UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA MARÍA
INGENIERÍA EN DISEÑO DE PRODUCTOS
VALPARAÍSO – CHILE

"SISTEMA MODULAR PARA CREAR PROTOTIPOS CONSTRUCTIVOS DE MANERA FACIL Y RAPIDA: CASO DE ESTUDIO EN MEDICIONES INTELIGENTES"

VICTOR JAVIER URRUTIA MEZA

TRABAJO DE TÍTULO PARA OPTAR AL TÍTULO DE INGENIERO EN DISEÑO DE PRODUCTOS

CHRISTOPHER NIKULIN

SEPTIEMBRE – 2017

RESUMEN

Este escrito se trata sobre el desarrollo de una propuesta de solución en el marco del plan de memorias multidisciplinarias, de la Universidad Técnica Federico Santa María, casa central. Se tiene como objetivo desarrollar un prototipo modular de innovación abierta para la investigación de la medición inteligente de electricidad dentro del ámbito universitario. Se utilizaron distintos métodos para poder determinar el contexto de trabajo, generación de requerimientos, validación de información y evaluación de resultados, tales como StoryBboard, TRIZ, Hubka, Becattini y Kano.

Todo esto permite generar una solución que involucre la mayor cantidad de información analizada, y poder desarrollar un prototipo que abarque mayor cantidad de variables que brinda el tema en cuestión.

Palabras claves: memorias multidisciplinarias, modular, modelos de investigación.

ABSTRACT

This paper deals with the development of a proposal for a solution within the framework of the multidisciplinary memory plan, of the Technical University Federico Santa Maria, central house. The objective is to develop a modular prototype of open innovation for the investigation of the intelligent measurement of electricity within the university scope. Different methods were used to determine the working context, requirements generation, information validation and evaluation of results, such as StoryBboard, TRIZ, Hubka, Becattini and Kano. All this allows to generate a solution that involves the greater amount of information analyzed, and to be able to develop a prototype that includes more variables than the subject in question.

Keywords: Multidisciplinary Memories, modular, research models.

ÍNDICE DE CONTENIDO

Contenido

RESUMEN 2
ABSTRACT 3
ÍNDICE DE CONTENIDO.....4
ÍNDICE DE FIGURAS 5
ÍNDICE TABLAS 7
INTRODUCCIÓN 8
OBJETIVOS 11
Objetivo general 11
Objetivos específicos.....11
ESTADO DEL ARTE 12
Story Board 12
TRIZ 14
Hubka.....14
Becattini.....17
Kano 19
METOLODOGÍA.....20
Primera Etapa: Definición de la problemática, producto y contexto de trabajo. 21
Story Board.....21
TRIZ 22
Segunda Etapa: Definición de las ubicaciones de los elementos dentro del sistema 23
Hubka.....23
Tercera Etapa: Desarrollo de modelo de requerimientos.....24
Becattini.....24
Cuarta Etapa: Evaluación del diseño y sus requerimientos.....25
Kano.....25
Caso de estudio 26
Estado del arte del contexto del desafío 26
Story Board 27
TRIZ 39
Hubka.....42
Becattini 47
Prototipo.....55
Formas y funcionamiento 55
Representación gráfica.....56
Desarrollo de uniones.....59
Kano.....69
CONCLUSIONES DE LA METODOLOGÍA.....79
CONCLUSIONES DEL PROTOTIPO.....81
BIBLIOGRAFÍA 82

