

Criterios de diseño para un sistema de reutilización de aguas grises

IM. Luis Miguel Zozaya Martínez¹

mia.lzozaya@ito-depi.edu.mx

<https://orcid.org/0000-0002-1451-2280>

TecNM Campus Orizaba

México

Dr. Eduardo Roldán Reyes

eduardo.rr@orizaba.tecnm.mx

<https://orcid.org/0000-0002-4212-1586>

TecNM Campus Orizaba

México

M.C. Gabriela Cabrera Zepeda

gabriela.cz@orizaba.tecnm.mx

<https://orcid.org/0000-0002-6302-6166>

TecNM Campus Orizaba

México

Dr. Guillermo Cortes Robles

guillermo.cr@orizaba.tecnm.mx

TecNM Campus Orizaba

México

Dr. Jouse Miguel Heredia Roldan

Miguel.hr@orizaba.tecnm.mx

TecNM Campus Orizaba

México

RESUMEN

El uso de recursos naturales es imprescindible en la vida de la humanidad, sin embargo, su correcta gestión y desarrollo no ha tenido una relevancia hasta los últimos años, haciendo frente a los recientes problemas para satisfacer las necesidades. Por lo que, teniendo en cuenta la dificultad de la escasez y la mala gestión que se realiza del recurso vital, el agua, se debe tomar medidas necesarias ya urgentes para mitigar los malos resultados, apoyado en el desarrollo de nuevas técnicas, metodologías y tecnologías para obtener buenas prácticas, incentivando el bien de la humanidad hacia generaciones futuras. El siguiente artículo considera la importancia que tiene los criterios de diseño por parte del cliente para el desarrollo del diseño de un prototipo para la recolección y reutilización de aguas grises provenientes de los sistemas de lavado en una casa de interés social, así como su correcta inmersión a la problemática que se presenta en el proceso ya realizado incorporando el uso de los pasos y herramientas establecidos en la metodología design thinking para el correcto desarrollo de diseño.

Palabras clave: *Criterios de diseño, Design Thinking, diseño de producto.*

¹ Autor Principal

Design criteria for a gray water reuse system

ABSTRACT

The use of natural resources is essential in human life; however, their proper management and development have not been given significant importance until recent years, as we face the current problems of meeting our needs. Considering the difficulty of scarcity and poor management of the vital resource, water, urgent measures must be taken to mitigate the bad results, supported by the development of new techniques, methodologies, and technologies to obtain good practices, incentivizing the well-being of humanity towards future generations. The following article considers the importance of design criteria by the client for the development of a prototype design for the collection and reuse of graywater from washing systems in a social housing unit, as well as its correct immersion into the problem presented in the process by incorporating the use of steps and tools established in the design thinking methodology for the proper design development.

Keywords: *Design criteria, Design Thinking, product design.*

Artículo recibido 17 abril 2023

Aceptado para publicación: 17 mayo 2023

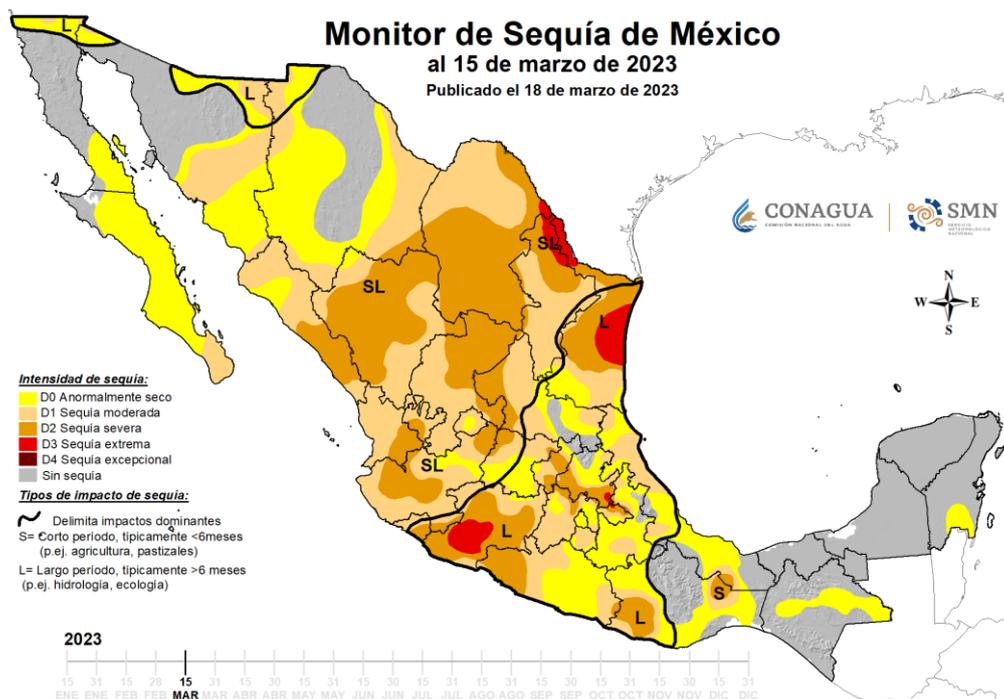
INTRODUCCIÓN

El agua es el recurso más importante para el ser humano, el cual siempre ha tenido consumo para satisfacer necesidades fisiológicas, agrícolas, abastecimiento público, industrial y demás actividades. De los 7,875 millones de habitantes en el mundo (United Nations Population Fund, 2020) unos 884 millones de personas carecen de un servicio de suministro de agua potable (World Health Organization, 2018), Esto se debe principalmente a que solo el 2.5% de agua disponible en el planeta es apta para el consumo humano, sin embargo, aún una parte considerable de esta es inaccesible, debido a que se encuentra en forma de glaciares, nieve y/o hielo, dejando solo un estimado del 0.77% para el consumo real. Este pequeño porcentaje se encuentra en lagos, ríos, y depósitos subterráneos poco profundos, cuya renovación es producto de la infiltración (Comisión Nacional del Agua, 2018).

