to satisfy our energy needs. Within this category, vacuum tube solar heaters are efficient technologies to raise home water temperature. However, its optimal performance is intrinsically linked to correct installation. This essay explores the crucial relevance of proper installation in reducing failures in this type of technology. From location to precise alignment, they play a critical role in maximizing solar radiation harvesting, optimizing heat transfer, and ultimately ensuring the long-term reliability of these systems. After inspecting 30 facilities in various locations in the Central Valleys of Oaxaca and a detailed statistical analysis, it has been confirmed that 100% had one installation failure, 40% had two failures, and 10% had three failures. Attention to these details would not only boost energy efficiency but also contribute to the durability and sustainability of the technology, marking a significant step towards a cleaner, more environmentally friendly energy future.

Keywords: Competition standard EC0325, Inspection of facilities, NOM-027ENER/SCFI-2018 Standards

Introducción

El aprovechamiento de la radiación solar ha experimentado avances constantes en la actualidad. La humanidad ha reconocido su potencial como una fuente de energía prácticamente inagotable, asequible y no contaminante (Zhang et al., 2021). A lo largo de la historia, se ha empleado para una amplia gama de propósitos tecnológicos. Entre estos usos, la con-

versión de la radiación solar en calor, conocida como efecto foto-térmico. El calor se transfiere y transforma de diversas maneras, lo que ha dado lugar a la creación de varias tecnologías solares térmicas que utilizamos en la actualidad (John Calle M.Sc, Jorge Fajardo, 2010). De acuerdo con el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI, 2018), el 43.5 % de los

hogares en el país utilizan algún tipo de calentador de agua, lo que representa un total de 14.6 millones de unidades. De esta cifra, once millones corresponden a calentadores de agua a gas, mientras que dos millones son calentadores solares. No obstante, la Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía (CONUEE, 2018) señala que en México existen diversas barreras que han restringido la adopción de la energía solar para el calentamiento de agua. Entre estas barreras se encuentra la desconfianza por parte de potenciales usuarios y compradores, motivada por la escasa difusión de información precisa y las deficientes prácticas de instalación. Estos factores incluyen la omisión de componentes mínimos obligatorios, la incorrecta orientación de los equipos, la selección inadecuada de la ubicación para evitar sombras y la falta de mantenimiento básico, como el reemplazo de la barra de sacrificio, entre otros.

El propósito central de este trabajo es analizar las principales fallas en la instalación de calentadores solares de tubos al vacío, así como recopilar evidencia fotográfica de las distintas fallas encontradas en los Valles Centrales de Oaxaca. También información crucial para llevar a cabo una instalación precisa en línea por el estándar de competencia E0325 (Conocer, 2016). Así mismo, se seguirán las normativas relacionadas con los calentadores solares (SEGOB, 2008) y los calentadores a gas (SEGOB, 2018). Además, se prevé que el equipo sea capaz de alcanzar una temperatura de agua caliente entre 65°C y 70°C, aprovechando el promedio anual de irradiación solar estimado en 5 kWh/m² por día (Mundo-hernández et al., 2014). Estas acciones se traducirán en beneficios notables para el rendimiento óptimo del equipo.

¿Qué es un calentador solar?

Un calentador solar es un sistema que emplea los cambios de densidad del fluido de transferencia de calor para obtener la circulación entre el colector y el dispositivo de almacenamiento (Tian & Zhao, 2013). Este sistema (colector solar de tubos al vacío) también llamado termosifón es de los más sencillos porque son de circulación natural. Además, son de bajo costo al no necesitar un equipo de bombeo y estos son mayormente utilizados en climas cálidos debido a que el depósito se encuentra en el exterior. El funcionamiento de este sistema ocurre por convección

natural. Para que empiece a circular el fluido interior debe existir una variación en la temperatura mínima entre los tubos de vacío y el depósito (Suman et al., 2015). Si no se logra tener una diferencia de temperatura suficiente, el calor no se aprovecha y se libera al medio ambiente debido a que el fluido no está en movimiento.