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 - Modelo Becattini.....18
Figura 2 - Metodología utilizada en esta memoria. 20
Figura 3 - Fases del story board.....22
Figura 4 - Etapa uno story board: Adición de dispositivo a medidor actual para que realice medición inteligente.....28
Figura 5 - Etapa dos story board: Reemplazar los medidores actuales por un medidor inteligente. 28
Figura 6 - Medidor CENTRON C1SR. 30
Figura 7 - Etapa tres story board: Instalación de medidores en los hogares. 31
Figura 8 - Etapa cuatro story board: El registro de consumo del medidor aumenta a medida de que se utilizan los electrodomésticos presentes en el hogar. 31
Figura 9 - Etapa cinco story board: El registro de consumo del medidor disminuye a medida que se generen excedentes de la energía generada en el hogar. 32
Figura 10 - Etapa seis story board: Problemas en la recolección de datos de consumo eléctrico. 33
Figura 11 - Etapa siete story board: Sistema completo para efectuar medición inteligente. ..33
Figura 12 - Sistema de recepción RTL-SDR. ..35
Figura 13 - Sistema de recepción RTL-SDR junto con sistema Raspberry PI modelo B.....36
Figura 14 - Epata ocho story board: La medición inteligente permite un análisis de los datos en tiempo real.....36
Figura 15 - etapa nueve story board: La posibilidad de un mayor control de los datos traerá beneficios a todos los actores involucrados. 36
Figura 16 - Etapa diez story board: Conocer la situación actual de los usuarios de sistemas de medición inteligente en el país. 37
Figura 17 - Desarrollo mapa soluciones y problemas metodología TRIZ. 40
Figura 18 - Configuraciones concentrador para aplicación de modelo Hubka. 42
Figura 19 - Configuración escogida para el concentrador. 44
Figura 20 - Configuraciones prototipo para aplicación modelo Hubka. 45
Figura 21 - Aplicación modelo Becattini. 47
Figura 22 - Modelo concentrador. 56
Figura 23 - Sección medidor. 56
Figura 24 - Sección concentrador. 57
Figura 25 - Sección Panel Solar.....57
Figura 26 - Conjunto completo. 58
Figura 27 - Uniones laterales. 59
Figura 28 - Unión codo.....60
Figura 29 - Unión placa panel solar.....61
Figura 30 - Unión codo tri direccional.....61
Figura 31 - Evolución piezas laterales.....62
Figura 32 - Evolución pieza codo. 63
Figura 33 - Piezas utilizadas en el prototipo....65
Figura 34 - Piezas con filamento horizontal frente al esfuerzo mecánico 67
Figura 35 - Piezas con filamento perpendicular al esfuerzo.....68
Figura 36 - Pieza con inclinación 45 grados....68
Figura 37- Patrón relleno piezas 3d 69

Figura 38 - Evaluación modelo Kano. 78

ÍNDICE TABLAS

Tabla 1 - Calificación modelo Kano. 25
Tabla 2 - Aplicación modelo Hukba en diseño de concentrador. 43
Tabla 3 - Aplicación modelo Hubka en diseño de prototipo. 46
Tabla 4 - Tiempo y material utilizado en piezas 3D.....66
Tabla 5 - Tiempo corte láser.....66
Tabla 6- Porcentaje de relleno piezas 3D.....69
Tabla 7- Desarrollo modelo Kano.....70

INTRODUCCIÓN

La población mundial actual es de aproximadamente 6.000 millones de personas y las estimaciones más recientes de la Naciones Unidas indican que para el año 2025 será de 8.500 millones. Si se analiza desde una perspectiva histórica su ritmo de crecimiento, se observa que después de la Segunda Guerra Mundial se produce una explosión demográfica sin precedentes, producto de un aumento de la tasa de crecimiento. Una forma de percibir este efecto es observar cómo ha ido disminuyendo el tiempo transcurrido para que la población mundial se duplique (Melendi, 2016)

Esto ha generado un inevitable aumento de la densidad poblacional en las ciudades, lo cual genera presiones en los diferentes sistemas urbanos, como el transporte, la salud y suministros básicos, tales como agua, gas y en especial el suministro de energía eléctrica.

En particular, la demanda por energía eléctrica se deriva de la demanda por equipos y artefactos eléctricos. Estos equipos suelen ser durables, y su consumo de energía es esencialmente fijo y determinado por su diseño técnico. El consumo varía con la utilización y el stock de equipos existentes, y las características tecnológicas del mismo (Mercados Energéticos Consultores, 2014).

Lógicamente un aumento en la demanda del consumo de energía eléctrica, tiene por consiguiente una mayor y mejor

capacidad de medición del consumo eléctrico, de esta forma poder cuantificarlo de manera correcta y poder proceder a un cobro eficiente y eficaz.

