



MEMORIA TÉCNICA DEL PROYECTO TITULADO:

“Paulo Solution”

que presentan:

Aurora Farías Sosa (LIDI)
Itzel Belén Mondragón Martínez (LIDI)
Pablo de la Cruz Mera (LIM)
Montserrat Morales Parra (LIM)
Jorge Alberto Pérez Salinas (LIM)

Estudiantes de 5to semestre de la carrera de Ingeniería en Diseño Industrial e Ingeniería Mecatrónica de la Universidad Mondragón México, como parte del proceso de Evaluación del Proyecto Fin de Semestre.

El Marqués, Querétaro, Agosto-Diciembre de 2020.

Índice del contenido.

1. Resumen del proyecto.....	Página 3
2. Introducción al proyecto.....	Página 4
3. Propuesta de trabajo.....	Página 4
4. Diagnóstico y Justificación.....	Página 6
5. Ideación y desarrollo conceptual.....	Página 8
6. Memoria Descriptiva.....	Página 13
7. Plan de Fabricación.....	Página 17
8. Lista de piezas materiales y herramientas.....	Página 18
9. Planos.....	Página 21
10. Cálculos Técnicos.....	Página 25
11. Presupuesto.....	Página 32
12. Pruebas.....	Página 35
13. Problemas encontrados y solución adoptada.....	Página 35
14. Resultados y Conclusiones.....	Página 36
15. Valoración del Proyecto.....	Página 37
16. Referencias.....	Página 38

Resumen.

El proyecto Paulo Solution tiene el propósito de atender una de las necesidades que existe hoy en día en el tratamiento de hidroterapia, el cual es: la limitante del tamaño de los modelos de tinas hidroterapéuticas. Aunque actualmente existen modelos de tamaños variados en el mercado no existe un modelo con dimensiones reducidas que favorezcan el tratamiento de extremidades pequeñas. Con este proyecto se busca realizar el prototipo de una tina de hidroterapia de medidas: 30cm x 35cm x 30 cm, la cual facilite el tratamiento hidroterapéutico en extremidades como manos, muñecas, pies y tobillos.

Los modelos existentes de tinas de hidroterapia, creadas para tratar por ejemplo el cuerpo completo o secciones grandes del cuerpo del paciente, exceden las dimensiones requeridas por fisioterapeutas para tratar partes pequeñas del cuerpo como lo son las manos, muñecas, pies y tobillos, mientras que por otro lado, sus costos son muy elevados debido al excesivo uso de agua y el mantenimiento que las tinas requieren. El uso de las tinas actuales generan gastos elevados tanto para los fisioterapeutas como para los pacientes. Paulo Solution no solo busca ser una herramienta de hidroterapia con las medidas adecuadas, sino que también busca ser un producto adaptable a cualquier espacio; de igual manera amigable con el usuario, de fácil mantenimiento y, lo más importante, que tenga un precio accesible para poder ser adquirido por cualquier persona que así lo requiera.

Abstract.

The Paulo Solution project aims to meet one of the needs that exists today in the hydrotherapy treatment, which is: the limitation of the size of the hydrotherapeutic tub models. Although there are currently models of various sizes on the market, there is no model with reduced dimensions that favor the treatment of small limbs. This project seeks to make the prototype of a hydrotherapy tub with measurements of: 30cm x 35cm x 30 cm, which will be created to facilitate the hydrotherapeutic treatment in extremities such as hands, wrists, feet and ankles.

The existing models of hydrotherapy tubs are created to treat either the whole body or large sections of the patient's body, these models exceed the dimensions required by physiotherapists to treat small parts of the body such as the hands, wrists, feet and ankles. The existing model's costs are very high due to the excessive use of water and the maintenance that the tubs require. Paulo Solution not only seeks to be a hydrotherapy tool with the appropriate measures, but also seeks to be a product adaptable to any space, as well as user-friendly, easy to maintain and, most importantly, that has an accessible price to be able to be acquired by anyone who requires it.

1. Introducción.

○ El equipo DiFlow tiene como beneficiaria a la Lic. Fisioterapeuta Eloisa Licea Saavedra. Nuestro proyecto consiste en diseñar un prototipo de tina hidroterapéutica enfocada en el tratamiento de partes pequeñas del cuerpo humano como lo son: manos, muñecas, pies y tobillos. Actualmente no existen tinas hidroterapéuticas lo suficientemente pequeñas y costeables como para tratar miembros dichas partes del cuerpo humano. La tina de hidroterapia más pequeña que existe en el mercado es la tina *Hubbard Miembros Inferiores*, la cual ocupa 90 litros de agua por sesión de hidroterapia para su correcto funcionamiento. La *Hubbard Miembros Inferiores* es una solución apta para miembros inferiores, más obsoleta para el tratamiento de miembros pequeños del cuerpo humano, ya que el tamaño sigue siendo muy superior a lo necesario para miembros pequeños, de igual forma la cantidad de agua que se desperdicia, el mantenimiento y el costo del funcionamiento de la tina hacen de ella un gasto en vez de una solución tanto para el fisioterapeuta como para el paciente.

Para este Proyecto Fin de Semestre, se busca realizar tanto el diseño como la construcción de un prototipo funcional (Paulo Solution) de una tina de hidroterapia con medidas de 30cm x 35cm x 30 cm. Se buscará que el prototipo sea una solución con un precio menor a \$20,000 MXN, que utilice máximo 30 litros de agua, tenga una interfaz amigable con el usuario y sea una opción para tanto instalaciones de fisioterapia como para el hogar.

Su funcionamiento consiste en crear, con ayuda de turbinas hidráulicas, distintos niveles de flujos de agua caliente, generando fuerza opuesta al músculo del paciente en tratamiento, ayudando así a fortalecer dicho músculo.

Para poder realizar este trabajo, el equipo DiFlow se dará a la tarea de realizar una investigación acerca de la problemática, desarrollar entregables basados en fórmulas e investigación y reunir dichos entregables en un prototipo funcional. El documento que se presenta a continuación es un compendio de los procesos realizados para desarrollar el proyecto; también se explican los conceptos técnicos del mismo a fondo.

2. Propuesta de trabajo.

○ La problemática que este proyecto busca resolver es que en el mercado de la fisioterapia y más específico en el de la hidroterapia hay una falta de material de tratamiento para miembros del cuerpo de tamaño reducido como las manos, muñecas, pies y tobillos, este proyecto resolverá esta problemática con una tina de hidroterapia de dimensiones 30cm x 35cm x 30 cm, la cual generará un flujo de agua a una temperatura entre 35-40°C usando 4 turbinas de agua, el usuario podrá controlar tanto la velocidad de las turbinas como la temperatura del agua.

Identificación del beneficiario o el usuario meta y sus necesidad en acuerdo a los requisitos del PFS.

Nuestro beneficiario será la Lic. FT. Ana Eloísa Licea Saavedra, la cual tiene la dificultad de conseguir una tina hidroterapéutica de bajo costo y además que no desperdicie demasiada agua para no generar un gasto excesivo en su negocio. Nuestro producto va dirigido a clínicas terapéuticas, personas con lesiones en extremidades pequeñas como manos y tobillos o

personas de la tercera edad que requieran este tipo terapias para mejorar su movilidad. Nuestra tina terapéutica también será diseñada con la finalidad de que pueda instalarse, ya sea en una clínica o en casa, esto quiere decir que no ocupe mucho espacio y se pueda trasladar fácilmente.

Esta propuesta de proyecto se adapta correctamente con los requerimientos del PFS, ya que la máquina que queremos diseñar trabaja con un sistema que mediante una turbina mueve el agua dentro de la tina, por lo cual en este proyecto vamos a aplicar las materias de:

Mecánica de fluidos (Materia líder): Para obtener cálculos y estudios del flujo de agua dentro de la tina de esta manera haciendo más eficiente y práctico este efecto de movimiento.

Elasticidad y resistencia: Para determinar el material que tendrá la tina que se llenará de agua, cuidando que al activar la turbina y se genere movimiento no se generen deformaciones en las paredes de la tina.

Tecnologías en electrónica avanzada: Para el diseño del sistema eléctrico de nuestra máquina haciéndolo lo más eficiente posible, para que de esta manera no consuma alta cantidad de electricidad siendo al mismo tiempo totalmente seguro de usar para el usuario.

Ingeniería de procesos: Para fabricar piezas de medidas específicas que serán usadas para armar nuestra máquina, también nos servirá para poder estimar los costos de nuestros componentes para la fabricación.

Tecnologías de fabricación: Nos permitirá analizar cuál es la mejor opción para la fabricación de piezas de nuestra máquina. De esta manera elegiremos la más económica pero cuidando que la pieza sea de la mejor calidad para que nuestra máquina sea factible.

Ingeniería de control: Para la instalación de un sistema de control de temperatura en la máquina. El cual permitirá mantener una temperatura deseada mientras se esté usando.

Calidad, seguridad y medio ambiente: Esta materia nos ayudará a elaborar un manual con especificaciones para poder usar la máquina correctamente y para darle mantenimiento a la máquina. Y también gestionaremos el cuidado del agua en nuestro proyecto.

Metodología del diseño: Para poder desarrollar un diseño innovador y sobre todo duradero de tal modo que el material no se dañe tan fácilmente, de esta manera cuidando que el material para que nuestra máquina tenga un largo periodo de vida para que no se deseché tan rápidamente.

Diseño y producto: Usaremos esta materia para entender a nuestro usuario, entender su contexto y qué es lo que realmente busca, su “Necesidad real”, al mismo tiempo usaremos lo aprendido en esta materia para asegurarnos que el producto cumpla con su función técnica y al mismo tiempo sea viable, factible y sostenible.

Diseño asistido por ordenador : Usaremos los softwares aprendidos en esta materia (Solidworks y Keyshot) para llevar a cabo la modelación y renderizado de nuestro proyecto, así como una animación para que nuestro beneficiario entienda el proyecto en su totalidad.

3. Diagnóstico y justificación.

La hidroterapia es el uso del agua con fines terapéuticos, ya sea de forma térmica, mecánica (ejerciendo presión) o química. Es una forma de fisioterapia y sirve para los tratamientos de varias enfermedades, lesiones y trastornos. Existen varios tipos de hidroterapia (mecánica, térmica, química) en este proyecto haremos uso de hidroterapia mecánica

Hidroterapia mecánica

- Empuje: este tipo de hidroterapia actúa al sumergir el cuerpo en el agua. Ayuda a ejercitar los músculos en personas con movilidad reducida, ya que el peso de una persona en el agua es mucho menor del habitual.
- Compresión: el agua se aplica con fuerza sobre el cuerpo, creando presión en músculos, venas o nervios.
- Resistencia hidrodinámica: se utiliza una superficie acuática al realizar ejercicio en lugar de hacerlo en tierra. Sirve para fortalecer músculos.
- Presión: el agua se aplica a través de duchas o chorros. Sirve para la relajación o la estimulación del sistema nervioso.

La herramienta más utilizada al hablar de la hidroterapia son las famosas tinas de hidroterapia o mejor conocidas como las tinas Hubbard, actualmente existen tres modelos disponibles en el mercado:

Tina hubbard GVM

La tina Hubbard tiene forma de 8 o “mariposa” (como se muestra en la imagen 1.0) y es ideal para pacientes que necesitan un hidromasaje en todo el cuerpo. El tanque contiene turbinas gemelas ensambladas y es capaz de proporcionar un aumento de la amplitud de movimiento, así como el acceso de todo el cuerpo en el tratamiento de quemaduras y otras afecciones de la piel.

Especificaciones técnicas:

- Utiliza: 1608.8 litros
- Longitud: 269.24 cm
- Ancho: 195.58 cm
- Profundidad: 55.88 cm
- Alimentación Eléctrica: 127 V a 60Hz
- Precio: \$ 341,883.05



Imagen 1.0

Tina de hidroterapia para miembros inferiores GVM

Indicada para tratar diversos problemas del aparato locomotor como: lesiones óseas, fracturas, esguinces, lesiones musculares, lesiones articulares, enfermedades reumáticas, lumbalgias, etc.

Especificaciones Técnicas:

- Utiliza: 300 litros
- Longitud: 152 cm
- Ancho: 61 cm
- Profundidad: 46 cm
- Precio: \$ 51,603.49



Imagen 1.1

Tina para cuerpo completo GVM

- Utiliza: 90 litros
- Longitud: 66 cm
- Ancho: 42 cm
- Profundidad: 53 cm
- Precio: \$ 37,033.65



Imagen 1.2

¿Cuál es el problema?

Aunque existen las tinas de hidroterapia (previamente mencionadas) estas pueden llegar a resultar excesivamente caras y requieren de un espacio grande que muchas veces los fisioterapeutas no tienen capacidad en para tenerlas, además de que no son nada prácticas para tratar partes del cuerpo pequeñas, es por estas razones que aunque existen equipos diseñados para la hidroterapia son muy pocos los profesionales que utilizan este tipo de herramientas.