Tipos de colectores

El uso de los colectores solares domésticos es cada vez más común, debido a esto es de gran importancia conocer las diferentes tecnologías existentes. Para uso residencial, una clasificación puede ser mediante el criterio de presión del trabajo de fluido. Por lo cual se clasifican en colectores de baja y alta presión (Figura 1).

Componentes de un calentador solar

Los calentadores solares representan una solución innovadora y ecológica para la generación de agua caliente, aprovechando eficientemente la energía solar para su funcionamiento. Como se muestra en la Figura 2, estos sistemas se componen de varios elementos esenciales, como el tanque interior, el aislamiento entre tanques, el tanque exterior, los anillos de silicona, los tubos de vidrio al vacío y la base. Cada uno de estos componentes desempeña un papel

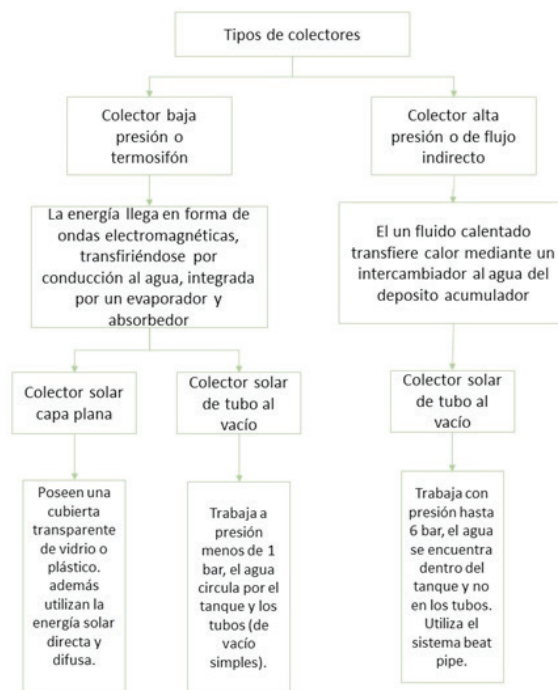


Figura 1. Tipos de calentadores. Fuente: Elaboración propia.

crucial en el proceso de captación, transferencia y retención de la energía solar, contribuyendo a la generación de agua caliente de manera sostenible y eficaz (Kumar et al., 2020). En Figura 3, se muestran los tipos de estructuras empleadas en los tubos de vacío.

Metodología

Se realizó una revisión del estándar de competencia E032, para comparar y determinar los requerimientos mínimos para la instalación de colectores solares de acuerdo a las normas NOM- 027-ENER/SCFI-2018 y NMX-ES-003-NORMEX-2008. Además, se consideró información pertinente de manuales de usuario de los calentadores solares de tubos al vacío a baja presión independientes y con respaldo de un calentador de agua que utiliza gas L.P.

Con base a los requerimientos mínimos determinados en la revisión anterior, se realizaron 30 inspecciones visuales en localidades de los Valles Centrales de Oaxaca, como son: San Antonio de la Cal, Santa

Cruz Xoxocotlán, Villa de Zaachila, Santa Lucía del Camino, Tlacolula de Matamoros y el municipio de Oaxaca de Juárez.

Análisis de resultados

Durante las visitas a los lugares mencionados en la metodología, se pudieron observar distintas fallas en la instalación, las cuales se presentan en este apartado. Como primer punto, al analizar las fallas se tiene que tener en cuenta que para tener un desempeño óptimo del calentador tiene que haber una correcta ubicación del calentador solar, dentro de este ámbito con base a lo establecido por la bibliografía mencionada en la metodología, la correcta instalación de un calentador solar debe considerar ciertas características como son la orientación, inclinación, sombras, así como contener los componentes mínimos obligatorios. Los efectos de las fallas encontradas son detallados a continuación:

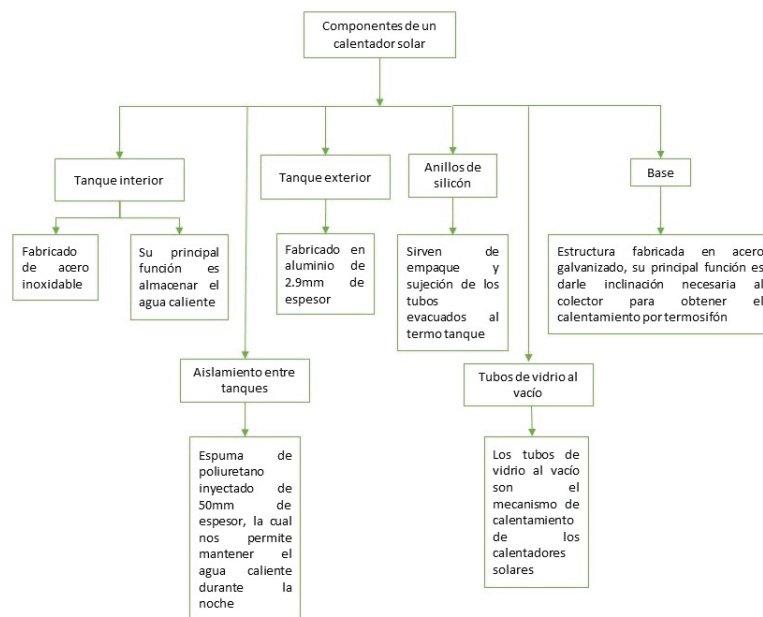


Figura 2. Componentes de un calentador solar.

Fuente: Elaboración propia.

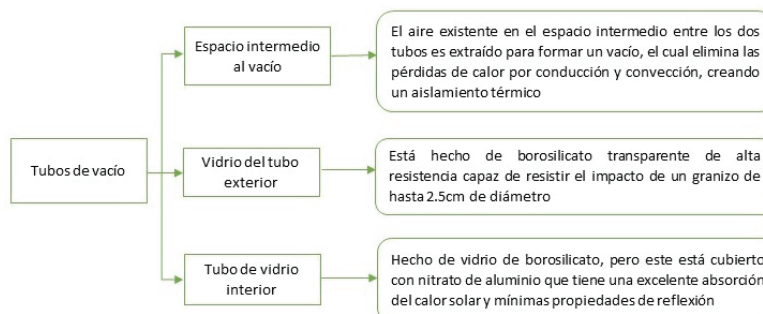


Figura 3. Estructura de tubos al vacío.

Fuente: Elaboración propia.

Orientación del calentador solar

La orientación adecuada tiene como objetivo maximizar la exposición del calentador solar a la radiación solar directa, optimizando así la captación de energía (Bari, 2001).

En el hemisferio norte, el sol se desplaza principalmente en el cielo desde el este hacia el oeste y alcanza su punto más alto en el sur del cielo. Orientar un calentador solar hacia el sur en el hemisferio norte permite que reciba la máxima cantidad de luz solar directa durante el día. Por lo tanto, un calentador solar ubicado en México debe tener una orientación hacia el sur geográfico, sin embargo, es común ver equipos orientados hacia otras direcciones como en el municipio de Santa Lucía del camino (Figura 4a), que tiene una orientación noroeste, en donde se observa un sombreado parcial en la parte superior derecha causado por el termotanque, en cambio en la Cd. De Oaxaca de Juárez (Figura 4b), el colector solar está orientado hacia el oeste en donde se observó un sombreado total en las mañanas (7-11 am). Estas malas orientaciones provocaron que no se aprovechara de manera correcta las horas solares.

Sombras

La eficiencia de un calentador solar se ve comprometida por la presencia de sombras. Estas pueden variar la captación de radiación solar según el nivel del porcentaje de sombreado (sombras parciales) (J. Bany, 1987). Oaxaca de Juárez presenta condiciones climáticas favorables debido a su ubicación geográfica (altitud y la latitud), que contribuyen a un clima soleado y cálido. Sin embargo, la eficiencia de estos sistemas térmicos puede ser significativamente afectada por sombras generadas por edificaciones, árboles u otros obstáculos. Estas fallas fueron observadas en diferentes localidades, como fue en el caso de Santa Lucía del Camino (Figura 5a), en donde se observó por la tarde un sombreado total debido a una edificación que está instalada en la parte de atrás del colector, a diferencia de las regiones de Santa Lucía del Camino y San Antonio de la Cal (Figura 5b, 5c), respectivamente. En estas últimas se observó un sombreado parcial causado por muros que están frente al colector. Por tanto, el sistema debe instalarse en áreas sin obstrucciones para garantizar un rendimiento óptimo. La ubicación estratégica, desempeña un papel fundamental al maximizar la exposición solar que es vital para generar el efecto fototérmico necesario.