Actualmente la medición del consumo eléctrico se realiza a través de medidores análogos, los cuales registran el consumo eléctrico del mismo modo de que el odómetro de un automóvil registra su kilometraje. Para que luego un empleado de la empresa distribuidora de energía pase por cada casa obteniendo los datos de manera manual. Este método de medición es el más común, a pesar del auge del desarrollo tecnológico mundial. Vale decir que en Chile los sistemas de medición de servicios básicos utilizan tecnologías que datan de cien años (Güngör et al., 2011)

Ante este escenario que muestra un entorno urbano con una demanda creciente de eficiencia, desarrollo sostenible, calidad de vida y sabia gestión de los recursos, las administraciones públicas han de plantearse una evolución en los modelos de gestión de las ciudades. Para ello, la aplicación de las tecnologías de la información y las telecomunicaciones (TIC) se hace imprescindible y se traduce en el concepto de Smart City, que adelanta con sus servicios, la que ha dado en denominarse internet de las cosas y la propia internet del futuro(Telefónica, 2011).

El termino Smart City o Ciudad Inteligente, define el cómo las ciudades solucionan problemas sociales a través de la incorporación de la tecnología, en búsqueda del uso sustentable y eficiente de los recursos que poseen. Dentro de este concepto, las Smart Grid o Redes Inteligentes, incorporan tecnologías de información y de telecomunicaciones (TIC) para optimizar el uso de la energía a través de sus principales procesos de generación, transmisión, distribución y consumo. Además, se relaciona con la inclusión de energías renovables no convencionales (ERNCs) tanto a gran escala como a nivel domiciliario, agregando el concepto de Generación Distribuida que rompe con el paradigma de unicidad de generación de los sistemas eléctricos existentes.

Todo esto se ve impulsado por la ley 20.571 (Gobierno de Chile, 2014), la cual regula el uso de las ERNC, permitiendo a los usuarios poder inyectar energía a la red de suministro eléctrico, en caso de que su generación sea mayor a su consumo, de esta forma incentivando la instalación y uso de sistemas fotovoltaicos, eólicos e hidráulicos.

Para poder llevar a cabo este proceso se debe modificar la infraestructura de las redes de medición, desde su estado a actual a redes eléctricas inteligentes. Y así poder realizar el proceso de medición inteligente o Smart metering.

La medición inteligente es una solución compuesta por medidores inteligentes, infraestructura de telecomunicaciones y sistemas centrales que permite una gestión remota y automática de la red, así como un flujo bidireccional de información y energía, permitiendo optimizar el funcionamiento de la red(Empresas eléctricas, 2016)

Una de las principales herramientas técnicas, necesaria para la implementación de redes eléctricas inteligentes en el segmento de consumo, son los Smart Meters o Medidores Inteligentes. Un Smart Meter es un medidor digital que recopila información sobre el uso/generación de energía que se transmite de manera bidireccional hacia un centro de operaciones y control (Superintendencia de Electricidad y Combustibles, 2016).

Para esto es necesario poder crear estaciones de trabajo e investigación que involucren sistemas de medición inteligente, de esta forma poder acercar esta tecnología tanto a estudiantes universitarios como escolares.

Cabe destacar que este proyecto forma parte del Plan Piloto de Memorias Multidisciplinarias que imparte la Universidad Técnica Federico Santa María el cual es impulsado por el Proyecto MECESUP para el Fortalecimiento del Desarrollo de Competencias Transversales en la Formación Profesional.

OBJETIVOS

A continuación se describen los objetivos que deben ser desarrollados durante el desarrollo de este trabajo de título.

Objetivo general

Desarrollar un sistema/producto modular para crear estaciones de trabajo que permita acelerar la investigación en el área de electrónica.

Objetivos específicos

- Utilizar métodos de diseño para identificar requerimientos para la creación de una solución modular
- Diseñar un solución que permita el uso de distintos dispositivos que sea de fácil fabricación
- Desarrollo de procedimientos de fabricación y modificación de las piezas.
- Validar a través de métodos sistémicos la usabilidad de la solución creada.

ESTADO DEL ARTE

El objetivo de esta sección es dar a conocer las técnicas que se utilizarán en el desarrollo de esta memoria.Se detallaran las diferentes herramientas y métodos obtenidos a través de literatura que ayudaran al proceso del diseño de la solución objetivo.

Story Board

Un Story Board es un conjunto de ilustraciones presentadas en forma secuencial con el objetivo de servir de guía para entender una historia, previsualizar una animación, o planificar la estructura de una película (Universidad de Granada, 2016). Este tiene como objetivo lograr ser una guía gráfica para cada miembro del equipo de trabajo.

Antiguamente este método era solo utilizado en el mundo del cine, pero a lo largo del tiempo, este se ha ido integrado a diferentes áreas, tales como el diseño y la ingeniería. Todo esto debido a su lenguaje gráfico de fácil comprensión.