Debido a que en la actualidad no se cuenta con una tina de hidroterapia con medidas adecuadas para el tratamiento y recuperación de extremidades pequeñas (manos y pies),

los fisioterapeutas se ven en la necesidad de improvisar distintas rutinas hidroterapeúticas con pequeños recipientes llenos de agua. Estas terapias aunque logran resultados positivos, alargan el periodo de recuperación del paciente, dependen del paciente para realizarse correctamente e inclusive atentan contra la imagen del profesional del fisioterapeuta.

Restricciones y Limitantes

Las limitantes que encontramos en este proyecto son diversas, la primera limitante que encontramos es el tamaño del consultorio. El consultorio se encuentra dentro de una Plaza, en la colonia Jardines de La Hacienda. El local donde La Fisioterapeuta se encuentra ubicada es de aproximadamente 30 metros cuadrados, un espacio que está ocupado por bancas, una recepción, un baño, y un cuarto donde le da atención necesaria a los pacientes, dejándonos un espacio muy pequeño.

La segunda limitante que encontramos, es el económico. Ella paga 12 mil pesos de renta, y otros 4 mil pesos de servicios básicos, que son luz, el agua, y el internet. Dejándole 16 mil pesos de Renta Mensual. Una tina de hidroterapia, muy básica y de un tamaño que puede caber en su consultorio, va desde los 37 mil pesos mexicanos, (*Se tomó en cuenta el modelo “Tina para cuerpo completo GVM”, que fue el modelo más económico que se encontró al realizar la investigación*). Si se consideraría su adquisición para ser instalado en el consultorio donde ella trabaja actualmente, significa un gasto bastante grande e importante, poniendo su negocio, y a ella misma en una situación económica muy complicada, por lo que esta no se considera una opción viable, sin contar el incremento en el servicio de electricidad y agua.

Y el último requisito es que la tina pueda ser movida con facilidad y sea fácil de controlar, que no sea un elemento fijo, y que no sea pesada, ya que en el caso de que la necesite, pueda hacerlo con libertad y facilidad al interactuar con ella.

Conclusión de Investigación

Con base en la reciente investigación, se llegó a la conclusión de realizar un diseño que cumpla con las necesidades actuales y resuelva las limitaciones que fueron encontradas. Un diseño que pueda almacenar una cantidad aproximada de 30 litros de agua, con 30 cm de longitud y un ancho de 30 cm, y una profundidad de 40 cm, que pueda llevarse a cabo usando materiales resistentes e inoxidables y pueda ser movida y controlada con facilidad en caso de que llegue a ser necesario.

4. Ideación y desarrollo conceptual.

A pesar de que el producto es una herramienta útil y ahorrativa para cualquier fisioterapeuta, este está dirigido a consultorios pequeños o medianos que tengan espacio limitado y requieren tratar partes del cuerpo pequeñas, con ayuda de hidroterapia. El

producto así mismo puede ser usado por pacientes con traumas en partes pequeñas de su cuerpo bajo la prescripción de un fisioterapeuta.

Sketches

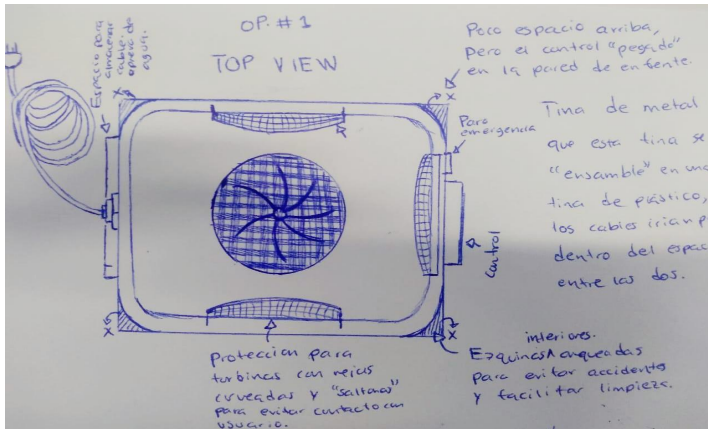
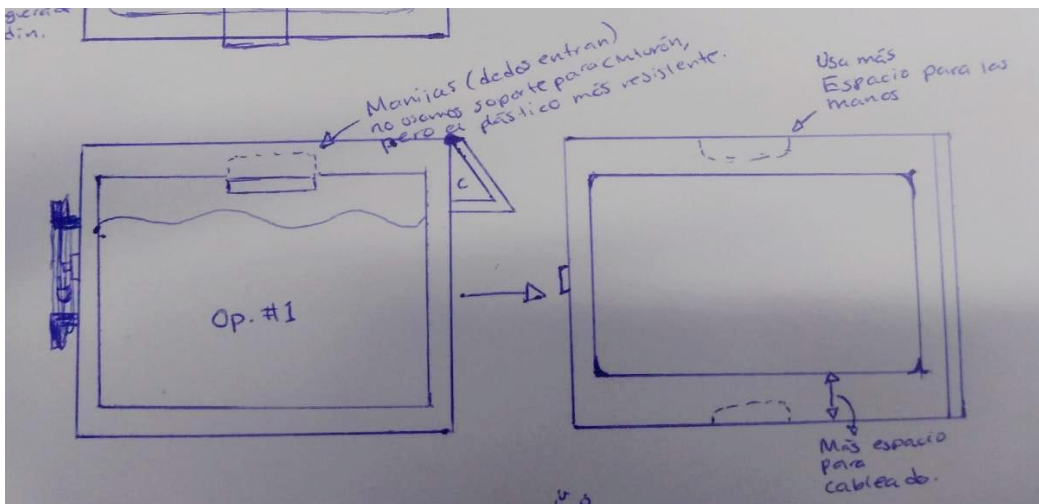
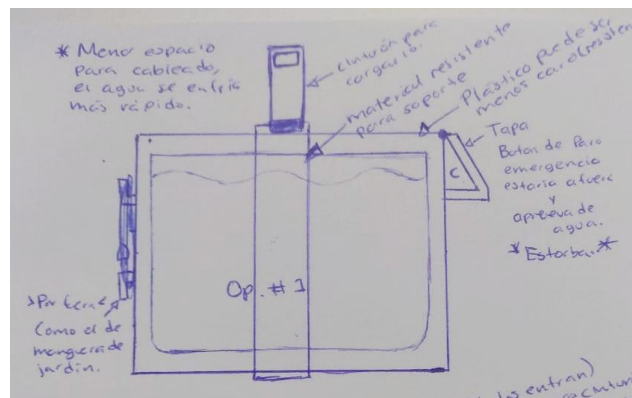
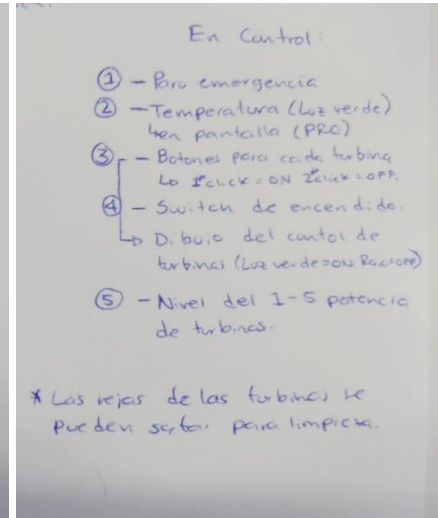
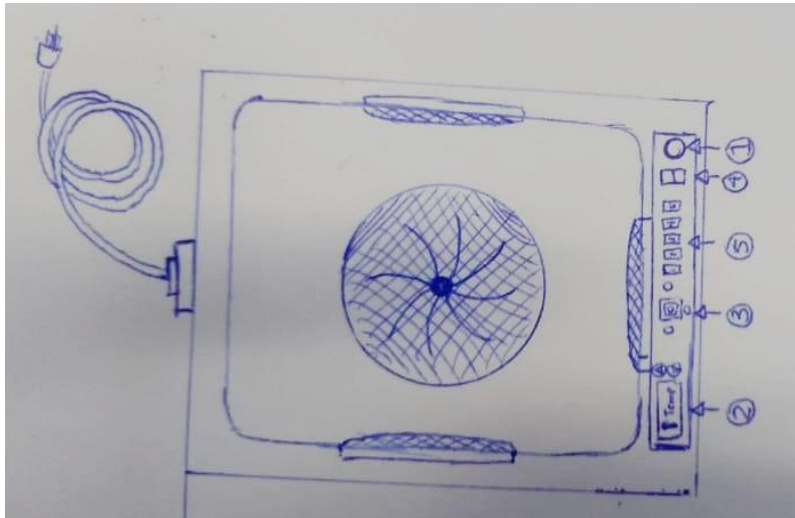


Imagen 1.3

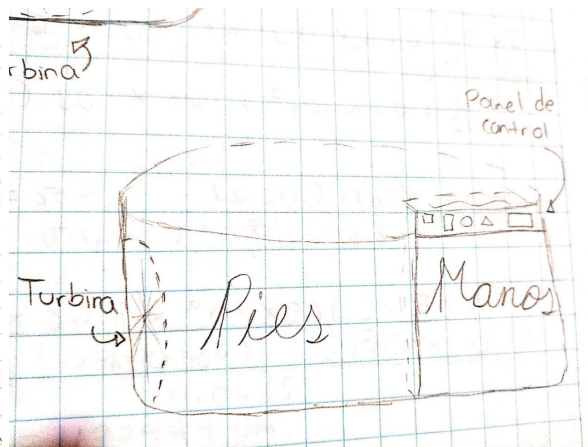
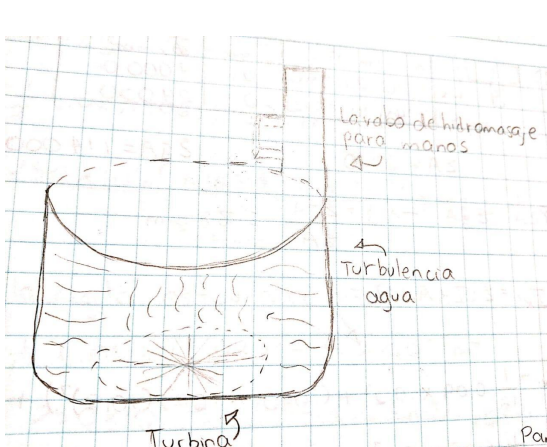
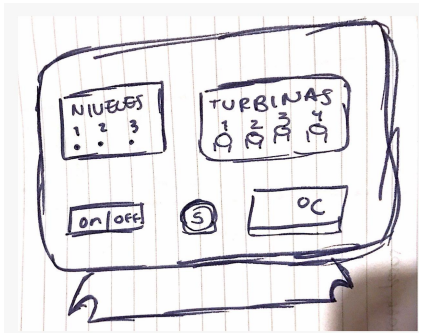
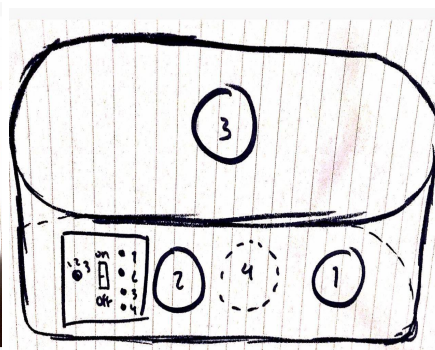
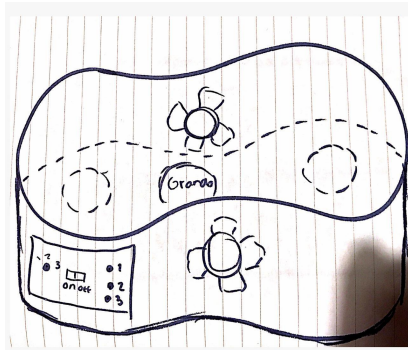


Imágenes 1.4 y

1.5



Imágenes 1.6 y 1.7



1.8, 1.9, 2.0, 2.1 y 2.2

Imágenes

En este punto, de igual manera consideramos importante añadir un método "Doble Diamante". Esto es para ejemplificar cómo se desglosó cada paso de la ideación de nuestro producto, junto con el análisis del usuario y los procedimientos:

Primera fase: Descubrimiento (visión del problema)

Creando un espacio de proyecto: En este caso, para el equipo este fue un tema difícil, ya que por motivos de la pandemia no pudimos establecer un lugar específico para reunirnos a discutir el proyecto. Sin embargo, en nuestras casas nos aseguramos de que, cuando se habla del tema, estemos en un espacio cómodo y sin interrupciones. Esto para concentrarnos al máximo.

Observación: Nuestra beneficiaria tiene un consultorio en donde da hidroterapia. Sin embargo, su tina es de cuerpo completo y le interesaría tener nuestra idea ya que los clientes le han comentado que les gustaría poder relajar y destensar las extremidades del cuerpo, o sea, manos y pies.