Figura 4. Efecto de la mala orientación de los calentadores solares: a) Santa Lucía del Camino, b) Cd. De Oaxaca de Juárez.

Fuente: Elaboración propia.

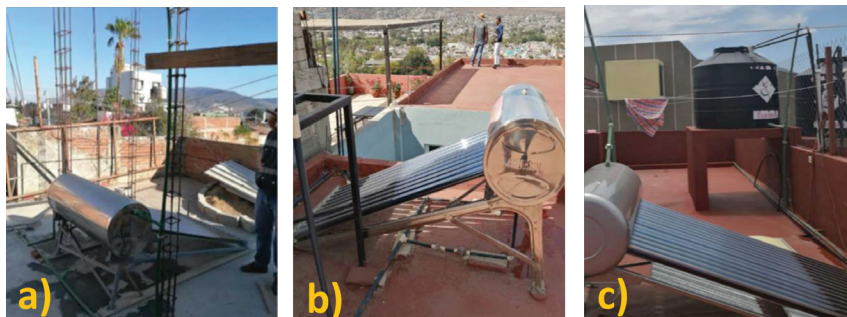


Figura 5. Evidencia fotográfica de instalación con sombras: a) Santa Lucía del Camino, b) Cd. De Oaxaca de Juárez y c) San Antonio de la Cal.

Fuente: Elaboración propia.

Omisión de válvula check

Una válvula check es un dispositivo mecánico diseñado para permitir el flujo unidireccional de agua, y al mismo tiempo bloquea el flujo en dirección contraria (Kim & Jeong, 2021). Por normatividad se debe instalar esta válvula en la entrada de agua fría entre el tinaco y el calentador solar. Esto, para evitar retornos de agua caliente del termotanque hacia el tinaco para así disminuir significativamente la capacidad de agua caliente generada por el equipo.

Por otro lado, otro efecto negativo de su omisión surge cuando existe una demanda de agua fría en la vivienda y al no haber en el tinaco, esta se drena del termotanque, quedando con una mínima porción de agua. Este efecto (falla) se pudo observar en las localidades de estudio en el caso de San Antonio de la Cal, Villa de Zaachila, Tlacolula de Matamoras, Santa Lucía del Camino (Figura 6a, 6b, 6c y 6d), respectivamente. Además, este tipo de falla puede generar un choque térmico en los tubos dañando completamente el desempeño del equipo debido a que se genera vapor de agua dentro del calentador solar y al momento de llenarse de agua fría el termotanque se comprime generando un cambio abrupto de temperaturas.

Elevación del tinaco

La elevación del tinaco es un punto muy importante para los calentadores solares ya que el equipo funciona por gravedad y este debe estar por encima de la altura del termotanque (Assari et al., 2018). Según los datos del fabricante STI, los calentadores de tubos al vacío trabajan por gravedad en óptimas condiciones cuando tiene una diferencia de elevación entre el tinaco y el termotanque entre 1 y 1.5 metros. Con esto, se puede asegurar el óptimo funcionamiento del equipo, el cual está diseñado a trabajar a presiones de entre 0.2 y 0.5 kg/cm² (Conocer, 2016), debido a que es abierto a la atmósfera y con conexión directa de la red hidráulica del tinaco. De lo contrario, al instalarse por debajo de un metro de elevación, el sistema no tendría la presión suficiente para el transporte del fluido, como fue en el caso de Tlacolula de Matamoras y Santa Cruz Xoxocotlán (Figura 7a, 7b). Por otro lado, si la altura es mayor a 1.5 metros la presión aumentaría y podría dañar el termotanque del sistema, esto se observó en la Ciudad de Oaxaca de Juárez (Figura 7c), en donde el colector solar tenía una elevación de 2.1 m.