A pesar que los story board de diseño de productos y los story board utilizados en el cine comparten la forma visual de las secuencias de ilustraciones y palabras, el mensaje y los objetivos son diferentes. Los story board para cine proporcionan una vista previa de la película que se producirá, el story board para diseño de productos ayuda al diseñador a poder comprender las interacciones entre el

usuario, el productos y su contexto a lo largo del tiempo (Lelie, 2005)

Cada una de las ilustraciones representa una acción principal, la cual será desarrollada en esa escena, el final de esta acción debe tener algún tipo de lazo con el comienzo de la acción de la ilustración posterior, para de esta forma poder lograr la continuidad entre cada una de las ilustraciones. El número de ilustraciones dependerá de la cantidad de contenido que se requiera mostrar.

Existen dos tipos de story boards.

Story board Comercial: son conjuntos de ilustraciones llenos de color y detalles artísticos.

Story board Editorial: las ilustraciones suelen ser esbozos y tienen a tener mayor información técnica.

Dentro de la información que debe entregar un story board, se encuentran: número de secuencia, escena y plano, junto con el movimiento de cámara y acción de cada escena. Esta información puede estar descrita en cada ilustración o en una anotación al pie del mismo.

Tal como explica Lelie (2005) el story board, refleja las fases que se utilizan al momento del proceso del diseño de producto. Por lo que la relación entre ambos procesos es muy estrecha.

Las fases identificadas son las siguientes:

Fase de análisis: en esta fase el diseñador de productos analizará todo lo que involucra el producto, no solo la parte técnica, sino que el impacto psicológico, social, económico y cultural que esto implica. Para facilitar esta fase, se responderán las preguntas: ¿qué?, ¿cuándo?, ¿cómo?, ¿dónde?, ¿por qué?, ¿por cuánto tiempo?, entre otras.

Fase de síntesis: con los resultados de la fase de análisis el diseñador de productos comenzará a generar ideas y conceptos en busca de una posible solución al producto esperado. Mientras mayor sea el número de ideas y conceptos, mejor será el resultado, ya que dará la posibilidad de ir descartando y escogiendo las más adecuadas para el proceso.

Fase de simulación: en esta fase las ideas y conceptos, representados a través de imágenes, van siendo ordenados de manera que tengan una relación secuencial, para lograr una narración grafica del proceso involucrado.

Fase de evaluación: en esta fase se evaluara la consistencia de la historia, tomando en cuenta si hace falta detallar alguna etapa, eliminar o corregir alguna ilustración.

Fase de decisión: siendo la última fase, en esta se tomara la decisión final para dar por terminado el story board.

El story board permite desarrollar una expresión gráfica del producto y su relación con el contexto de forma gráfica y de fácil comprensión.

TRIZ

La Teoría de Resolución de Problemas de Inventiva (TRIZ) fue creada por G. Altshuller (1984) con el propósito de mejorar la eficiencia de las actividades de resolución al bordar problemas atípicos, es decir mejorar la eficiencia en la actividad inventiva (Nikulin et al., 2013).

Es comúnmente llamada una teoría, una metodología, un conjunto de herramientas o incluso una filosofía. Utilizada para guiar y apoyar actividades técnicas creativas dentro de medios sistemáticos (Cascini, 2012).

Atshuller & Shulyak (1996) plantean tres postulados esenciales sobre la teoría, los cuales son:

Situación específica: en el cual se explica que cualquier solución dependerá del contexto en el que se está desarrollando el problema.

Solución inventiva: sostiene que una solución inventiva son aquellas que se dedican a resolver contradicciones, y son utilizadas por esta teoría.

Evolución de los sistemas tecnológicos: específica que el avance tecnológico es constante a lo largo del tiempo, y que esto provoca un cambio en la forma de afrontar los problemas a lo largo del tiempo.

Bajo la perspectiva “TRIZ”, una forma de solucionar un conflicto “complejo vs fácil”, es realizar una segmentación del conflicto, para luego ir construyendo un nuevo sistema a partir del complimiento de los requisitos de cada situación específica, por lo que se prefiere las combinaciones presentes de varias situaciones a una única (Kucharavy & de Guio, 2005).

A partir de esto se genera una red de problemas y soluciones en la cual el punto de inicio es el problema o conflicto inicial, desde el cual surgen nuevos problemas o soluciones parciales.