Diarios de usuario: Si bien este tema no se ha pensado al 100% en el proyecto, consideramos que es una excelente idea hacer un pequeño manual de usuario para usar nuestro producto; con pasos breves y sencillos, de preferencia, ilustrados. De igual manera hacer encuestas acerca de su experiencia con el proyecto.

Siendo tus usuarios: Al momento de surgir con la idea de las medidas del proyecto, nos preguntamos cómo nos sentiríamos nosotros como usuarios del mismo. Llegamos a la idea de que tiene que ser en un espacio amigable, que invite al usuario a aplicarse la hidroterapia. De la misma manera, tiene que ser ahorrador de agua y que la misma no salga a una presión que moleste al usuario.

Brainstorming, visualización rápida e investigación secundaria: Antes de elegir el proyecto como tal, estaba otra idea de una recicladora para una empresa, pero como no llevaba la materia de mecánica de fluidos, se descartó. Sin embargo, para la fase actual de nuestro proyecto, queremos hacer más bocetos para elegir el modelo final que se va a hacer en el software de SolidWorks y renderizar en Keyshot. Al momento de hacer esta lluvia de ideas, investigamos empresas, problemas sociales y elaboramos notas.

Esperanzas y miedos: Todos en el equipo resaltamos nuestro miedo de que al final no nos pudiéramos dar a entender de lo que queríamos lograr, de que la beneficiaria en algún momento dijera que no, de que el compañero al que no le parecía tanto la idea al final no iba a trabajar tanto y de que en sí un fluido como el agua fuera algo muy fácil para trabajar. Por otro lado, tenemos las esperanzas de que con el modelado se entienda mejor nuestra idea y que los maestros y directoras académicas puedan ver la necesidad en las personas de relajarse y destensar las extremidades del cuerpo por tanto estrés diario.

Segunda fase: Definir (área a enfocarse)

Criterios de evaluación: Se hizo un listado de todas las ideas que podrían afectar a nuestro proyecto, externa e internamente. Por ejemplo, los riesgos físicos que puede haber si, en caso de que se fabricará, saliera mal y el cliente se pudiera lastimar. Otro es que si el agua sale a presión muy fuerte o muy caliente o fría, podría molestar al cliente. Otro es el espacio; si es muy reducido, el usuario no va a tener ganas de meterse a usarlo porque se va a sentir sofocado o encerrado. Al final del día, las ideas más importantes fueron: tomar en cuenta medidas del consultorio de nuestra beneficiaria que es fisioterapeuta, hacer que el modelado

parezca lo más cómodo de usar posible, la temperatura del agua, la presión de la misma y alto y ancho de los clientes promedio en cuanto a manos y pies.

Conductores y obstáculos: Tenemos la gran ventaja de que una compañera va con nuestra beneficiaria una vez a la semana y nos cuenta cómo es el consultorio, esto nos da una idea más clara de cómo podemos adaptar nuestro proyecto al espacio y ambiente que hay ahí. Sin embargo, una barrera bastante grande es la pandemia, que como sabemos hace que la gente no salga ni visite estos lugares tan frecuentemente. Estos son algunos ejemplos de los “pros y contras” que se encontraron en una evaluación que se hizo.

Mapeo del viaje del cliente: Describimos cada integrante qué trayecto seguiría el cliente cuando visita el consultorio de nuestra beneficiaria, desde el momento en que entra hasta el que sale. De la misma manera, planeamos hacer un mapeo más gráfico para darnos una mejor idea.

Tercera fase: Desarrollo (solución potencial)

Perfiles de personajes: Evaluamos las distintas clases de usuario a las que nuestro proyecto se puede enfocar. Los niños, por ejemplo, no tienen carga de estrés ni tensión, entonces no sería tan eficiente con ellos. Pero con los adultos mayores y personas que trabajan en empresas, ya que acumulan mucho estrés en su vida diaria, aunque de diferentes maneras (en el caso de adultos mayores, físicamente).

Planos de servicio: Consideramos hacer unos planos que muestren los puntos de contacto con los que interactúa el usuario al momento de utilizar nuestro proyecto. Si bien no son muchos por ser en un solo espacio, llevar un “tracking” de lo que hace el producto junto con el ambiente en el que se desenvuelve, lo vuelve más completo al momento de explicarlo.

Cuarta fase: Entregar (solución que funcione)

Prueba final: En caso del modelado por no poder hacerlo físico, tenemos que asegurarnos de que antes de entregarlo, la simulación de cómo funciona, los materiales de los que en todo caso sería fabricado el de escala real, la explicación en la presentación del mismo y los documentos complementarios estén bien hechos.

Evaluación: Les podemos preguntar a familiares y amigos que no requieran salir qué tal les parece nuestra idea y que si ellos la usarían. Lamentablemente hasta ahí alcanza la capacidad por la presente circunstancia en el mundo.

Circuitos de retroalimentación: En este caso, las únicas opiniones de sugerencias pueden ser de quienes les mostremos los videos, el modelado del producto y los documentos del proyecto. Todo en línea, por supuesto.

Banco de métodos: Podemos desglosar los diferentes métodos de los subtemas del proyecto, discutiendo en línea entre los integrantes para llegar a una documentación detallada al momento de explicar el diseño del mismo.

Funcionamiento de la solución

La tina de hidroterapia tendrá una interfaz de usuario, la cual se controlará a través de botones y una pantalla OLED, el usuario podrá seleccionar dentro de las opciones; la temperatura del agua, regulada por un sistema de control con una resistencia; velocidad de las turbinas, regulada a través de PWM con 5 velocidades disponibles; así como la opción de elegir qué turbina estará activa. La tina tendrá también un botón de paro de emergencia manual y un dispositivo diferencial residual, el cual al sensar algún corto de línea a tierra desconectará el circuito por completo para evitar descargas hacia el paciente y cortos con el agua.

5. Memoria descriptiva.

En la fisioterapia, las técnicas de hidroterapia permiten una mejoría en la rehabilitación de partes del cuerpo, ya que son tinas construidas por acero inoxidable, que estimulan la circulación y el alivio del dolor, mediante ejercicios que ejercen presión del agua en las partes del cuerpo deseadas. Las partes de esta tina son:

- Materiales

Debido a que nuestro diseño cuenta con una tina interior la cual se encontrará dentro de una carcasa hecha de un polímero, estaremos utilizando dos materiales principales para la elaboración y fabricación de la misma, esto con el fin de ofrecer los mejores materiales a un precio accesible a nuestros clientes.

El material que utilizaremos para la Carcasa de la tina será un tipo de polímero comúnmente conocido como Policarbonato.

¿Qué es el Policarbonato?

El Policarbonato es un termoplástico con propiedades muy interesantes en cuanto a resistencia al impacto, resistencia al calor y transparencia óptica, de tal forma que el material ha penetrado fuertemente al mercado en una variedad de funciones. En forma de lámina tiene tres presentaciones comunes:

- Lámina sólida – también llamada monolítica
- Lámina celular -también conocida como alveolar
- Lámina acanalada sólida

Ventajas

- Resistencia al impacto extremadamente elevada
- Gran transparencia
- Resistencia y rigidez elevadas

- Elevada resistencia a la deformación térmica
- Elevada estabilidad dimensional, es decir, elevada resistencia a la fluencia
- Buenas propiedades de aislamiento eléctrico
- Elevada resistencia a la intemperie, con protección contra rayos ultravioleta

Y es por estas características físicas y los diferentes procesos de fabricación que este material puede tener que lo hemos elegido para ser la carcasa de nuestra tina de hidroterapia.

El material que utilizaremos para la tina la cual será la que contenga el agua y estará en contacto directo con los pacientes será: acero inoxidable.

¿Qué es el acero inoxidable?

El acero común se compone de hierro (Fe) con algunos otros elementos derivados de la fabricación del acero como el carbono (C), el manganeso (Mn), el silicio (Si), el fósforo (P) y el azufre (S). Un acero al carbono típico sin alear utilizado en la construcción tiene la siguiente composición química (en % del peso).

C	Mn	Si	P	S	Fe
0,17	0,60	0,25	0,045	0,045	> 98

Tabla 1.0

Si se añade un mínimo de 11% de cromo a este acero se obtiene un acero inoxidable, composición química (en % del peso).

C	Mn	Si	P	S	Cr	Fe
0,10	1,0	1,0	0,045	0,030	11	≤ 87

Tabla 1.1

La familia de los aceros inoxidables comprende un gran número de diferentes aleaciones. Cada una de ellas se desarrolló para satisfacer necesidades específicas como una mayor resistencia a la corrosión, una mejora de las propiedades mecánicas como la resistencia, dureza o ductilidad, estabilidad metalúrgica bajo la influencia del calor de la soldadura y, en casos especiales, la maquinabilidad. Puesto que todos estos aceros contienen al menos un 11% de cromo, todos están protegidos por la capa pasiva que se forma espontáneamente en la superficie.

Existen diferentes tipos de acero inoxidable los cuales han sido divididos de acuerdo a sus propiedades físicas y mecánicas en los siguientes grupo:

- Aceros inoxidables martensíticos
- Aceros inoxidables ferríticos
- Aceros inoxidables austeníticos

- Aceros inoxidables austeníticos/ferríticos (Dúplex)
- Aceros inoxidables de endurecimiento por precipitación

Para este proyecto utilizaremos un acero inoxidable austenítico 316 LOW CARBON, ya que en su estado más resistente a la corrosión (recocido por solubilización) no son magnéticos. Para una mayor resistencia puede trabajarse en frío mediante laminación, plegado, prensado, etc., lo que puede hacerlos ligeramente magnéticos. Son fácilmente soldables.

Algunos de los usos para los cuales este tipo de acero es aplicado son las cubiertas, piezas de unión, procesamiento de alimentos, industria química y farmacéutica, hospitales, usos médicos, entre otros.

Otra razón por la cual hemos decidido usar este tipo de acero inoxidable es por la dureza y resistencia a la corrosión que tiene. (Gráfica 1.0)

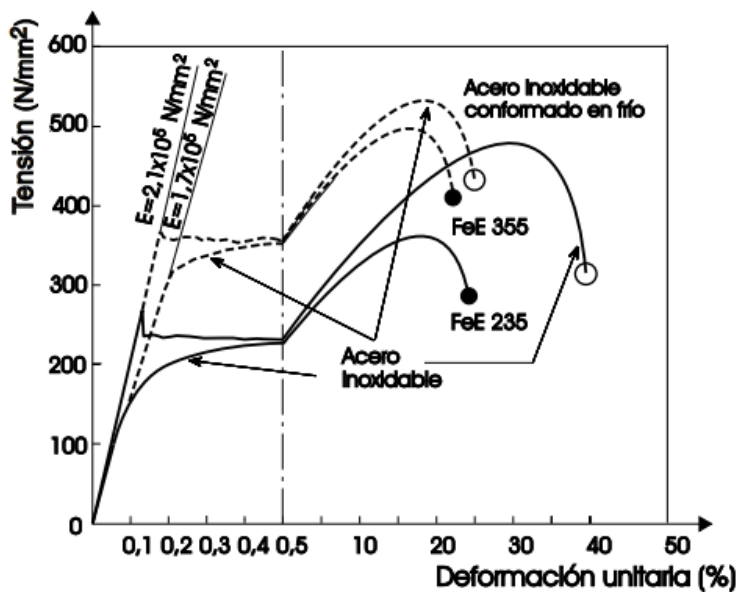


Imagen 2.3

Circuito electrónico

Microcontrolador

Como microcontrolador usaremos la tarjeta de desarrollo arduino nano la cual tiene 13 GPIOs y una comunicación por I2C, en este proyecto utilizaremos I2C para comunicarnos con la pantalla OLED.

Protocolos de comunicación

I2C es un protocolo de comunicación serial multi maestro y multi esclavo, utiliza dos pines SDA, pin por donde los datos seriales viajan y SCL, pin por donde la señal del reloj viaja, en nuestro proyecto el arduino nano será el maestro, esto quiere decir que él decidirá cuándo iniciar y acabar la comunicación con el esclavo, en este caso la pantalla OLED y tendrá que mandar la dirección del esclavo la cual es específica para la pantalla.

One Wire es un protocolo de comunicación serial que solo necesita un cable, la comunicación es a baja velocidad, es muy similar a I2C pero con menos velocidad y rango, es muy usado en

termómetros digitales, en este proyecto este protocolo de comunicación será usado para comunicar al sensor de temperatura DS18B20.