Figura 6. Calentador solar sin válvula check: a) San Antonio de la Cal, b) Villa de Zaachila, c) Tlacolula de Matamoras y d) Santa Lucía del Camino.

Fuente: Elaboración propia.



Figura 7. Calentador solar instalado sin elevar el tinaco en una altura óptima: a) Tlacolula de Matamoras, b) Santa Cruz Xoxocotlán y c) Cd. de Oaxaca de Juárez.

Fuente: Elaboración propia.



Figura 8. Calentador solar instalado sin válvulas anti-quemaduras: a) Tlacolula de Matamoros, b) San Antonio de la Cal y c) Cd. de Oaxaca de Juárez.
Fuente: Elaboración propia.

Omisión válvulas anti-quemaduras

La válvula anti-quemadura (A.Q.) desempeña un papel fundamental que es regular la temperatura del agua caliente proveniente del calentador solar, impidiendo que alcance niveles peligrosos susceptibles de causar quemaduras o lesiones. Este dispositivo es esencial para cumplir con los estándares de seguridad establecidos por la normativa vigente y se rige como un componente indispensable que contribuye significativamente a la prevención de accidentes, salvaguardando así la integridad de los usuarios. Según Sabiha et. al. (Sabiha et al., 2015), la salida de agua caliente alcanza temperaturas entre 50 a 200 °C. Por lo tanto, resulta imperativo incorporar dicha válvula para restringir la temperatura de extracción a $55\text{ °C} \pm 5\text{ °C}$, conforme a lo estipulado por la NOM-027-ENER/SCFI-2018. Cabe destacar que, durante la exhaustiva revisión de las diferentes fallas, no se detectó la presencia de ninguna válvula instalada. (Véase Figura 8a, 8b, 8c).

Falla en la instalación de by pass



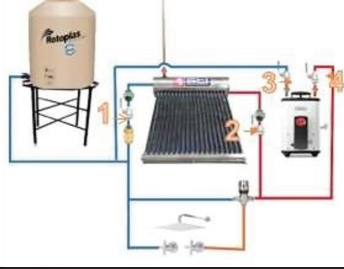
El bypass es un arreglo hidráulico que sirve para derivar el agua a diferentes circuitos. Por normatividad se debe hacer una correcta instalación de válvulas corte cuando existe un calentador solar con respaldo de un calentador de agua que utiliza combustible de gas L.P., o gas natural. El sistema debe contar con una válvula de desviación que le permita operar en 3 diferentes modalidades: de manera independiente, conjunta con el calentador a gas e independiente al calentador a gas (véase Tabla 1). Como

se observa en la Figura 9a, 9b, la entrada de agua fría tanto del calentador solar como el calentador a gas no cuenta con la válvula de corte. La falla radica en que el boiler al detectar agua fría tiende a calentar, sin embargo, no solo eleva la temperatura de la red hidráulica del agua caliente, sino también se dirige y almacena en el termotanque del calentador solar y viceversa. Cuando el calentador solar calienta el agua sanitaria y no cuenta con una válvula de corte en la salida (agua caliente) se dirige y se almacena en el boiler. Esto produce una reducción de agua caliente que se suministra al usuario. Además, en caso de algún fallo en los equipos no es posible independizar su red hidráulica, así como también no se pueden realizar los mantenimientos requeridos.



Figura 9. Instalación incorrecta de by pass. a) y b) Villa de Zachila.
Fuente: Elaboración propia.

Tabla 1. Funcionamiento de válvulas en sus tres modalidades.

FUNCIÓN	ESPECIFICACIONES	ruta
El calentador solar funcionara sin respaldo del calentador de gas.	1. Abierta 2. Abierta 3. Cerrada 4. Cerrada	
El calentador solar funcionara con el apoyo de respaldo del calentador de gas.	1. Abierta 2. Abierta 3. Abierta 4. Abierta	
Calentador solar anulado, solo funcionará el respaldo de gas.	1. Cerrada 2. Cerrada 3. Abierta 4. Abierta	

Fuente: Elaboración propia.