“Se espera que la población mundial aumente en 2.000 millones de personas en los próximos 30 años, pasando de los 7.700 millones actuales a los 9.700 millones en 2050, pudiendo llegar a un pico de cerca de 11.000 millones para 2100” (Naciones Unidas, 2021), esto aunado a hábitos de consumo irresponsables, condiciones geográficas y climáticas modificarán considerablemente el consumo del agua, impactando negativamente su sustentabilidad. Su accesibilidad es una variable que modifica la salud ya que la mala calidad con la que se suministra y su escasez provoca que seis de ocho millones de personas al año mueran por enfermedades de transmisión hídrica (cólera, tifoidea, diarrea). “Se prevé que en 2030 el mundo tendrá que enfrentarse a un déficit mundial del 40% de agua en un escenario climático en que todo sigue igual” (UNESCO, 2015). La falta de abastecimiento impacta en su consumo, afectando rápidamente con una abrupta variación negativa ocasionada por la baja disponibilidad de agua por habitante provocando problemas fisiológicos.

En México las condiciones de sequías en los diversos estados se clasifican de una manera desproporcionada, de acuerdo con datos de CONAGUA (*Monitor de Sequía En México*, n.d.) en su monitor de sequía que se muestra a continuación:

Imagen 1. Monitor de sequía proporcionado por CONAGUA



Las diversas estrategias y esfuerzos por mejorar la sustentabilidad en México no han tenido buenos resultados, entre las principales estratégicas se encuentran campañas para mitigar las practicas nocivas por parte de las organizaciones privadas y ciudadanía, así también como propuestas de mejora para el desarrollo y mejora de infraestructura. Si bien se tiene consciencia de los ODS establecidos por la agenda 2030, aun no se logra mitigar el uso irresponsable y la mala gestión hídrica (Nacional & Climático, n.d.). Para el desarrollo de este proyecto se implementó la metodología Design Thinkign, ya que este determina un enfoque para la resolución creativa de problemas centrado en el usuario final, considerando el proceso iterativo de diseño que involucra empatía, definición de problemas, ideación, prototipado y prueba. A través de este enfoque, los diseñadores pueden comprender mejor las necesidades y deseos de los usuarios y crear soluciones que sean efectivas y satisfactorias para ellos.

Design Thinking no es solo para diseñadores, sino que puede ser aplicado a cualquier campo o industria que busque mejorar la experiencia del usuario. Este enfoque puede ser especialmente útil para empresas que buscan innovar en productos o servicios existentes, o para emprendedores que buscan crear nuevas soluciones para necesidades aún no satisfacen el mercado (Rosas et al., 2018). DT es una metodología de resolución de problemas centrada en el usuario que se enfoca en la empatía, la creatividad y la experimentación para crear soluciones efectivas y satisfactorias. Una de las herramientas clave es el

prototipado, que permite crear modelos o simulaciones tempranas de una solución para probarla y obtener comentarios y mejoras antes de implementarla (Mini Guía: Una Introducción al Design Thinking En Español, n.d.).

Existen diversas herramientas de prototipado que se pueden utilizar en el proceso de Design Thinking, dependiendo del tipo de solución que se esté diseñando y del nivel de detalle que se requiera en el prototipo, por lo que es imprescindible para crear soluciones efectivas para el usuario (Modelo Design Thinking Para Emprendimiento e Innovación, n.d.). Algunas de estas herramientas son (Prototipar, La Cuarta Fase En Un Proceso de Design Thinking e Innovación, n.d.):

Bocetos a mano alzada: Este es el método más simple y rápido de prototipado. Los bocetos a mano alzada permiten explorar ideas y conceptos de manera rápida y flexible, y son especialmente útiles en las primeras etapas del proceso de Design Thinking.

Modelos de papel y cartón: Los modelos de papel y cartón permiten crear prototipos físicos de una solución. Estos prototipos son útiles para evaluar el tamaño, la forma y la funcionalidad de un producto o servicio.

Maquetas y modelos 3D: Las maquetas y los modelos 3D permiten crear prototipos más detallados y realistas de una solución. Estos prototipos son útiles para evaluar la apariencia, la funcionalidad y la usabilidad de un producto o servicio.

Software de diseño: El software de diseño, como SolidWorks o Fusion 360, permite crear prototipos digitales de una solución. Estos prototipos son útiles para evaluar la apariencia, la funcionalidad y la usabilidad de una solución en una pantalla.

Herramientas de simulación y realidad virtual: Las herramientas de simulación y realidad virtual permiten crear prototipos digitales interactivos que simulan una experiencia de usuario. Estos prototipos son útiles para evaluar la usabilidad y la experiencia del usuario de una solución en un entorno realista.

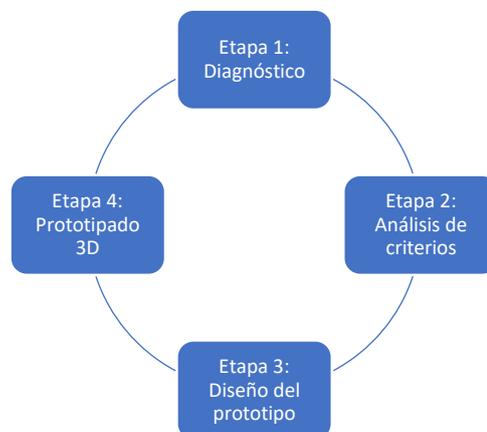
METODOLOGÍA

Para el desarrollo de este proyecto se integró la metodología Design Thinkign, considerando sus cinco etapas (Mini Guía: Una Introducción al Design Thinking En Español, n.d.):