Al ir segmentando el problema inicial en nuevos problemas y soluciones más pequeños, permite obtener información más detallada de cada uno, con la finalidad de poder resolverlo de manera más rápida y fácil. De esta forma solucionando todos los problemas más pequeños se dará solución a la problemática mayor.

Hubka

El modelo de Hubka es un método utilizado para procesos de diseños sistemáticos, este método fue planteado en el texto “Practical Studies in Systematic Design” (Hubka, 1988).

El método propuesto por Hubka divide el proceso de diseño en cuatro (4) etapas principales, dentro de las cuales se distribuyen seis (6) puntos donde se deben desarrollar determinadas tareas (Hubka, 1988).

A continuación se detallaran las etapas del proceso, cabe destacar que este es el método general en el cual se detallan todos los puntos del método, a partir de esto se desarrolla un modelo partículas dependiendo de la problemática abordada.

Proceso de diseño

Asignación del problema.

Detallar y clarificar las especificaciones asignadas.

1. Reconocimiento crítico del problema asignado.
2. Establecer el estado del arte.
3. Analizar la situación del problema.
4. Examinar las posibilidades.
5. Completar los requisitos, clasificación y cuatificación de las prioridades fijas.
6. Trabajo y especificaciones de diseño.
7. Preparar y planear la resolución del problema.

Luego de desarrollar las tareas del punto 1 se obtendrán las especificaciones del diseño.

Diseño Conceptual

Establecer la estructura conceptual.

1. Lo abstracto: Cana negra.
2. Establecer los principios tecnológicos.
3. Establecer los procesos técnicos (TP->TP óptimo).
4. Aplicar sistemas al proceso y establecer límites.
5. Establecer las agrupaciones de funciones.
6. Establecer la estructura funcional.
7. Estructura funcional: Mejorar - Evaluar; Decidir - Verificar.
8. Tras completar estas tareas se obtendrá la estructura funcional óptima.

Establecer los conceptos

1. Establecer las entradas y los modos de acción.
2. Establecer las clases de carrier de funciones.
3. Combinación de los carrier de funciones, revisión de sus relaciones.
4. Establecer los arreglos básicos.
5. Conceptos: Mejorar - Evaluar; Decidir - Verificar.

Luego de desarrollar las tareas de este punto se llega a un concepto óptimo.

Layout

Establecer los esquemas preliminares

1. Establecer que la orientación apunta para la determinación de la forma.
2. Establecer arreglos. Investigación del re-uso y dimensionamiento parcial.
3. Establecer los tipos de materiales, métodos de manufactura, tolerancias y propiedades de las superficies donde sea necesario.
4. Investigar y determinar zonas críticas.
5. Bosquejar los esquemas preliminares.
6. Esquema preliminar: Mejorar - Evaluar; Decidir - Verificar.

A partir del desarrollo de este punto se obtiene el esquema preliminar óptimo.

Establecer esquemas dimensionales.

1. Establecer las características de diseño.
2. Establecer los arreglos definitivos, determinación de formas y dimensionamiento parcial.
3. Determinación definitiva de los materiales, métodos de manufactura, determinación parcial de las tolerancias y propiedades de superficie.
4. Determinación y optimización de zonas críticas.
5. Bosquejos de esquemas preliminares.
6. Esquema dimensional: Mejorar - Evaluar; Decidir - Verificar.

Al realizar las tareas de este paso se obtiene el esquema dimensional óptimo, además se realiza la publicación de los detalles.

Elaboración de detalles.

1. Justificación.
2. Determinación de la forma, dimensionamiento definitivo y completo.
3. Establecer la lista definitiva y completa de los materiales, métodos de manufactura, tolerancias y propiedades superficiales.
4. Determinar procedimientos y etapas de ensamble.
5. Bosquejo de partes, dimensionamiento, tolerancias, propiedades superficiales y especificación de los materiales.
6. Plano de conjunto, listado de partes.
7. Plano de conjunto: Mejorar - Evaluar; Decidir - Verificar.

Finalizando este punto y se da por finalizado el proceso de diseño por completo danto como resultado al artefacto.

Becattini

El modelo de Becattini es un método utilizado para identificar los requerimientos de un sistema, para esta tarea se aplican una serie de criterios que son organizados en diferentes grupos, tales como, mejoras técnicas, reducción de efectos secundarios y la optimización en el consumo de recursos (Becattini et al, 2015).