Estadística

Se realizaron un total de 30 inspecciones en diferentes lugares de la Cd. de Oaxaca de Juárez, en donde están instalados calentadores solares de tubos al vacío por gravedad a baja presión, de los cuales, se encontraron y agruparon en 3 diferentes rubros (véase Figura 10):

El primero, es un punto a resaltar pues el 100 % de los calentadores solares inspeccionados no presentaba en la instalación la válvula anti-quemaduras, componente que es obligatorio resaltado en la normatividad NOM-027-ENER/SCFI- 2018; al igual que el estándar de competencia EC0325. Un calentador solar oscila en un rango de temperatura de entre los 50 a 200 °C logrando ocasionar alguna quemadura (Sabiha et al., 2015). Sin embargo, el 50 % de los equipos inspeccionados solo presentan esta única falla en la instalación, a este rubro se le identificó como equipos con una falla.

El segundo, es que un 40 % de las inspecciones realizadas además de la falta de la válvula anti-quema-

das presentan alguna subvertiente, esta se identificó como equipos con 2 fallas en la instalación (Figura 11). Las cuales son que el 6.66 % están bajo sombras, otro 6.66 % mal orientados, un 16.6 % sin válvula check, un 3.3 % con elevación del tinaco inadecuada y un 6.6 % de los equipos sin las válvulas pertinentes para la desviación by pass.

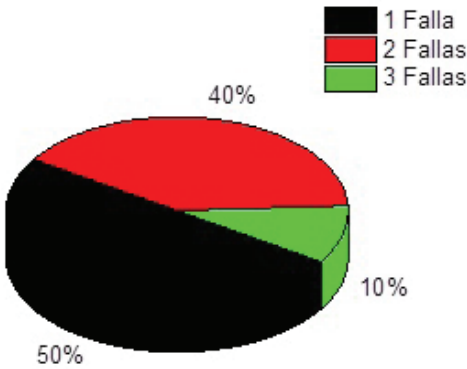


Figura 10. Porcentaje de fallas encontradas durante las inspecciones. Fuente: Elaboración propia.

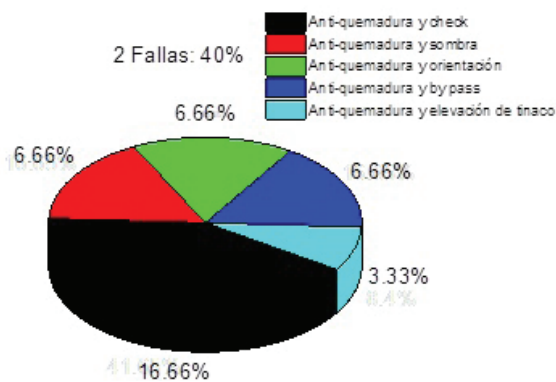


Figura 11. Porcentaje de equipos con 2 fallas encontrados durante las inspecciones. **Fuente:** Elaboración propia.

El tercero, es que en un 10 % de los equipos inspeccionados además de la falta de válvula anti-quemaduras presentan alguna subvariante, esta se identificó como equipos con 3 fallas en la instalación (Figura 12). Siendo un 3.33 % una orientación diferente al sur geográfico y elevación del tinaco inferior a la adecuada, un 3.33 % un equipo bajo sombras y una elevación superior a la adecuada. Por último, un 3.33 % con una elevación del tinaco superior a la adecuada y sin las válvulas pertinentes para la desviación by pass.

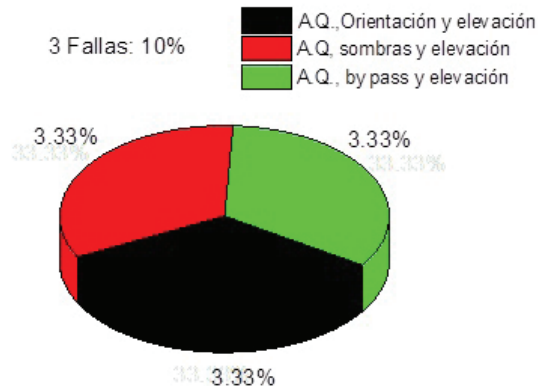


Figura 12. Porcentaje de equipos con 3 fallas encontrados durante las inspecciones. **Fuente:** Elaboración propia.