- **Empatizar:** La primera etapa es la empatía, en la cual el equipo de trabajo debe entender y comprender las necesidades y problemas de los usuarios, para lo cual se puede utilizar herramientas como entrevistas, encuestas y observaciones.
- **Definir:** La segunda etapa es la definición del problema, en la cual el equipo de trabajo debe sintetizar la información recopilada durante la etapa de empatía y definir el problema principal que se va a abordar. Para ello, se puede utilizar herramientas como mapas de empatía, definición de usuario y punto de vista.
- **Idear:** La tercera etapa es la ideación, en la cual el equipo de trabajo debe generar ideas creativas para resolver el problema definido en la etapa anterior. Para ello, se pueden utilizar herramientas como tormenta de ideas, mapa mental y método SCAMPER.
- **Prototipar:** La cuarta etapa es el prototipado, en la cual el equipo de trabajo debe crear un prototipo de la solución ideada en la etapa anterior. Para ello, se pueden utilizar herramientas como maquetas, bocetos, storyboards y simulaciones.
- **Evaluar:** La quinta y última etapa es la prueba, en la cual el equipo de trabajo debe probar el prototipo creado en la etapa anterior con los usuarios finales, para obtener retroalimentación y realizar mejoras. Para ello, se pueden utilizar herramientas como encuestas, pruebas de usabilidad y entrevistas.

Teniendo en cuenta las etapas antes mencionadas del DT, se realizó su integración al proyecto obteniendo las siguientes etapas:

Gráfico 1. Metodología propuesta para el desarrollo del prototipo



En la etapa uno se toma en consideración la problemática a abordar, teniendo en cuenta la perspectiva del cliente y experiencia, con el objetivo de saber qué es lo que siente para poder ofrecer un producto que satisfaga esa necesidad, la empatía es crucial en este punto, ya que un buen diseño comienza por una clara comprensión de la situación (Brown, 2008).

Posteriormente la etapa dos analiza la información recopilada para poder determinar los criterios que son importantes para el cliente, siendo estos posteriormente utilizados en el diseño del prototipo para desarrollar una propuesta.

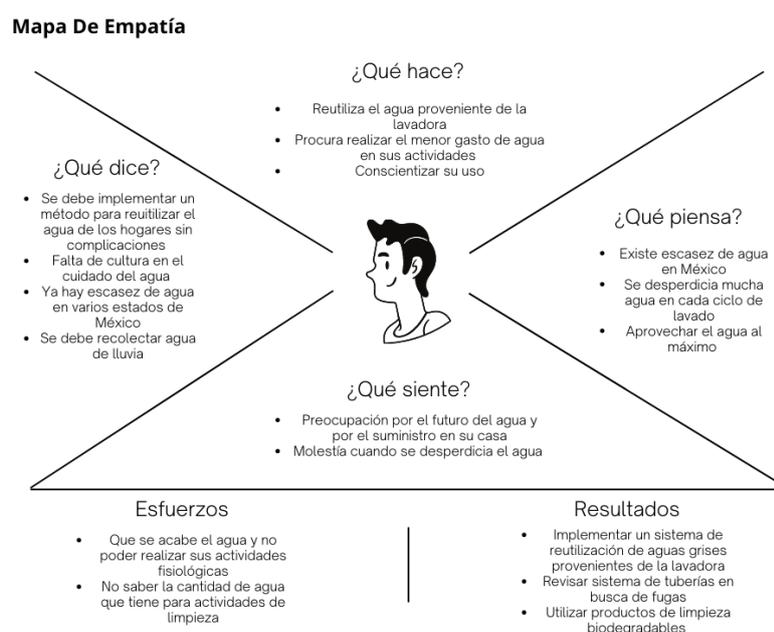
La etapa tres considera todos los factores de diseño como lo son la infraestructura del hogar, equipo y herramienta para su fabricación.

Por último, la etapa cuatro se integra con el uso de herramientas de diseño asistido por computadora (CAD) para realizar el prototipo digital del sistema en el software Fusion 360.

Etapa 1

Para comenzar con la etapa uno se comenzó con una reunión con los clientes para poder observar la problemática teniendo en cuenta el análisis y recolección de información. Para poder comprender mejor la perspectiva del cliente se realizó un mapa de empatía para determinar qué es lo que piensa, dice, hace y siente el cliente como se muestra en la imagen siguiente:

Imagen 2. Mapa de empatía



Posteriormente se realizó una observación de las actividades que realiza el cliente para la recolección del agua proveniente de la lavadora, generando los siguientes resultados:

- El cliente tiene que estar atento de la etapa en que se encuentra el ciclo de lavado para recolectar el agua
- Se almacena en cubetas de diecinueve litros, por lo que, se necesitan varias de estas, ocupando mucho espacio del patio.
- Durante la recolección se tiene contacto con esta agua, al igual que en su reutilización.
- No se realiza ningún proceso de filtración para su reutilización.

Analizando la información recopilada se definió el problema a resolver como: reutilizar el agua proveniente de la lavadora teniendo en cuenta un proceso de filtración y sin contacto con las aguas grises.

Etapas 2

Teniendo identificado el problema, se realizó una lluvia de ideas con la finalidad de implementar un sistema que pueda considerar los diversos criterios de diseño desde la perspectiva del diseñador como lo son factores de infraestructura, tecnología, recursos, entre otros. Sin embargo, también teniendo en cuenta la perspectiva que el cliente va a tener acerca del producto, por lo que, su participación fue crucial para definir los siguientes criterios de diseño:

- Que el sistema no tenga que ser supervisado
- Que sea estético
- No ocupe mucho espacio
- Que ellos mismos puedan realizar el mantenimiento de los equipos
- Que tenga una buena relación costo - beneficio

Por otra parte, es importante determinar los criterios de diseño para el diseñador, entre los cuales se debe incluir las normas que aplican en este proyecto, las cuales son las siguientes:

- **NOM-003-SEMARNAT-1997:** Límites permisibles máximos de las aguas tratadas que se reúsen al servicio público.
- **NOM-001-SEDE-2012:** Características de sistemas fotovoltaicos y su instalación.