GFCI

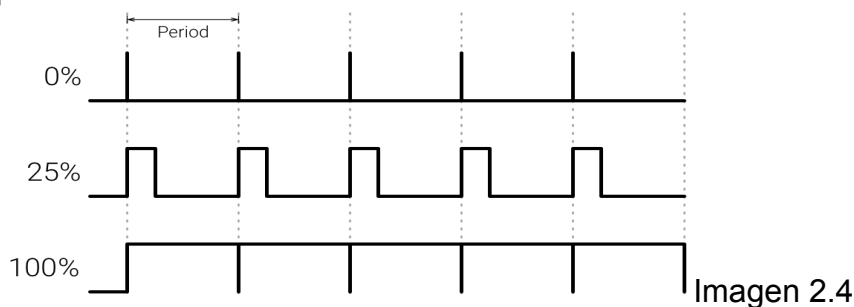
El GFCI es un circuito usado en las conexiones de electricidad en las casas, sobretodo en la parte de baños para evitar que un usuario haga corto y conduzca desde línea a tierra a través de su cuerpo lo que puede resultar en una herida fatal, el circuito logra esto sensando en todo momento cuánta corriente sale de línea y cuanta regresa a neutro, si en algún momento esta cantidad no es la misma quiere decir que hay corriente fluyendo de línea a tierra y el circuito se abre para no dejar pasar más corriente. Este elemento es una parte crucial del proyecto para asegurar la seguridad del usuario en todo momento.

Calentamiento de agua

El calentamiento del agua será llevado a cabo por una resistencia de 400W usada mucho en cafeteras y será controlada por el microcontrolador a través de un relay

Velocidad del motor

Los motores serán controlados por una señal PWM generada por el microcontrolador e inyectada en un MOSFET de potencia IRFZ44N, controlando el ciclo de trabajo inyectado en el PWM podemos controlar la velocidad del motor



6. Plan de fabricación.

Nuestro modelo se hizo en el software de SolidWorks. Por la situación actual de COVID 19, el equipo no se pudo reunir para hacer el modelo a escala real. Sin embargo, a continuación se muestra proceso de fabricación que se utilizará:

1. Tomar medidas en el consultorio de nuestra beneficiaria.
2. Realizar una investigación de la medida promedio de las extremidades del cuerpo como son los pies, brazos y manos. Para dimensionar nuestra tina de hidroterapia.
3. Crear planos con las medidas de cada pieza y representando el acomodo de cada una de ellas.
4. Diseñaremos un sistema de control intuitivo para que cualquier persona lo pueda usar, así que mandaremos los planos a una empresa industrial que maneje específicamente los materiales a utilizar y comunicarnos con ellos para verificar las dimensiones y tolerancias, para obtener un buen análisis de materiales.
5. En cuanto a la estructura en específico: en la base, tendremos en cuenta la dureza del material para que sea la adecuada y se formen las 4 paredes.

6. Investigaremos sobre el mejor material aislante de corriente eléctrica para cubrir la resistencia que regulará la temperatura del agua, para que al momento de colocar el panel táctil, les sea mejor a los usuarios entender el límite.
7. Se diseñarán unas rejillas con el propósito de cubrir las aspas, las cuales las empotramos y atornillamos o soldamos.
8. Continuaremos con el panel de control cubierto con acrílico, asegurándonos de que esté bien sellado y no se filtre el agua.
9. Por último en esta parte realizaremos pruebas de control de temperatura del agua, para verificar que nuestro sistema funcione correctamente .
10. Se realizará un análisis de las piezas ensambladas en una modelación y animación para ver que todo encaje.
11. Por último, realizaríamos chequeos constantes en el ensamblaje de las piezas en base a lo simulado: para que las cotas coincidan, que en las partes donde hay machuelos entren los tornillos, que los botones sean bien colocados y ajustados en sus ranuras, etc.

7. Lista de piezas, materiales y herramientas.

Piezas

Concepto	Nombre	Número de referencia	Cantidad	Material
Sensor de temperatura	DS18B20	U7	1	Varios.
MOSFET de potencia	IRFZ44N	Q1-4	4	Semiconductor
Diodo	1N4007	D1-5	5	Semiconductor
Relay 24v	JQC-T78-DS24V-C	RELAY 1	1	Metal, plástico
Resistencia 10k		R1-5,R7-11	10	Carbón
Resistencia 1k		R12	1	Carbón
Resistencia 4.7k		R6	1	Carbón
Transistor BJT	BC547C	Q5	1	Semiconductor
Pantalla OLED		OLED 1	1	Semiconductor, vidrio
Motor		U2-5	4	Metal
Botones		SW1-5	5	Metal, plástico

Regulador de voltaje	QS-1205 SCME-2A	U6	1	Semiconductor, metal
Microcontrolador	Arduino nano	U1	1	Semiconductor, metal
Borne		H1-3	3	plástico, metal
Resistencia calentadora		R13	1	metal
fuelle 24v 10a		U20	1	metal, semiconductor
Circuito GFCI		U8	1	metal, semiconductor
Disipador		U9-12	4	metal
Turbina				
Filtro				

Tabla 1.3

Material

Material	Cantidad
Estaño	30cm
Cable dupont	50cm

Tabla 1.4

Herramientas

Herramienta	Material
Cautín	metal, plástico, semiconductor
Desarmador	Metal
Pinzas de corte	Metal

Tabla 1.5

Material de la carcasa y de la tina

Material	Cantidad
----------	----------

Acero inoxidable 316L	1 lámina (4" X 12")
PMMA	1 lámina (1.22m X 2.44m)

Tabla 1.6

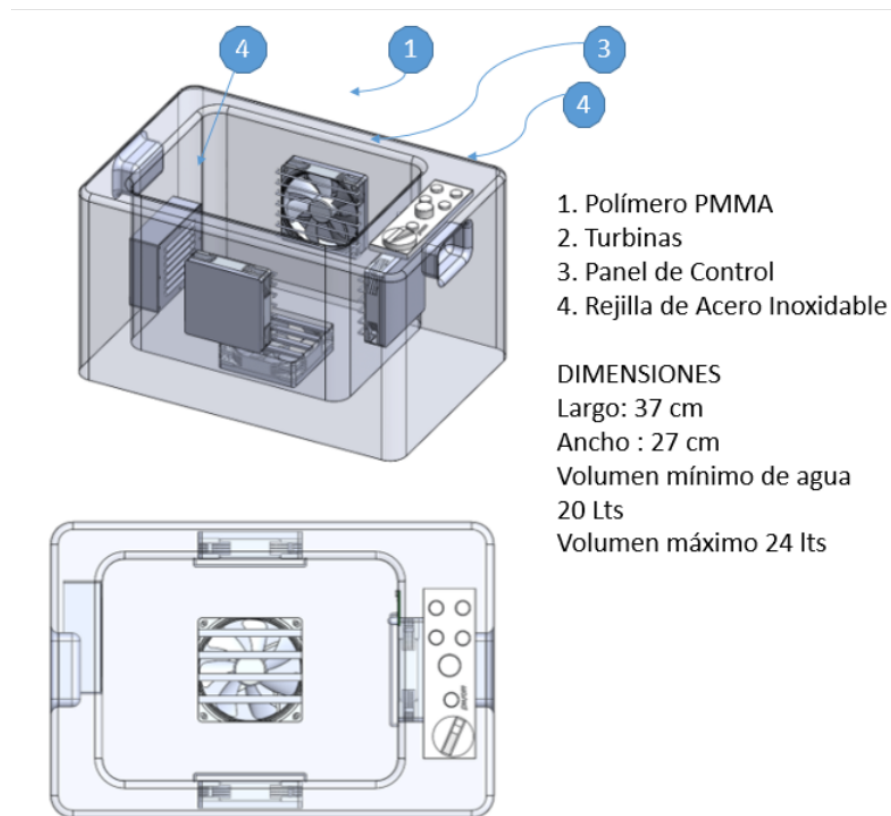


Imagen 2.5

8. Planos

En esta sección expondremos los planos de nuestra tina de hidroterapia y expondremos los planos de los componentes individuales que estará utilizando nuestro proyecto.

Como primer plano presentaremos el diseño de la turbina que estaremos usando, utilizaremos 4 turbinas en total, dos a los lados, una en el fondo de la tina y una en la parte frontal de la tina.

1. Turbina

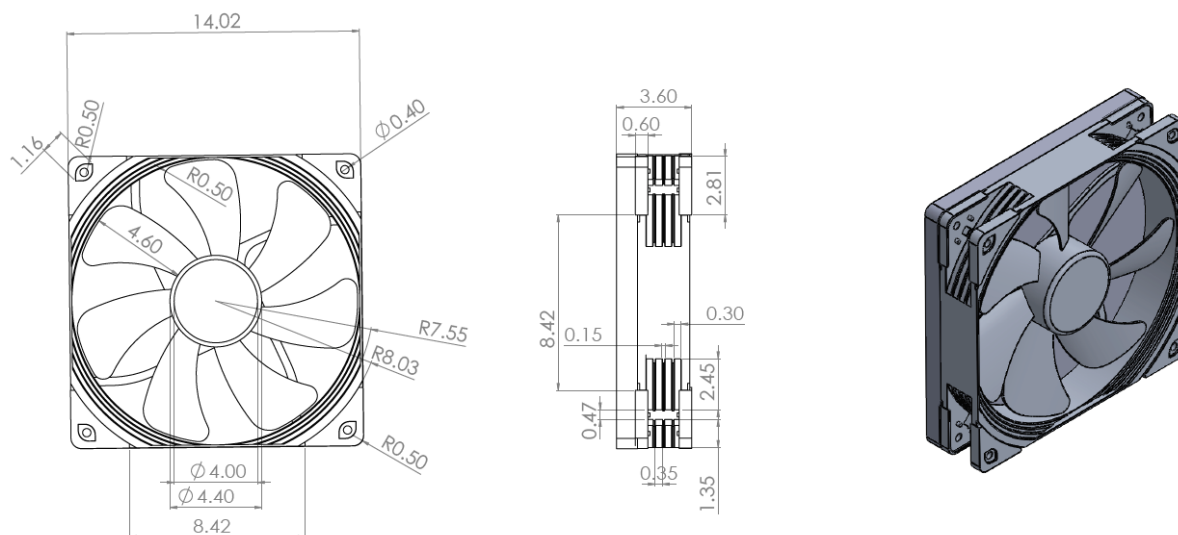


Imagen 2.6

En segundo plano presentaremos el filtro que utilizaremos para que el agua circule el agua, lo que al mismo tiempo ayudará a homogeneizar la temperatura en toda la tina.