Diseño en 3d de una correcta instalación

En respuesta a las deficiencias identificadas en diversas localidades inspeccionadas, se diseñó un esquema tridimensional que asegura una instalación óptima. Este esquema incorpora los componentes mínimos obligatorios en conformidad con los estándares de competencia establecidos (Figura 13 y 14). No obstante, es fundamental proporcionar información adecuada a los usuarios finales sobre el correcto uso y mantenimiento del sistema. Conocer las me-

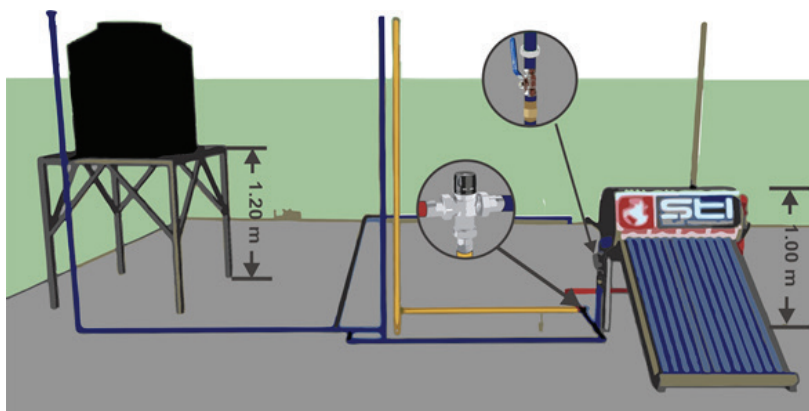


Figura 13. Diseño en 3D (Delantera). **Fuente:** Elaboración propia.

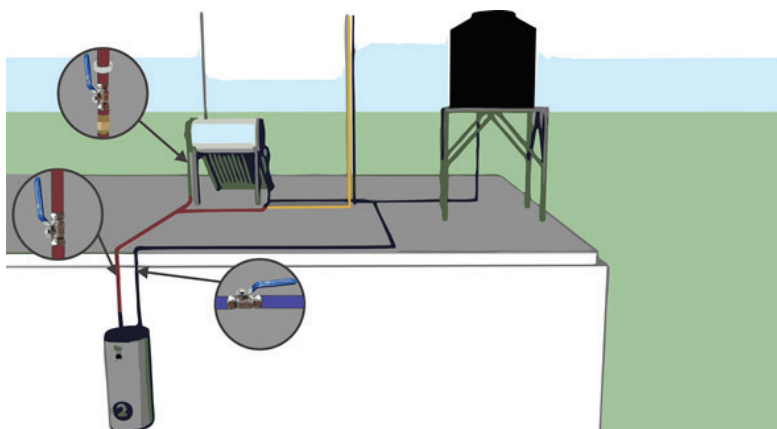


Figura 14. Diseño en 3D (Trasera). **Fuente:** Elaboración propia.

jores prácticas y comprender el funcionamiento del calentador solar de tubos de vacío permitiría aprovechar al máximo sus beneficios y prevenir posibles problemas.

Conclusiones

El uso adecuado de un calentador solar de tubos de vacío es esencial para maximizar su eficiencia y aprovechar al máximo sus beneficios. Su correcta instalación es un factor determinante para su eficiencia y durabilidad. Es crucial seguir las especificaciones y recomendaciones del fabricante durante la instalación, prestando especial atención a la orientación y la inclinación adecuadas para maximizar la captación solar. Tras analizar diversos aspectos relacionados con su funcionamiento e instalación, se pueden extraer las siguientes conclusiones sobre su correcta instalación para la omisión de fallas. Cada instalador debe informarse y aplicar lo establecido en la Norma Oficial Mexicana NOM-027-ENER/SCFI-2018 y NMX-ES-003-NORMEX-2008, al igual que el manual de instalación del fabricante sin omitir algún componente o indicación. Además, se debe considerar el estándar de competencia EC0325 con título “Instalación de sistema de calentamiento solar de agua termosifónico en vivienda sustentable”. Finalmente, la instalación correcta (libre de fallas) de un calentador solar de tubos de vacío implica no solo la elección de un sistema eficiente, sino también la atención meticulosa a la instalación y al mantenimiento continuo.