Etapa 3

Para comprender mejor el diseño del prototipo se clasifico en tres sistemas:

- Sistema hidráulico: considerando todo el sistema de tubería, accesorios y conexiones necesarias para la trayectoria del fluido, así también el equipo de bombeo y filtración.
- Sistema fotovoltaico: incluye el equipo para suministrar energía eléctrica al sistema de bombeo y demás accesorios en el funcionamiento del prototipo
- Sistema electrónico: considera todo el sistema de cableado, así también como los sensores necesarios para el funcionamiento del prototipo.

Etapa 4

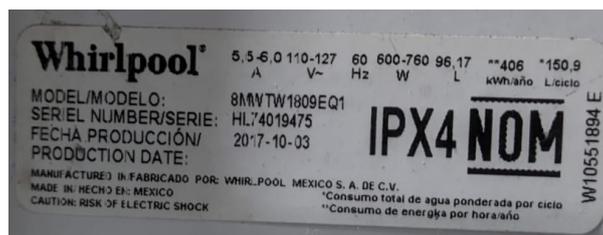
El diseño 3D del prototipo será elaborada en el software Fusion 360, teniendo en cuenta la infraestructura de la casa y diversos componentes principales y secundarios que lo conforman, cabe mencionar que para el correcto funcionamiento de la estructura se realizará un análisis de tensión estática con el objetivo de obtener un factor de seguridad mayor de 1.5 considerando la función que tendrá.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Sistema hidráulico

Para comenzar el diseño del sistema hidráulico se empezó por determinar el caudal necesario a desplazar, teniendo en cuenta que un ciclo de lavado se realiza cada día dentro de la vivienda, se obtiene un volumen de 150 L/ciclo, por lo que, el flujo volumétrico se determina por el volumen que pasa a través de un área en un tiempo determinado, conociendo el volumen, se debe considera el tiempo en el cual va a ser desplazado, teniendo en cuenta esta última variable en relación al ciclo de trabajo de la bomba a seleccionar.

Imagen 3. Etiqueta con características de lavadora



Considerando lo antes mencionado se realiza el cálculo del caudal por medio de la fórmula

$$Q = V/T$$

Teniendo en cuenta un ciclo de trabajo de la bomba de 10 minutos se obtiene un caudal de 15L/min.

El siguiente paso es determinar el diámetro de la tubería de descarga, para lo cual se desarrolla las formulas

$$Q = A * V$$

Considerando que el área de un círculo se calcula con la formula

$$A = \frac{\pi(D^2)}{4}$$

Se sustituye en la fórmula de caudal obteniendo

$$D = \frac{4 * Q^{.5}}{V * \pi} \times 1000$$

Para el diámetro de succión de la bomba se obtiene 17.84mm de diámetro considerando una velocidad inferior a la propuesta en la tubería de descarga por diversos autores, por lo que se seleccionó una tubería de PVC cedula 40 de 3/4" ya que es la medida más cerca comercialmente y se debe considerar un diámetro en la tubería de succión mayor a de la tubería de descarga

Para el diámetro de la tubería de descarga se obtiene 10.33mm considerando una velocidad de 1.5m/s, por lo que selecciona un diámetro de tubería de PVC cedula 40 de 1/2" ya que es la medida más cercana comercialmente

Para determinar la altura dinámica total de la bomba se utiliza la siguiente formula:

$$H = \frac{P2}{\rho} + \frac{V2^2}{2 \times g} + Z2 - \frac{P1}{\rho} - \frac{V1^2}{2 \times g} - Z1 + HL$$

Despejando la formula anterior y eliminando términos considerando la V1 y V2 como 0 ya que el fluido estará en reposo, se simplifica la formula obteniendo

$$hA = (Z2 - Z1) + hL$$

La altura geodésica corresponde a la altura de elevación de la casa, por lo que corresponde a 6.5m

Para hL= Pérdidas de tubería línea succión + pérdidas accesorios línea succión + Pérdidas de tubería línea descarga + pérdidas accesorios línea descarga

Para hf de tubería se ocupó la ecuación de Darcy:

$$hf = f \frac{L V^2}{D 2g}$$

Para obtener el cálculo de las pérdidas en tubería se determinó el factor de fricción, este a su vez está determinado por el valor del número de Reynolds, cuya ecuación es:

$$Re = \rho \frac{V * D}{\mu}$$

Se obtuvo un número de Reynolds de 22,880

Teniendo en cuenta la presión estática, la presión de vapor y las pérdidas en la línea de succión se determina la ecuación para obtener ANPA:

$$NPSH = H_s - H_a - H_{vp} - H_f$$

Se obtiene un NPSH disponible de 8.37m

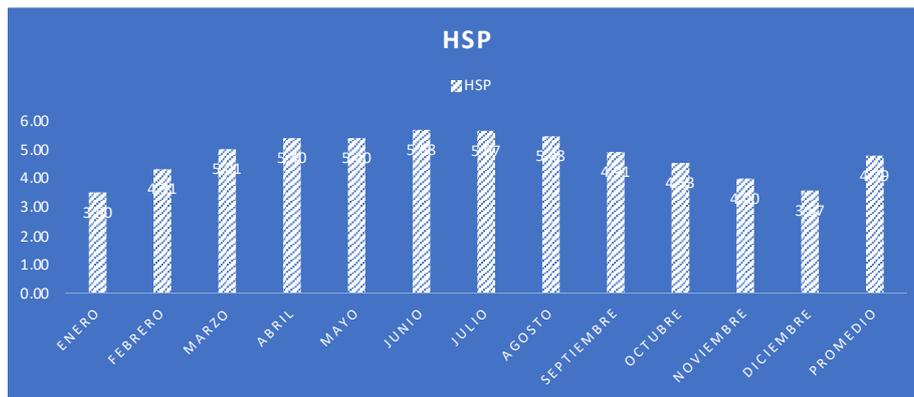
Obteniendo una carga total de 11.16m, caudal de 15l/min y un NPSH disponible de 8.37m se seleccionó la bomba BOAP-1/2 de la marca Truper ya que analizando su curva de rendimiento y características se adecua.