2. Filtro

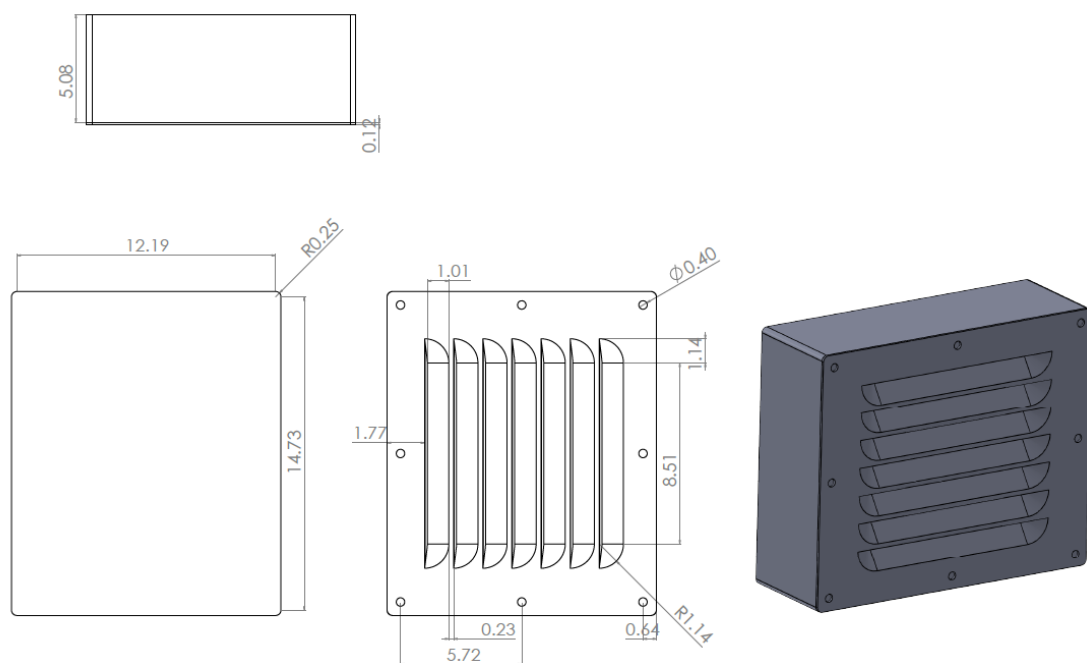


Imagen 2.7

3. Botones

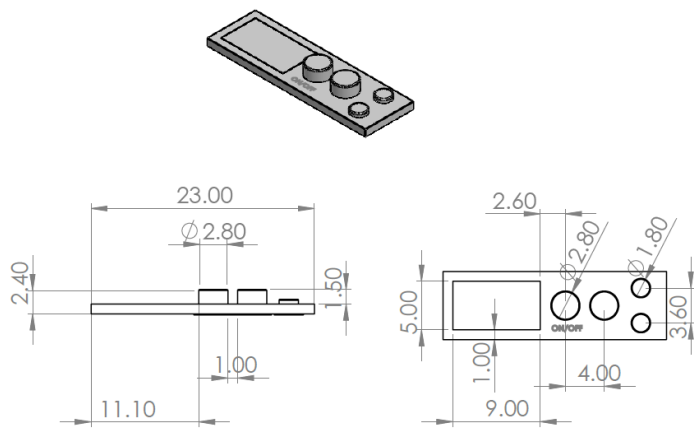


Imagen 2.8

4. Tina

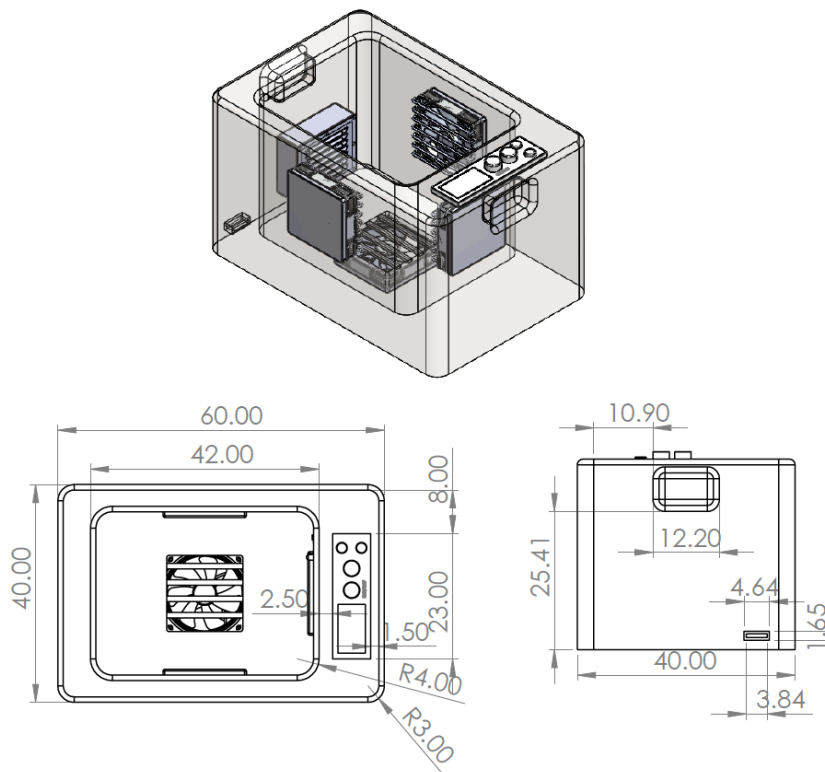


Imagen 2.9

5. Esquema de circuito eléctrico

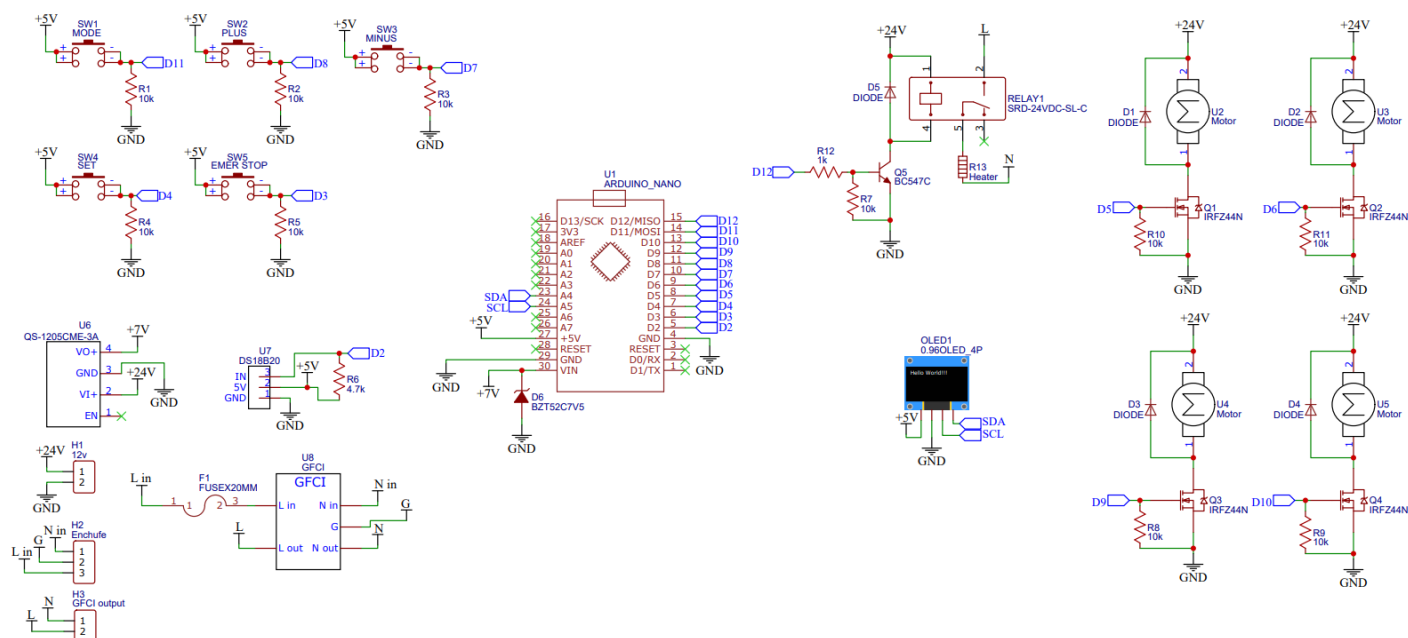
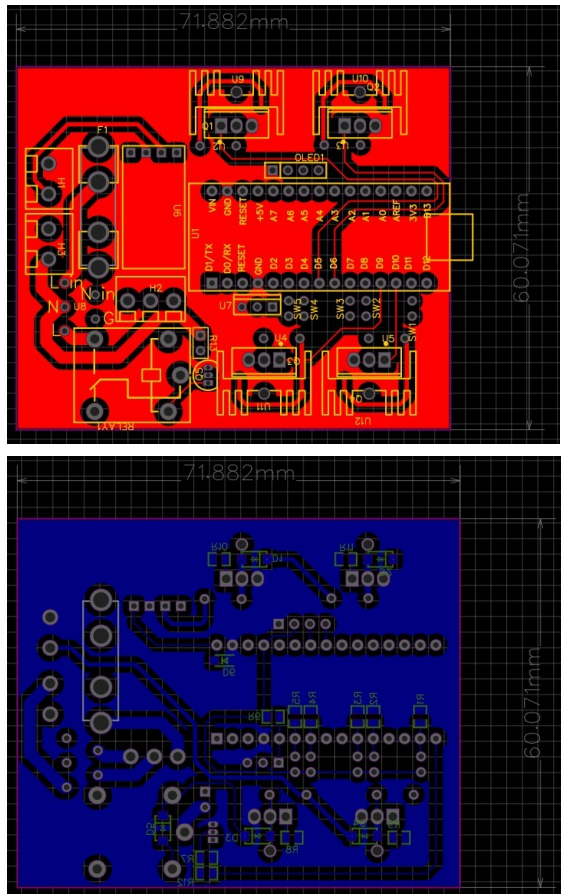
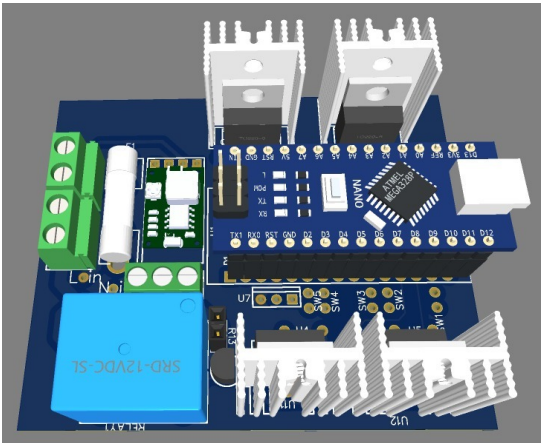
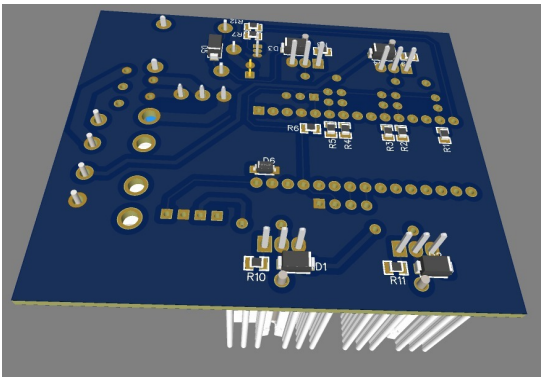


Imagen 3.0



3.1, 3.2, 3.4 y 3.5



Imágenes

9. Cálculos técnicos

- Mecánica de fluidos
 - PRESIÓN HIDROSTÁTICA EN EL FONDO

$$P = F/A$$

$$P = \rho(g)(h)$$

$$A = (0.27\text{m})(0.37\text{m}) = 0.099\text{m}^2$$

$$P = (1000\text{ Kg/m}^3)(9.81\text{ m/s}^2)(0.29\text{ m}) = 2844.9\text{ Pa}$$

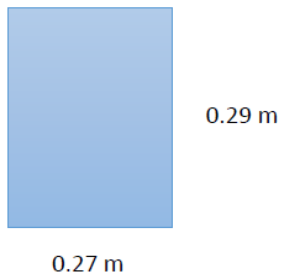
- FUERZA EN EL EFONDO DEL RECIPIENTE

$$F = P(A)$$

$$F = (2844.9\text{ Pa})(0.0999\text{m}^2)$$

$$F = 284.20551\text{ N}$$

- FUERZA LATERAL CARA 1



PRESIÓN MEDIA

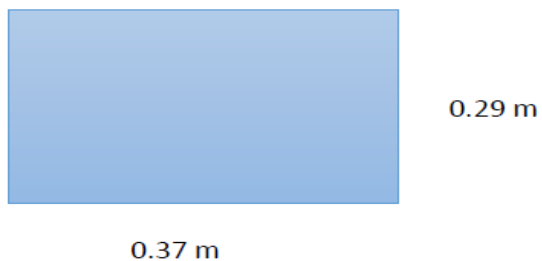
$$P_m = P/2 = 2844.9\text{ Pa}/2 = 1422.45\text{ Pa}$$

FUERZA LATERAL

$$F_L = (1422.45\text{ Pa})(0.0783\text{ m}^2) = 111.377\text{ N}$$

Imagen 3.6

- FUERZA LATERAL CARA 2



$$P_m = 1422.45\text{ Pa}$$

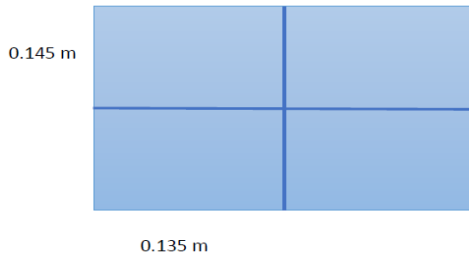
FUERZA LATERAL

$$F_L = (1422.45\text{ Pa})(0.1073\text{ m}^2)$$

$$F_L = 152.62\text{ N}$$

Imagen 3.7

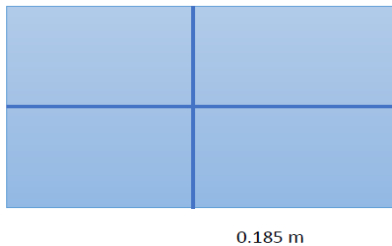
- PRESIÓN EN LAS PAREDES LATERALES (PARED 1)



$$P = (0.145 \text{ m}) (1000 \text{ Kg/m}^3) (0.27 \text{ m}) (0.29 \text{ m})$$

$$P = 11.353 \text{ KgF} / 111.33 \text{ N}$$

- PRESIÓN EN LAS PAREDES LATERALES (PARED 2)



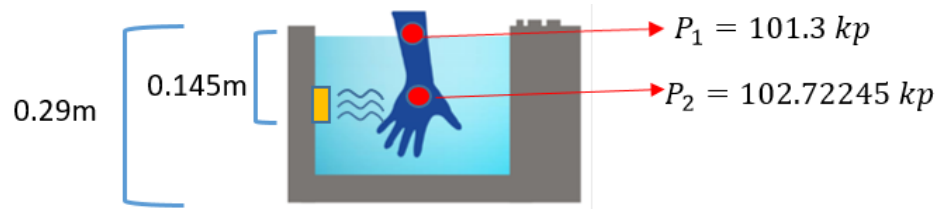
$$P = (0.145 \text{ m}) (1000 \text{ KgF/m}^3) (0.29 \text{ m})$$

$$P = 152.49 \text{ N}$$

Imagen 3.8

- CÁLCULO DE PRESIONES.