Referencias

Assari, M. R., Basirat Tabrizi, H., & Savadkoy, M. (2018). Numerical and experimental study of inlet-outlet locations effect in horizontal storage tank of solar water heater. *Sustainable Energy Technologies and Assessments*, 25(August 2017), 181–190. <https://doi.org/10.1016/j.seta.2017.12.009>

Bari, S. (2001). Optimum orientation of domestic solar water heaters for the low latitude countries. *Energy Conversion and Management*, 42(10), 1205–1214. [https://doi.org/10.1016/S0196-8904\(00\)00135-7](https://doi.org/10.1016/S0196-8904(00)00135-7)

Conocer. (2016). *Instalación de sistema de calentamiento solar de agua termosifónico en vivienda sustentable*. 01, 1–23.

CONUEE. (2018). *Calentamiento solar de agua Normatividad. gob.mx*. <https://www.gob.mx/conuee/acciones-y-programas/calentamiento-solar-de-agua-normatividad>

INEGI. (2018). *Encuesta Nacional sobre Consumo de Energéticos en Viviendas Particulares*.

J. Bany, J. A. (1987). *The EFFECT of Shading on the Design of a Field of Solar Collectors*. 20, 201–228. [https://doi.org/10.1016/0379-6787\(87\)90029-9](https://doi.org/10.1016/0379-6787(87)90029-9)

John Calle M.Sc, Jorge Fajardo, L. S. (2010). Agua caliente sanitaria de uso doméstico con Energía Solar, una alternativa para la ciudad de Cuenca. *Revista de Ciencia y Tecnología*, 10.

Kim, N. S., & Jeong, Y. H. (2021). An investigation of pressure build-up effects due to check valve's closing characteristics using dynamic mesh techniques of CFD. *Annals of Nuclear Energy*, 152(xxxx), 107996. <https://doi.org/10.1016/j.anucene.2020.107996>

Kumar, A., Said, Z., & Bellos, E. (2020). An up - to - date review on evacuated tube solar collectors. *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry*, January. <https://doi.org/10.1007/s10973-020-09953-9>

Mundo-hernández, J., Celis, B. De, Hernández-álvarez, J., & Celis-carrillo, B. De. (2014). An overview of solar photovoltaic energy in Mexico and Germany. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 31, 639–649. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2013.12.029>

Papaefthimiou, M. S. R. S. S., & Andriosopoulos, I. J. L. K. (2015). *Integrated collector storage solar water heaters : survey and recent developments*. <https://doi.org/10.1007/s12667-014-0139-z>

Sabiha, M. A., Saidur, R., Mekhilef, S., & Mahian, O. (2015). Progress and latest developments of evacuated tube solar collectors. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 51, 1038–1054. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2015.07.016>

SEGOB. (2008). *NMX-ES-003-NORMEX-2008: ENERGIA SOLAR-REQUERIMIENTOS MINIMOS PARA LA INSTALACION DE SISTEMAS SOLARES TERMICOS, PARA CALENTAMIENTO DE AGUA*. https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5054251&fecha=24/07/2008#gsc.tab=0

SEGOB. (2018). *NOM-027-ENER/SCFI-2018: Rendimiento térmico, ahorro de gas y requisitos de seguridad de los calentadores de agua solares y de los calentadores de agua solares con respaldo de un calentador de agua que utiliza como combustible gas L.P. o gas natural*. Espec. https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5536063&fecha=28/08/2018#gsc.tab=0

Suman, S., Kaleem, M., & Pathak, M. (2015). Performance enhancement of solar collectors — A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 49, 192–210. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2015.04.087>

Tian, Y., & Zhao, C. Y. (2013). A review of solar collectors and thermal energy storage in solar thermal applications. *Applied Energy*, 104, 538–553. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2012.11.051>

Zhang, Z., Ding, T., Zhou, Q., Sun, Y., Qu, M., Zeng, Z., Ju, Y., & Li, L. (2021). *A review of technologies and applications on versatile energy storage systems*. 148(January). <https://doi.org/10.1016/j.rser.2021>.