Sistema fotovoltaico

Para este proyecto se utilizó un sistema fotovoltaico aislado, considerando como equipo principal paneles solares, regulador de carga, batería de ciclo profundo, inversor y cableado.

Para determinar el sistema fotovoltaico se inició con la investigación de la irradiación del lugar en que se instalará el equipo, considerando una latitud de 18.9062° y una longitud de -96.9635° se obtuvieron los valores por mes de la base de datos de la NASA en su página POWER Data Acces Viewer, obteniendo un promedio de 4.79 kW*h/m²*día como se muestra en el gráfico siguiente

Imagen 4. Datos de irradiación del lugar de instalación



La irradiancia se considera como una constante de 1 KW/m^2 , por lo que para calcular las horas solares pico (HSP) se realiza la siguiente ecuación:

$$HSP = \frac{\text{Irradiación}}{\text{Irradiancia}}$$

Obteniendo como resultado 4.79 h/día.

Para dimensionar los equipos necesarios se realizó un listado de los diversos componentes que necesitaran la carga de electricidad, obteniendo un total de 262.03 w/h, sin embargo, se considera un factor de seguridad del 20%, debido a las pérdidas por eficiencia de los dispositivos. Obteniendo un consumo total de 314.43 w/h (Cristian David Petrel Higueta & David Petrel Higueta, n.d.).

Para determinar la potencia que debe generar el panel se utiliza la siguiente ecuación:

$$P = \frac{\text{Consumo Máximo}}{\text{Horas Solar Pico}}$$

Obteniendo un resultado de 65.64w, con el cual se determina el panel solar a utilizar, y considerando las potencias comerciales ofrecidas se seleccionó un panel solar de la empresa EPCOM de 125w a 12v. El siguiente componente por calcular es la capacidad de la batería, por lo que en este caso se debe tener en cuenta el consumo máximo, los días de autonomía deseable que en este proyecto se consideraron 2, un voltaje nominal de la batería de 12v, un consumo máximo por día de 314.23wh, la eficiencia de la batería del .85 y una profundidad de descarga de .6, sustituyendo los valores anteriores en la ecuación:

$$\text{Capacidad de batería} = \frac{\text{Consumo máximo por día} * \text{días de autonomía}}{\text{Voltaje de batería} * \text{profundidad de descarga} * \text{eficiencia}}$$

Se obtiene una capacidad de batería de 102.75 Ah, por lo que se seleccionó la batería LTH L-31T/S-190M con una capacidad de 115 Ah.

Para determinar el regulador de carga se toma el valor de corriente a corto circuito (I_{sc}) del panel solar que en este caso es de 7.57A, la cantidad de paneles solares a conectar en paralelo y un factor de seguridad de 20%, por lo que utilizando la formula siguiente:

$$\text{Contr. solar} = (\text{Cantidad de paneles en paralelo} * I_{sc}) * 1.25$$

Por lo que se obtiene un valor de 9.46 A, para lo cual se seleccionó el controlador PWM-controlador de carga Solar de 12V a 20A

El siguiente equipo por seleccionar es el inversor, en el cual se debe considerar la potencia total de los dispositivos en total, para este caso es un valor de 450.12w, sin embargo es importante considerar un factor de seguridad de 1.2 debido a los consumos pico que tengan los dispositivos al momento del arranque.

$$\text{Capacidad de inversor} = \text{potencia total} * 1.2$$

Con un resultado de 540.14w se seleccionó un inversor con una capacidad comercial cercana, a la cual es de 600w, es importante considerar que la potencia de salida continua sea mayor a la capacidad del inversor ya calculada. Para este proyecto se seleccionó el inversor 12/110-600 de la empresa Energía & Sol el cual cumple con las características del sistema FV.

Para determinar la orientación del panel fotovoltaico es necesario identificar el sur en el lugar de emplazamiento, aunado a esto se debe calcular el ángulo que tendrá, por lo que, teniendo una latitud de 18.906° se resuelve la ecuación siguiente:

$$\text{Angulo de inclinación} = 3.7 + .69|\varphi|$$

Por lo que se obtiene un ángulo de inclinación de 17.74° hacia el sur.

Sistema electrónico

Para el sistema electrónico se determinó el tamaño del cableado que suministrará energía, el área de la sección transversal de los conductores debe determinarse tanto para operación normal como para condiciones de falla en función (Ortiz Salgado, n.d.):

- De su temperatura máxima admisible;
- De la caída de tensión admisible;
- De los esfuerzos electromecánicos que puedan ocurrir en caso de falla a tierra y corrientes de cortocircuito;

- De otros esfuerzos mecánicos a los que puedan estar sometidos los conductores;
- El valor máximo de la impedancia que permita asegurar el funcionamiento de la protección contra el cortocircuito.
- El método de instalación

“NOTA: Los puntos enumerados anteriormente, conciernen a la seguridad de las instalaciones eléctricas. Es deseable tener áreas de sección transversal de los conductores mayores que las requeridas para la seguridad y para una operación económica” (Ortiz Salgado, n.d.).