Imagen 3.9



$$P_2 = \rho gh + P_1$$

$$P_2 = \left(1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}\right) \left(9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}\right) (0.145\text{m}) + 101300\text{Pa}$$

$$P_2 = \mathbf{102722.45 \text{ Pa} = 102.72245 \text{ Kp}}$$

$$\rho_{H_2O} = 1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

$$g = 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

- CÁLCULO VELOCIDAD DEL FLUIDO.

$$\dot{m} = (\rho)(\dot{v})$$

$$\dot{m} = \left(1 \frac{\text{kg}}{\text{L}}\right) \left(0.5806 \frac{\text{L}}{\text{s}}\right) = 0.5806 \frac{\text{kg}}{\text{s}}$$

$$\dot{w} = (\text{Eficiencia}_{\text{motor}})(\dot{w}_{\text{electrica}})$$

$$\dot{w} = (0.75)(48\text{w}) = 36\text{w}$$

$$\dot{E}_c = 36 \frac{\text{J}}{\text{s}}$$

$$\dot{E}_c = \left(\frac{1}{2}\right)(\dot{m})(V^2)$$

$$1 = \left(\frac{1}{2}\right) \left(0.5806 \frac{\text{kg}}{\text{s}}\right) (V^2)$$

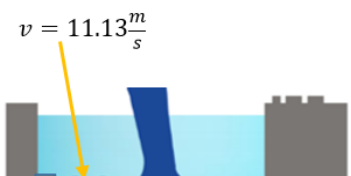


Imagen 4.0

- CÁLCULO DE LA FUERZA CON LA QUE EL FLUIDO IMPACTA AL CUERPO.

$$F = \beta \dot{m} \vec{v}_2$$

$$F = (1) \left(0.5806 \frac{kg}{s} \right) \left(11.13 \frac{m}{s} \right) \left(\frac{1N}{1kg \cdot \frac{m}{s^2}} \right)$$

$$F = \mathbf{6.4620 \text{ N}}$$

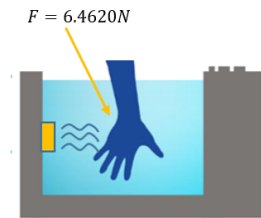


Imagen 4.1

- CÁLCULO CONSUMO ELECTRICO.

$$E_{consumida} = \frac{(Pw)(F_{carga})(h_{horas})}{(Eficiencia_{turbina})}$$

$$E_{consumida} = \frac{(4_{motores})(0.048kw)(0.5)(365 \frac{h}{año})}{0.75}$$

$$E_{consumida} = \mathbf{46.72 \frac{kw}{año}}$$

Imagen 4.2

- Análisis de elasticidad y resistencia de materiales

Propiedades de material

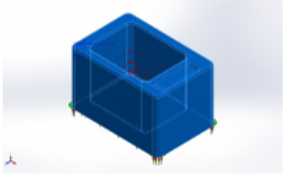
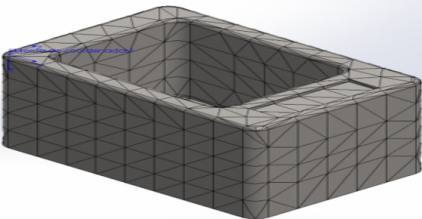
Referencia de modelo	Propiedades	Componentes
	Nombre: AISI 316L Acero inoxidable Tipo de modelo: Isotrópico elástico lineal Criterio de error predeterminado: Desconocido Límite elástico: 1.7e+08 N/m^2 Límite de tracción: 4.85e+08 N/m^2 Módulo elástico: 2e+11 N/m^2 Coefficiente de Poisson: 0.265 Densidad: 8027 kg/m^3 Módulo cortante: 8.2e+10 N/m^2 Coefficiente de dilatación térmica: 1.7e-05 /Kelvin	Sólido 1(Cortar-Extruir5)(TINA PARA ANALISIS), Sólido 2(Saliente-Extruir7)(TINA PARA ANALISIS)
Datos de curva:N/A		

Tabla 1.7

Tabla 1.8

Información de malla - Detalles

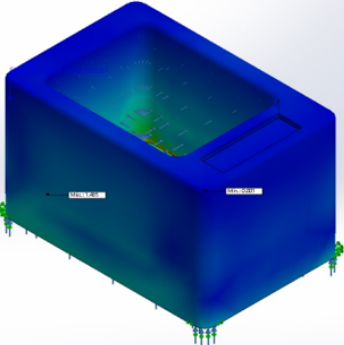
Número total de nodos	4315
Número total de elementos	2542
Cociente máximo de aspecto	17.103
% de elementos cuyo cociente de aspecto es < 3	76.9
% de elementos cuyo cociente de aspecto es > 10	0.197
% de elementos distorsionados (Jacobiana)	0
Tiempo para completar la malla (hh:mm:ss):	00:00:01



Producto SOLIDWORKS Educational. Solo para uso en la enseñanza.

Nombre	Tipo	Mín.	Máx.
Tensiones1	VON: Tensión de von Mises	0.001 N/mm^2 (MPa) Nodo: 2244	1.485 N/mm^2 (MPa) Nodo: 911

Nombre del modelo:TINA PARA ANALISIS
Nombre de estudio:Analisis estático 2(Tensiones)
Tipo de estudio:Analisis estático lineal modal (Tensiones)
Estado de deformación: 1



TINA PARA ANALISIS-Análisis estático 2-Tensiones-Tensiones1

Tabla 1.9

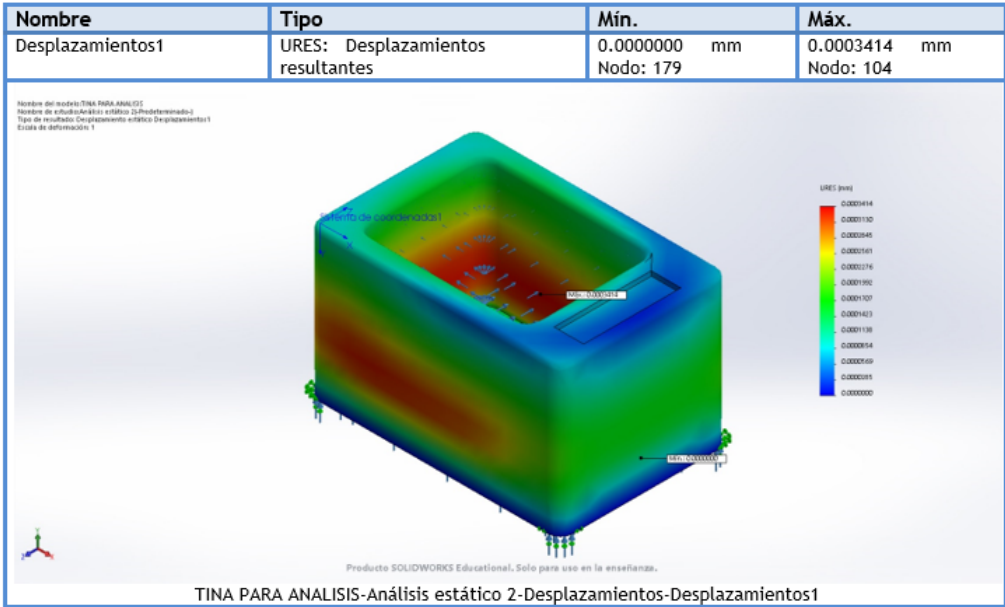


Tabla 2.0

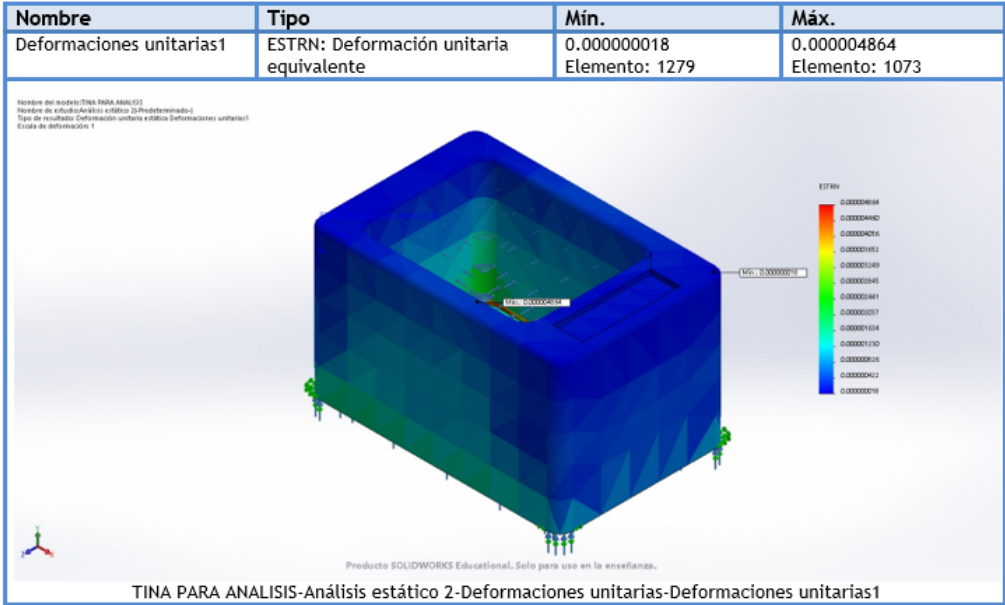


Tabla 2.1

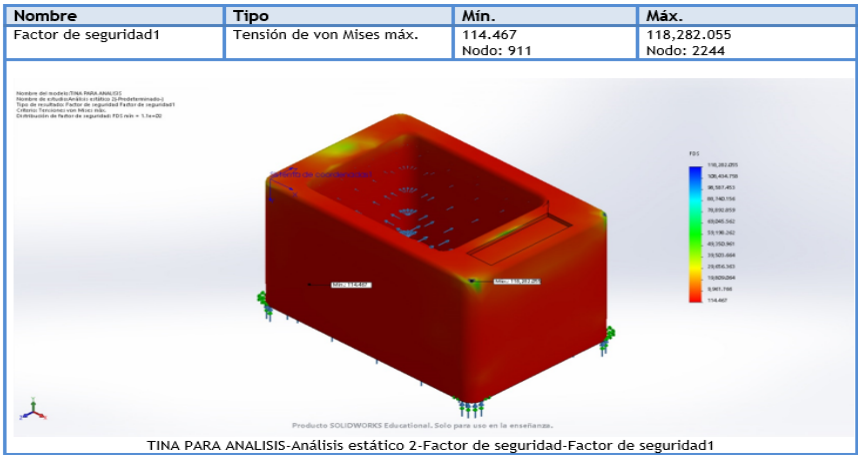


Tabla 2.2

- Tecnología en electrónica avanzada

Cálculo para disipador de transistor

Temperatura deseada: $< 75^{\circ}\text{C}$

$R_{\theta JA}(\text{Junction to ambient}) = 62^{\circ}\text{C/W}$

wattage del motor = 6W



temperatura sin disipador = 372°C

El motor necesita disipador

Calcular la resistencia del disipador necesaria para 75°C en transistor

$$R_{sa} = \frac{T_j - T_a}{P_d} - (R_{jc} + R_{cs})$$

$$R_{sa} = 4.83^{\circ}\text{C/W}$$

Imagen 4.3

Donde:

T_j = junction temperatura deseada

T_a = temperatura ambiente

P_d = potencia entregada

R_{jc} = Resistencia de junction to case

R_{cs} = resistencia de transistor a disipador

R_{sa} = resistencia de disipador a ambiente

Imagen 4.4

10.Presupuesto.