La NOM-001-SEDE-2012 (Ortiz Salgado, n.d.) establece que se puede usar cables de un solo conductor tipo USE-2 y cables de un solo conductor aprobados como alambre fotovoltaico, en lugares exteriores expuestos, en circuitos de fuente fotovoltaica para las interconexiones de los módulos fotovoltaicos dentro del arreglo fotovoltaico.

De acuerdo con la NOM-001-SEDE-2012 (Ortiz Salgado, n.d.) en el inciso 690-8 Dimensionamiento y corriente de los circuitos, se determina el cálculo de la corriente máxima del circuito. Para determinar la corriente entre la fuente fotovoltaica al controlador de carga se debe conocer la corriente de cortocircuito de los módulos en paralelo, multiplicado por el 125 por ciento.

Teniendo en cuenta el apartado 690-45(a) General (Ortiz Salgado, n.d.), los conductores de puesta a tierra de equipo para los circuitos de fuentes fotovoltaicas y los circuitos de salida fotovoltaica deben estar dimensionados de acuerdo con la Tabla 250-122. Cuando no se instale en el circuito un dispositivo de protección contra sobre corriente, se debe suponer un dispositivo de sobre corriente con el valor de la corriente de cortocircuito del sistema fotovoltaico para aplicar la tabla 250-122. No se exigirá un incremento en el tamaño del conductor de puesta a tierra de equipo para responder a las consideraciones de caída de tensión. Los conductores de puesta a tierra de equipos no deben tener un tamaño inferior a 2.08 mm² (14 AWG).

De acuerdo con la NOM-001-SEDE-2012 en el apartado 647-4 (d) (Ortiz Salgado, n.d.) se considera la caída de tensión para para equipo electrónico como: “La caída de tensión en cualquier circuito derivado no debe exceder el 1.5 por ciento. La caída combinada de tensión de los conductores del alimentador y del circuito derivado no debe exceder del 2.5 por ciento”.

Teniendo en cuenta la caída de tensión como la pérdida de tensión que se genera por factores como la resistencia del material del conductor y la distancia de este. Por lo que, su importancia para el correcto funcionamiento del sistema se calculó con la formula siguiente:

$$\Delta U = \frac{2 * I * \rho * L}{S}$$

Donde:

I = Intensidad medida en A

ρ = Resistividad del cable

L = Longitud del cable en metros

S = Sección del cable milímetros cuadrados

Circuito de salida fotovoltaica

Conductor

$$\text{Corriente máxima} = (I_{sc} * \text{Cant. paneles en paralelo}) * 1.25$$

Teniendo en cuenta que solo se utilizará un panel solar se obtiene:

$$\text{Corriente máxima} = (7.57 \text{ A} * 1) * 125\%$$

$$\text{Corriente máxima} = 9.46 \text{ A}$$

Es importante considerar el factor de corrección para temperaturas ambiente establecido en la tabla 690-7, por lo que teniendo en cuenta la temperatura ambiente del municipio de Fortín, Ver. De 18.8°C se establece un factor de 1.04, obteniendo:

$$\text{Corriente máxima} = \frac{9.46 \text{ A}}{1.04}$$

$$\text{Corriente máxima} = 9.09 \text{ A}$$

De acuerdo con la Tabla 310-15(b)(17) de la NOM-001-SEDE-2012 el calibre del conductor debe ser de 18 AWG considerando la corriente a una temperatura de 30°C. es importante mencionar que se realizó la operación para la corrección de la temperatura de acuerdo con la tabla 310-15(b)(2)(a), dando como resultado el mismo calibre.

De acuerdo con la Tabla 250-122 de la NOM-001-SEDE-2012 el calibre del conductor de puesta a tierra debe ser de 14 AWG teniendo en cuenta que no se puede poner un cable con diámetro inferior a este, establecido en 690-45 a) General.

Caída de tensión

$$\Delta U = \frac{2 * 7.57 A * .021 \Omega mm^2/m * 2 m}{2.08 mm^2}$$

$$\Delta U = 0.30 V$$

Controlador de carga

Conductor

Para seleccionar el conductor del controlador a la batería se consideró la corriente nominal a la cual trabaja (20A), por lo que se obtiene:

$$\text{Corriente nominal} = 20 A * 125\%$$

$$\text{Corriente nominal} = 25 A$$

De acuerdo con la Tabla 310-15(b)(17) de la NOM-001-SEDE-2012 el calibre del conductor debe ser de 14 AWG considerando la corriente a una temperatura de 30°C. Es importante mencionar que se realizó la operación para la corrección de la temperatura de acuerdo con la tabla 310-15(b)(2)(a), dando como resultado el mismo calibre previamente seleccionado.

De acuerdo con la Tabla 250-122 de la NOM-001-SEDE-2012 el calibre del conductor de puesta a tierra debe ser de 10 AWG.

Caída de tensión

$$\Delta U = \frac{2 * 20 A * .021 \Omega mm^2/m * 2 m}{2.08 mm^2}$$

$$\Delta U = 0.80 V$$

Inversor a batería

Conductor

Para determinar el conductor se consideró la potencia del inversor y la tensión de la instalación, obteniendo

$$\text{Intensidad} = \frac{600 W}{12 V} * 125\%$$

$$\text{Intensidad} = 62.5 A$$

De acuerdo con la Tabla 310-15(b)(17) de la NOM-001-SEDE-2012 el calibre del conductor debe ser de 8 AWG considerando la corriente a una temperatura ambiente de 30°C. Es importante mencionar que

se realizó la operación para la corrección de la temperatura de acuerdo con la tabla 310-15(b)(2)(a), dando como resultado 67.5 A, teniendo que seleccionar el mismo calibre.

De acuerdo con la Tabla 250-122 de la NOM-001-SEDE-2012 el calibre del conductor de puesta a tierra debe ser de 8 AWG.

Caída de tensión

$$\Delta U = \frac{2 * 62.5 A * .021 \Omega mm^2/m * 2 m}{8.36 mm^2}$$

$$\Delta U = 0.62 V$$

Inversor a bomba

Conductor

Para determinar el calibre del cable se debe considerar la potencia total generada del panel solar entre la tensión de salida del inversor

$$Intensidad = \frac{125 W}{120 V} * 125\%$$

$$Intensidad = 1.3 A$$

De acuerdo con la Tabla 310-15(b)(17) de la NOM-001-SEDE-2012 el calibre del conductor debe ser de 18 AWG considerando la corriente a una temperatura de 30°C. Es importante mencionar que se realizó la operación para la corrección de la temperatura de acuerdo con la tabla 310-15(b)(2)(a), dando como resultado 1.4 A, teniendo que seleccionar el mismo calibre.

De acuerdo con la Tabla 250-122 de la NOM-001-SEDE-2012 el calibre del conductor de puesta a tierra debe ser de 14 AWG teniendo en cuenta que no se puede poner un cable con diámetro inferior a este, establecido en 690-45 a) General.

Caída de tensión

$$\Delta U = \frac{2 * 1.04 * .021 * 15}{0.823 mm^2}$$

$$\Delta U = 0.79 V$$

Protecciones sobre corriente

De acuerdo con el apartado 690-9 se debe establecer las correctas protecciones en el sistema fotovoltaico considerando la cantidad de corriente, tipo y cantidad de tensión que se maneja entre cada uno de los equipos que lo conforman. Por lo que, teniendo ya los datos previamente calculados se seleccionaron los disyuntores dependiendo su capacidad, enlistados en la tabla de características del sistema electrónico.

Puesta a tierra

Para protección del arreglo eléctrico se decidió instalar una varilla de tres metros de longitud de material acero revestido de cobre, como electrodo de puesta a tierra considerando el apartado 250-52(3) y 250-53(g) de la NOM-001-SEDE-2012 para su correcta selección e instalación.

Teniendo en cuenta los cálculos antes desarrollados se obtiene la siguiente tabla de especificaciones para el sistema electrónico:

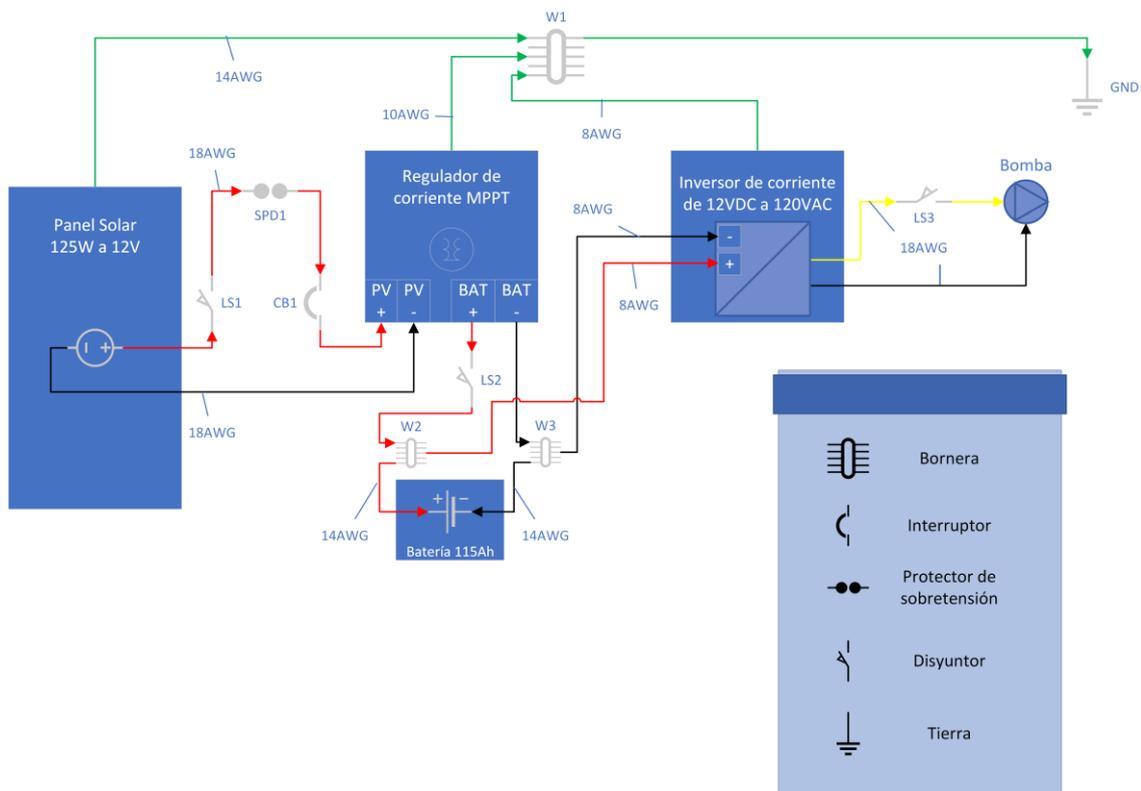
Tabla 1. Características eléctricas del sistema

Tramo	Calibre de conductor corriente	Calibre conductor puesta a tierra	Caída de tensión	Protección (disyuntor fotovoltaico)
Salida fotovoltaica	18 AWG a 14A	14 AWG a 35A	0.30 V	20A
Controlador de carga	14 AWG a 35A	10 AWG a 55A	0.80 V	30A
Inversor a batería	8 AWG a 80A	8 AWG a 80A	0.62 V	80A
Inversor a bomba	18 AWG a 14A	14 AWG a 35A	0.10 V	20A