Componentes eléctricos:

Concepto	Nombre	Cantidad	Precio Unitario	Total	Imagen
Sensor de temperatura.	DS18B20	1	\$12.00	\$12.00	
MOSFET de potencia.	IRFZ44N	4	\$8.30	\$33.20	
Diodo	1N4007	5	\$0.28	\$1.40	
Relay 24v	SRD-24VDC-SL-C	1	\$8.00	\$8.00	
Resistencia de 10k		10	\$0.5	\$0.5	
Resistencia de 1k		1	\$0.5	\$0.5	
Resistencia de 4.7k		1	\$0.5	\$0.5	
Transistor BJT	BC547C	1	\$0.42	\$0.42	
Pantaja OLED	0.96	1	\$31.00	\$31.00	
Motor		4	\$55.00	\$220.00	
Botones		5	\$1.0	\$5.00	

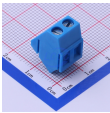
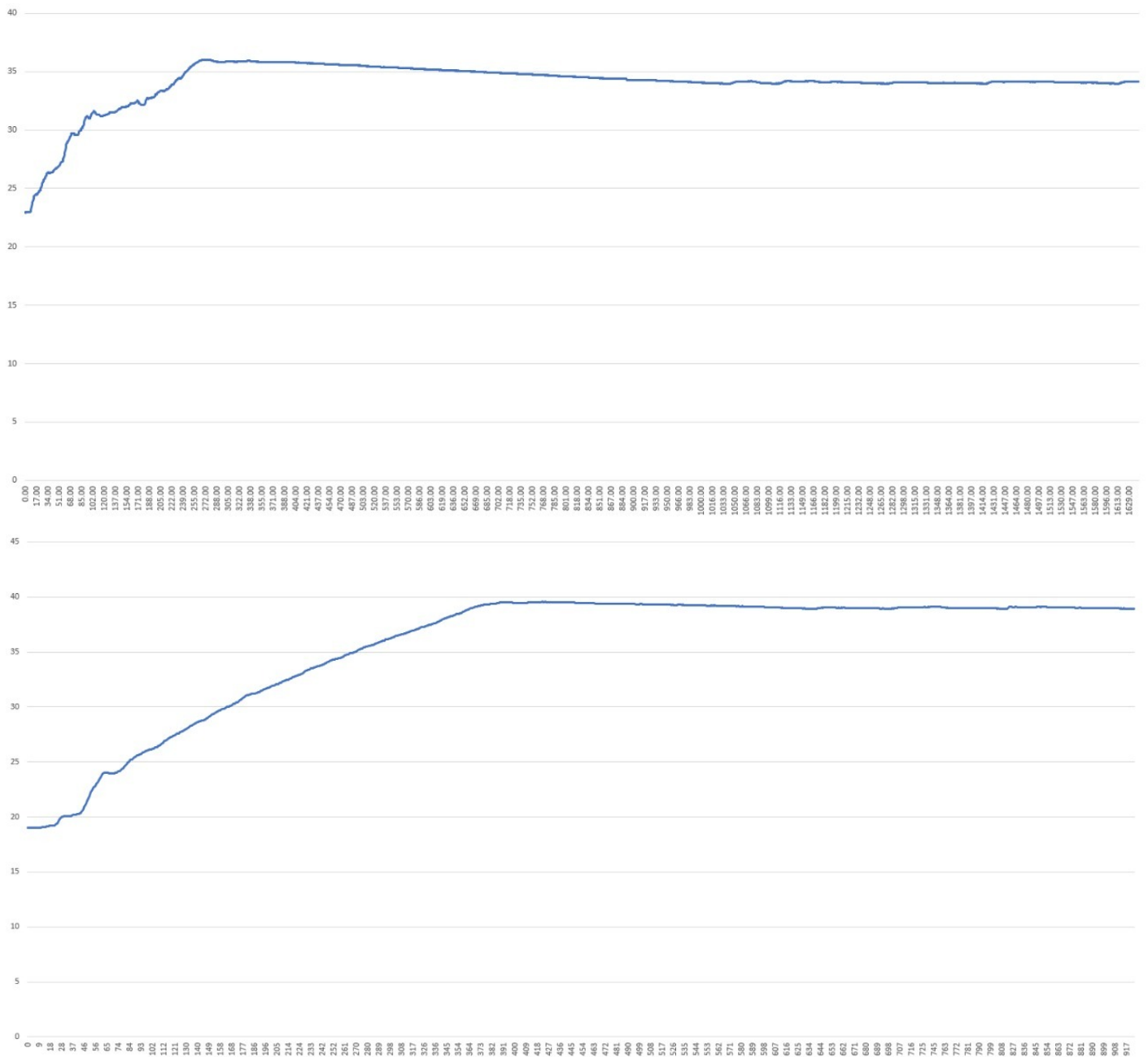
Regulador de Voltaje	QS-1205CME-3A	1	\$18.20	\$18.20	
Microcontrolador	Arduino nano	1	\$41.00	\$41.00	
Bornes Dobles		2	\$2.22	\$4.44	
Resistencia de agua	2000w	1	\$320.00	\$320.00	
Fuente 24V 10 A		1	\$393.00	\$393.00	
Circuito GFCI		1	\$103.00	\$103.00	
Lámina acero 316L	Aceroquirúrgico 316L	1	\$1,650.00	\$1,650.00	
Rollo policarbonato	Policarbonato	1	\$3,102.64	\$3,102.64	

Tabla 2.3

Total: \$5,949.3

11. Pruebas.



Imágenes 4.5 y 4.6

Las gráficas 4.5 y 4.6 son los resultados de las pruebas realizadas con la resistencia de 2000 W para calentar 14 L de agua. Se buscó una resistencia con la capacidad de calentar agua rápidamente para desperdiciar la mínima cantidad del tiempo de la sesión de hidroterapia como fuera posible. Con esta prueba de igual manera se buscó probar si la programación, el sensor de temperatura y el relay trabajarían de forma correcta. Para la prueba, seleccionamos una temperatura para el agua (34°C para tabla 4.5 y 38°C para tabla 4.6) y esperamos a que la

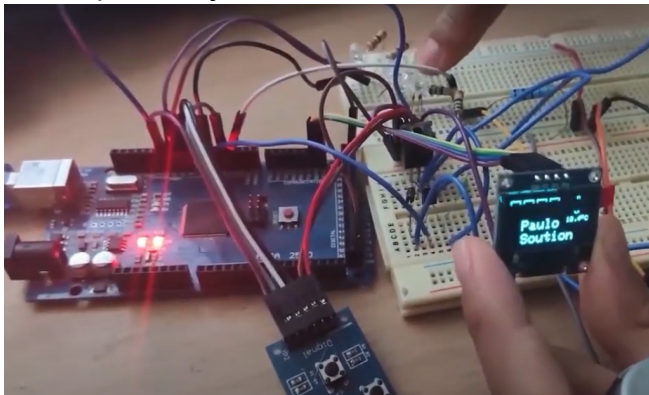
temperatura del agua disminuyera por debajo de la temperatura deseada, ésto para ver si el sensor al detectar la baja temperatura activaría el relay que volvería a encender la resistencia para calentar nuevamente el agua. Las pruebas fueron exitosas.



Imagen 4.7

Para lograr el correcto funcionamiento de la pantalla OLED y la programación detrás de ella, se realizaron numerosas pruebas para poco a poco corregir los detalles de programación. Pero al final se logró que la pantalla mostrara exitosamente un

- Menú principal: con la temperatura actual del agua, el nombre del prototipo y la situación actual de los motores (ON/OFF).
- Menú de temperatura: En donde no solo se muestra la temperatura actual si no que se puede subir de 0.5 °C en 0.5 °C hasta seleccionar la temperatura deseada.
- Menú de motores: En donde se muestra el estado actual de cada motor (ON / OFF) y se puede ajustar la velocidad de cada motor en niveles del 1 al 5.



Imágenes 4.8 y 4.9

12. Problemas encontrados y solución adoptada.

1. El primer problema fue el espacio del consultorio de nuestra beneficiaria, debido a que es muy pequeño. Sin embargo, con cálculos y medidas en el prototipo y el cómo sería puesto en el lugar, consideramos que es bastante adaptable. De la misma manera, es movable ya que no usa materiales pesados.
2. El segundo problema que se encontró al momento de empezar el proyecto fue el de definir el modelo exacto para el mismo; era muy complicado innovar en el diseño ya que el propósito es que el usuario entre de cuerpo completo a pesar de que la prioridad sean solo las extremidades. La solución fue que, a pesar de que la estructura es rectangular, lo de adentro es lo que más cuenta: turbinas con rejillas para proteger al usuario, los filtros y el panel de control.

3. El tercer problema fue identificar al 100% los materiales que llevaría el prototipo a escala real, ya que teníamos que asegurarnos que fueran seguros y que resistieran bien los cambios de temperatura del agua. La solución fue hacer una investigación junto con nuestros profesores del tipo de acero a utilizar, dándole prioridad al mismo y evaluando sus características.
4. El último problema sería el económico, ya que descubrimos que nuestra beneficiaria paga 12 mil pesos de renta, y otros 4 mil pesos de servicios básicos, que son luz, el agua, y el internet; esto le deja 16 mil pesos de Renta Mensual. Sin embargo, haciendo cuentas de todos los materiales electrónicos y de base, pudimos reducir el costo de nuestro proyecto a \$3, 138. 19 (tres mil ciento treinta y ocho pesos con diecinueve centavos), siendo que las tinas hidroterapéuticas más básicas abarcan un costo de \$37,000 (treinta y siete mil pesos).
5. A la hora de hacer pruebas, tuvimos problemas con la primera resistencia usada, ya que al ser de baja potencia (400 W) tardó demasiado en calentar la cantidad de agua mínima de 14 L. Con esta resistencia se logró un aumento de temperatura de 19°C a 50°C en un tiempo de 1 hora 20 minutos. Esta resistencia demostró ser ineficiente ya que el tiempo de una terapia es de 1 hora. Como solución, se adquirió una resistencia de 2000 W capaz de elevar 14 litros de agua 1°C cada 30 segundos.

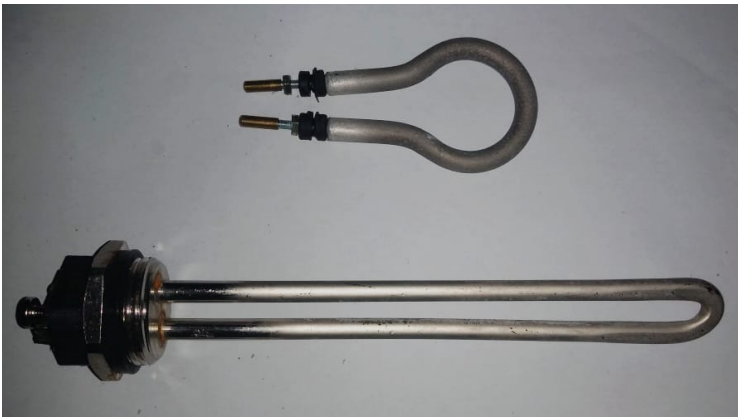


Imagen 5.0

13. Resultados y conclusiones

Algunos aspectos que consideramos relevantes a lo largo de este semestre fueron los siguientes:

- Metodología: debido a las situaciones actuales en las que nos encontramos, tuvimos que trabajar de una forma completamente diferente a como lo habíamos manejado en el pasado; aplicando metodologías como el doble diamante para la ideación y validación de nuestro proyecto. Fue de suma importancia ya que nos permitió hacer un buen análisis de la problemática de forma remota.
- Sistemas electrónicos y programación : debido a que nuestro proyecto cuenta con muchos componentes eléctricos y diversas funciones que requieren de una programación previa, los conocimientos en estas dos áreas fue muy importante, desde elegir qué componentes utilizaríamos hasta qué diseño se utilizaría en la programación de los dispositivos. Podemos concluir que hubo mucho aprendizaje por parte de estas dos materias que se presentaron con grandes retos y que con las mentorías de los profesores y mucha investigación pudieron lograrse de la mejor manera posible.

- Cálculos y análisis: Si bien cada semestre nos enfrentamos a materias diferentes con complejidades diversas, este semestre quisimos ir más lejos y aplicar dichos conocimientos a cálculos más complejos, lo cual puso a prueba nuestra capacidad de ser autodidactas y ser capaces de realizar las operaciones matemáticas que se requerían. Esto nos ayudó a superarnos, ya que muchos de los cálculos de mecánica de fluidos y análisis de materiales fueron cosas que no vimos directamente en clase, sin embargo sabíamos que seríamos capaces de hacerlos y presentar un trabajo de mayor calidad y a la altura de este semestre.
- Coordinación, administración del tiempo y organización: Debido a que este semestre no solo fue diferente por no ser presencial y por la situación de la cuarentena, sino que también empezamos a realizar nuestras prácticas profesionales los integrantes del equipo, fue bastante difícil en ciertas ocasiones podernos conectar y coordinar todo para que las entregas no fueran tardías. Sin embargo, esto nos enseñó que debemos ser muy estrictos con el tiempo que dedicamos y la cantidad de trabajo que nos adjudicamos, para no sentir una sobrecarga de estrés y presión.

Sin lugar a duda podemos decir que este semestre nos dejó muchos aprendizajes y nos ayudó a desarrollar habilidades que no habíamos tenido la oportunidad de incrementar, como la comunicación efectiva, ya que al estar trabajando de forma remota esta tuvo que ser mucho más clara y teníamos que transmitir información compleja o ideas abstractas de formas que en el pasado no habiéramos pensado.

La parte de ser autodidactas previamente mencionada fue sumamente importante ya que debido a la situación de salud que se vive actualmente no podíamos recurrir a nuestros profesores con la frecuencia que nos hubiera gustado, así que tuvimos que buscar diferentes formas de adquirir los conocimientos que necesitábamos y salir adelante con el proyecto.