Diagrama unifilar

Para identificar los componentes que conforman el sistema electrónico se realizó un diagrama unifilar contemplando el cableado asignado (calibre y trayecto), así también como las especificaciones generales de cada componente principal. Es importante mencionar que se debe contar con este tipo de plano para el personal que realizará mantenimiento al sistema, en este caso por norma, este puede ser realizado por el usuario. El diagrama unifilar es el siguiente:

Imagen 5. Diagrama unifilar



Diseño de prototipo

El prototipo consistió en diseñar los tres sistemas contemplando el equipo principal y secundario para su correcto funcionamiento, la siguiente imagen muestra parte del sistema que será instalado en la azotea de la vivienda, contemplando una estructura elaborada en perfil L para sostener todos los componentes, cabe mencionar que a esta misma estructura se realizó un análisis de esfuerzos estático con la finalidad de determinar si es que soportará el peso necesario, por lo que, se obtuvo un factor de seguridad de dos, siendo para este caso aceptable.

Imagen 6. Parte del sistema instalado en la planta alta de la vivienda

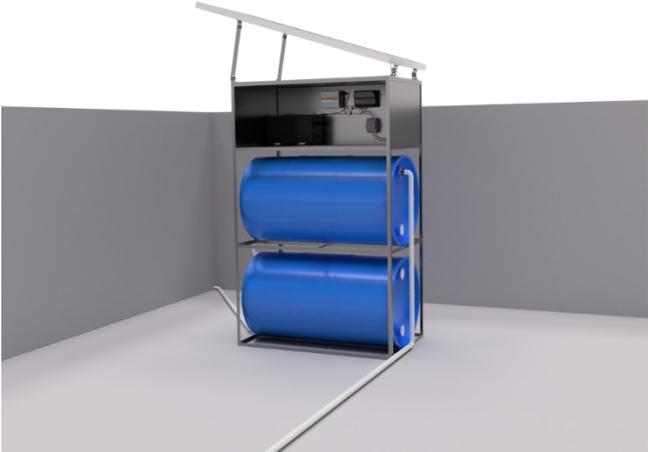
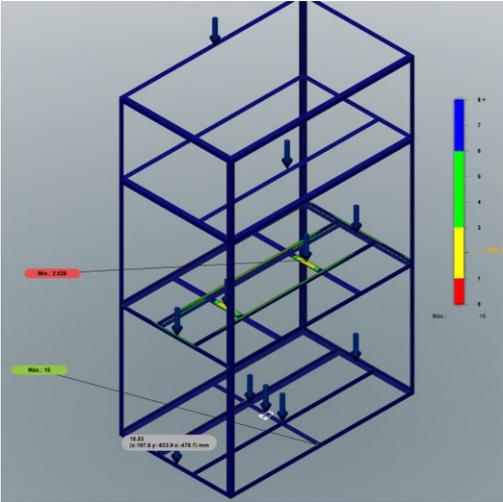


Imagen 7. Parte del sistema instalado en la planta baja de la vivienda



Imagen 8. Análisis de esfuerzos realizado a estructura



CONCLUSIONES

La integración de la metodología Design Thinking fue primordial para el correcto desarrollo de este sistema, es importante mencionar que en la realización de todos los procesos se pudo hacer una retroalimentación integral al poder integrar de manera satisfactoria todos los pasos propuestos en la metodología. Otro factor importante fue la relación que tuvo el cliente para tener en cuenta sus expectativas y criterios del diseño, obteniendo así un desarrollo del producto más integral y fiel al objetivo para el cual se diseñó.

LISTA DE REFERENCIAS

- Ortiz Salgado, L. A. (n.d.). *NORMA Oficial Mexicana NOM-001-SEDE-2012, Instalaciones Eléctricas (utilización)*. Retrieved November 30, 2022, from www.dof.gob.mx/normasOficiales/4951/SENER/SENER.html
- Brown, T. (2008). *Design Thinking*.
- Comisión Nacional del Agua. (2018). *Estadísticas del Agua en México*.
- Cristian David Petrel Higueta, A., & David Petrel Higueta, C. (n.d.). *DISEÑO DE SISTEMA SOLAR FOTOVOLTAICO AISLADO E INDIVIDUAL EN EL CORREGIMIENTO BOCAS DEL ATRATO-TURBO*.
- Mini guía: una introducción al Design Thinking En español*. (n.d.). Retrieved November 30, 2022, from <https://dschool.stanford.edu/groups/>
- Modelo Design Thinking para emprendimiento e innovación*. (n.d.).
- Monitor de Sequía en México*. (n.d.). Retrieved May 2, 2023, from <https://smn.conagua.gob.mx/es/climatologia/monitor-de-sequia/monitor-de-sequia-en-mexico>
- Nacional, E., & Climático, C. (n.d.). *Gobierno de la República*. Retrieved May 1, 2023, from www.semarnat.gob.mx
- Naciones Unidas. (2021). *Población | Naciones Unidas*. <https://www.un.org/es/global-issues/population>
- Prototipar, la cuarta fase en un proceso de Design Thinking e innovación*. (n.d.). Retrieved May 1, 2023, from <https://xn--designthinkingspaa-d4b.com/prototipar>
- Rosas, G., Ruíz, S., de León, A., Martínez, N., & Cantú, M. (2018). *Manual de Design Thinking*. 48.

UNESCO. (2015). El Crecimiento Insostenible Y La Creciente Demanda Mundial De Agua. *Wwdr*, 12.
http://www.unesco.org/new/fileadmin/MULTIMEDIA/HQ/SC/images/WWDR2015Facts_Figures_SPA_web.pdf

United Nations Population Fund. (2020). *World Population Dashboard*.

World Health Organization. (2018). Water and Sanitation for Health Facility Improvement Tool (WASH FIT). In *World Health Organization*.