14. Valoración del proyecto

1. Lo que más me gustó de este proyecto fue que podemos ayudar a otras personas a través de la fisioterapia con nuestro producto en el sentido de que no solo es por si tienen problemas físicos o son de la tercera edad, sino que también ayuda a aliviar el estrés y tensión. Considero que este último año sobre todo ha tenido mucha carga de esas dos cosas. De la misma manera, me agradó el que creáramos el prototipo digital lo más específico posible y que así podamos explicarle al usuario de qué se trata. Lo único que no me gustó fue la carga de trabajo que le pusimos más a unos compañeros que a otros, por la misma situación de todos trabajar, aunque al final se pudo solucionar. (Itzel Belén Mondragón Martínez)

Nuestro proyecto es diferente a otros productos porque se concentra más en extremidades del cuerpo, es adaptable, movable, cómodo, ergonómico y económico. Los materiales de los que está hecho son bastante resistentes, amigables con el usuario y manejables.

2. Este proyecto fue de gran interés, ya que a lo largo del desarrollo de este, se fue adquiriendo nuevos conocimientos en el área de salud con enfoque terapéutico y también aplicamos lo aprendido a lo largo del semestre. Fue muy interesante aprender las

resistencias y velocidades que tiene que tener el flujo del agua para que se lleve a cabo exitosamente una terapia, al investigar sobre las tinas terapéuticas que existen actualmente en el mercado, nos pudimos percatar que existen varios ajustes que se les pueden aplicar para disminuir su precio y aumentar su eficiencia, de esta manera puede ser más accesible para el público en general, nuestra prioridad fue que nuestra máquina fuera lo más sencilla posible para que cualquier persona sin importar la edad pudiera usarla y transportarla con gran facilidad sin olvidarnos que el precio de nuestra tina terapéutica fuera más accesible que el de la competencia. En cuanto a lo aprendido a lo largo del semestre, muestras materias fueron clave para llevar a cabo nuestro proyecto “Paulo Solution” ya que aplicamos lo aprendido en cada una de ellas por ejemplo: para obtener los análisis del material con el que va estar hecha nuestra tina terapéutica, el manejo del control de temperaturas, el diseño o simulación de nuestra máquina de forma virtual, la programación y el diseño electrónico, también nos ayudaron para determinar ciertos cálculos que nos permitieron tomar decisiones sobre materiales y componentes electrónicos más adecuados para usar en nuestro proyecto. Por lo cual me gusto ya que pusimos en práctica lo aprendido en clase. Lo que menos me gustó de este proyecto fue que aún hay algunas cosas que desconocemos para poder llevar a cabo un mejor análisis de nuestro proyecto, lo cual se nos complicó por que al no contar con las herramientas necesarias o tener contacto directo con nuestro beneficiario o profesores es más complicado expresarse correctamente para la aclaración de dudas. (Jorge Alberto Pérez Salinas)

3. El proyecto realizado, ha sido uno de los más significativos que he realizado en la universidad, el enfoque encontrado después de la investigación, fue bastante interesante ya que no tenía conocimiento, me enseñó la manera de aliviar extremidades mediante esta técnica. Fue un reto desarrollar el proyecto sin conocer físicamente al beneficiario, sin trabajar físicamente en el prototipo, una limitante que pudimos sobrellevar, y terminar el proyecto, listo para que cuando llegue a ser el momento, pueda llevarse a cabo físicamente. Las clases que tuvimos todos, fueron de mucha ayuda para poder realizar todo, pruebas, medidas, normativas, y todo para que el proyecto saliera en orden, las simulaciones y pruebas virtuales salieron con éxito. (Pablo De La Cruz Mera)
4. Este proyecto me ayudó a darme cuenta de la amplitud de áreas en donde un proyecto de innovación puede ser atractivo y necesario. Hablando de trabajo en equipo, este proyecto representó un nuevo reto; ya que al no poder convivir físicamente con el equipo ni el beneficiario (más el hecho de que este semestre fue nuestro primer semestre trabajando), nos obligó a adoptar una nueva forma de trabajo y a su vez una forma de pensar más responsable. Técnicamente aprendí mucho de programación y de electrónica, ya que los componentes para hacer las pruebas físicas tuvieron que ser ordenados en su totalidad por internet y para saber cuáles eran los correctos tuve que aprender a conocer los componentes en su totalidad. (Montserrat Morales Parra)
5. Este proyecto fue uno de mis favoritos ya que si bien atendemos una necesidad específica nos permitió tener un poco más de libertad a la hora de hacer el diseño y elegir componentes y materiales, el área en la cual desarrollamos este proyecto fue un área totalmente nueva para mi, lo considero como un gran reto ya que al hacer productos para la salud se deben de cumplir muchos criterios, cosa que fue bastante buena ya que nos ayudó a salir de nuestra área de confort y buscar diferentes alternativas a lo que estábamos buscando, considero que nos dejó muchos aprendizajes tanto a nivel técnico como a nivel personal ya que hubo mucho trato con el usuario, uno muy diferente que el que

normalmente tenemos y pienso que es algo que nos ayudará a ser mejores ingenieros y diseñadores en el futuro (Aurora Farías Sosa).

15. Anexos

Cronograma anexado en el entregable 7 con el formato indicado

Bibliografías y referencias:

¿Qué es la Hidroterapia y qué nos puede aportar?. (2020). Retrieved 10 September 2020, from <https://www.fisioterapia-online.com/articulos/que-es-la-hidroterapia-y-que-nos-puede-aportar>

¿Qué hace un Fisioterapeuta?. Retrieved 10 September 2020, from <https://neuvoo.es/neuvooPedia/es/fisioterapeuta/>

(2020). Retrieved 10 September 2020, from <https://www.whitehallmfg.com/uploads/fileLibrary/WH-RehabCatalog-SpanishVersion.pdf>

COMPLETO, T. (2020). TINA DE HIDROTERAPIA DE CUERPO COMPLETO – Grupo Arencibia. Retrieved 10 September 2020, from <http://grupoarencibia.com/producto/tina-de-hidroterapia-de-cuerpo-completo/>

GVM, T. (2020). TINA HUBBARD GVM. Retrieved 10 September 2020, from <https://grupovaell.com/products/tina-hubbard>

Hidroterapia. (2020). Retrieved 10 September 2020, from <https://interferenciales.com.mx/collections/hidroterapia-1>

piel, B., & belleza, D. Hidroterapia | CuidatePlus. Retrieved 10 September 2020, from <https://cuidateplus.marca.com/belleza-y-piel/diccionario/hidroterapia.html#:~:text=La%20hidroterapia%20es%20el%20uso,Balnearios>

Tomo 22 Acero inoxidable (2020) Retrived 14 November 2020, from: http://www.webaero.net/ingenieria/estructuras/metallica/bibliografia_documentacion/itea/TOMO22.pdf

- Sonda de temperatura DS18B20 de acero inoxidable, resistente al agua, sensor de temperatura 18B20 para arduino (2020) Retrieved 15 November 2020, from: https://es.aliexpress.com/item/4000895660165.html?spm=a2g0o.productlist.0.0.5e843a11C1Cb9v&algo_pvid=f8effe28-fbb9-4928-86ee-cbcfa5f24397&algo_expId=f8effe28-fbb9-4928-86ee-cbcfa5f24397-4&btsid=0bb0622f16055547662552090e0118&ws_ab_test=searchweb0_0,searchweb201602_,searchweb201603_

- VBsemi Elec IRFZ44NPBF (2020) Retrieved 14 November 2020, from: https://lcsc.com/product-detail/MOSFET_VBsemi-Elec-IRFZ44NPBF_C725092.html
- SUNMATE Elec 1N4007 (2020) Retrieved 14 November 2020, from:
 - https://lcsc.com/product-detail/Diodes-General-Purpose_SUNMATE-Elec-1N4007_C424499.html
 - Ningbo Songle Relay SRD-24VDC-SL-C (2020) Retrieved 14 November 2020, from:
 - https://lcsc.com/product-detail/Relays_Ningbo-Songle-Relay-SRD-24VDC-SL-C_C15840.html
- CCO(Chian Chia Elec) CF1/6W-10K Ω $\pm$ 5% T52 (2020) Retrieved 14 November 2020, from: https://lcsc.com/product-detail/Carbon-Film-Resistors_CCO-Chian-Chia-Elec-CF1-6W-10KR-5-T52_C119894.html
- LGE BC547C (2020) Retrieved 14 November 2020, from:
 - https://lcsc.com/product-detail/Transistors-NPN-PNP_LGE-BC547C_C713614.html
 - Módulo de pantalla OLED IIC para Arduino, pantalla de 0,91 pulgadas, 0,96 pulgadas, blanco/amarillo, azul, 12864, I2C SSD1306 monitor de pantalla LCD (2020) Retrieved 14 November 2020, from: https://es.aliexpress.com/item/4001066065622.html?spm=a2g0o.productlist.0.0.45417af1Rblm4S&algo_pvid=291e78c5-1877-4038-aa9f-ef110fae9ea6&algo_expid=291e78c5-1877-4038-aa9f-ef110fae9ea6-1&btsid=0bb0624116055542897736387e533f&

[ws_ab_test=searchweb0_0.searchweb201602_.searchweb201603_](#)

- 1 Uds 360-3045 DC 6-12V

18000RPM-32300RPM Motor de velocidad alta alto par Mini Micro DC Motor para DIY juguetes Hobbies modelo coche/barco (2020) Retrieved 14 November 2020, from:

- https://es.aliexpress.com/item/1005001637591817.html?spm=a2g0o.productlist.0.0.78544ffdwkM5NW&algo_pvid=65869669-21f2-4b8e-97d4-e36f203b98e5&algo_expid=65869669-21f2-4b8e-97d4-e36f203b98e5-36&btsid=0bb0623b16055541573765154eb5c0&ws_ab_test=searchweb0_0.searchweb201602_.searchweb201603_

● 50 Piezas Push Button 2 Pines 6x6x5mm (2020) Retrieved 14 November 2020, from:

- https://articulo.mercadolibre.com.mx/MLM-795606399-50-piezas-push-button-2-pines-6x6x5mm-_JM

● QS-1205CME-3A-MINI módulo reductor de DC-DC de tamaño pequeño, 12V24V a 5V3A, alta eficiencia, 97% conversión (2020) Retrieved 14 November 2020, from:

<https://es.aliexpress.com/item/32931085252.html>

● Placa Compatible con arduino Nano 3,0 Atmega328, módulo WAVGAT, placa de desarrollo PCB sin USB V3.0, promoción de 1 Uds (2020) Retrieved 14 November 2020, from:

- <https://www.aliexpress.com/item/400058726>

[8145.html?spm=a2g0o.productlist.0.0.6eb21a30vpqF4P&algo_pvid=7b12f223-8af1-4dff-9148-73410dfaeb98&algo_expid=7b12f223-8af1-4dff-9148-73410dfaeb98-10&btsid=0bb0624116055536637082055e5330&ws_ab_test=searchweb0_0,searchweb201602_,searchweb201603_](https://www.alibaba.com/productlist/0.0.6eb21a30vpqF4P&algo_pvid=7b12f223-8af1-4dff-9148-73410dfaeb98&algo_expid=7b12f223-8af1-4dff-9148-73410dfaeb98-10&btsid=0bb0624116055536637082055e5330&ws_ab_test=searchweb0_0,searchweb201602_,searchweb201603_)

- DIBO DB103-5.0-2P-BU-S (2020) Retrieved 14 November 2020, from:

- https://lcsc.com/product-detail/Barrier-Terminal-Blocks_DIBO-DB103-5-0-2P-BU-S_C430581.html

- Resistencia Para Boiler Electrico 2000w 120v (2020) Retrieved 14 November 2020, from:

- https://articulo.mercadolibre.com.mx/MLM-756779062-resistencia-para-boiler-electrico-2000w-120v-universal-_JM?matt_tool=77743945&matt_word=&matt_source=google&matt_campaign_id=11207182925&matt_ad_group_id=113868664230&matt_match_type=&matt_network=g&matt_device=c&matt_creative=468200769265&matt_keyword=&matt_ad_position=&matt_ad_type=pla&matt_merchant_id=136713291&matt_product_id=MLM756779062&matt_product_partition_id=316048827963&matt_target_id=aud-726643861883:pla-316048827963&gclid=Cj0KCQiAkuP9BRCKARIsAKGLE8XBD7o_bfrKadOm6PP7ER9LafsAaxR3LYnzdpy7_W_C459rDpZxSDIaAtaWEALw_wcB

- Fuente de alimentación conmutada, equipamiento eléctrico de 220V a 5V, 12V y 24V de CA-CC, 5V, 12V, 24V, 36V, 48V, 1A, 2A, 3A, 5A, 10A, 220V a 5, 12 y 24 V (2020) Retrieved 14 November 2020. from:

- <https://www.aliexpress.com/item/400001628>

9453.html?spm=a2g0o.productlist.0.0.25aa5a63saRT3T&algo_pvid=98ddde17-52e7-4533-9715-810981786466&algo_expid=98ddde17-52e7-4533-9715-810981786466-1&btsid=0b0a556f16055438179002398e9556&ws_ab_test=searchweb0_0,searchweb201602_,searchweb201603_