Para llevar a cabo el modelo, determinan tres grupos de parámetros (paper becattini), y a su vez cada grupo de parámetros posee un conjunto de criterios que deben ser evaluados individualmente. Estos son detallados a continuación.

1.-Parámetros de evaluación relacionaos con la entrega de una función útil.

Características de la necesidad del objeto: requisitos que describen cual es el grado de urgencia y la popularidad del problema a resolver.

Logro umbral: capacidad y modo cómo el sistema entrega la función útil.

Adaptabilidad: capacidad del sistema para adaptar su comportamiento, trabajando bajo diferentes contextos.

Sensibilidad: capacidad del sistema de mantener la calidad y cantidad de su función útil frente a diversas perturbaciones externas.

Controlabilidad: capacidad de establecer características que puedan ser controladas por el usuario para obtener el resultado esperado.

2.-Parámetros de evaluación relacionados con las entrega de una función nociva (FP):

La presencia de funciones no depende de la transformación del objeto al producto, pero conlleva la esfera del "cómo" se entrega la función; por lo tanto, se refiere al comportamiento de la función elegida

A continuación se enumeran las posibles funciones nocivas que pueden surgir al momento de que el sistema está en uso.

-FP sistema vs objeto/producto

-FP ambiente vs objeto

-FP objeto vs sistema

-FP sistema vs sistema

-FP ambiente vs sistema

-FP sistema vs ambiente

-FP objeto vs ambiente

3.- Parámetros de evaluación relacionados con los recursos consumos:

Espacio: requisitos que determinan a las características físicas del sistema y producto, en cuanto a la cantidad de espacio utilizado en su uso, montaje y almacenamiento.

Tiempo: requisitos miden la capacidad del sistema y producto en función del tiempo necesario tanto para la entrega de la función útil así como también instalación y mantención.

Información: capacidad que posee el sistema y producto para poder entregar información al usuario, de esta forma facilitar la instalación y uso del sistema.

Materiales: requerimientos en cuanto a la materialidad utilizada en la fabricación del producto.

Energía: requerimientos en función de la necesidad del sistema y producto de energía para su correcto funcionamiento.

Este modelo se utiliza para poder determinar los requerimientos mínimos para poder asegurar el funcionamiento de la propuesta.

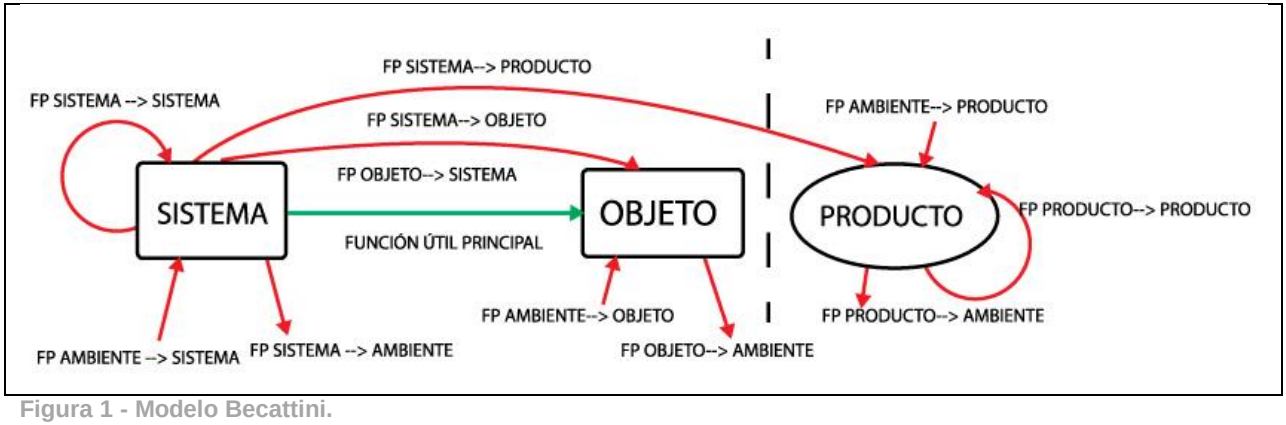

Figura 1 - Modelo Becattini.

Kano

El método de Kano es una herramienta de la gestión de la calidad que facilita las decisiones de marketing y en especial, aquellas vinculadas con el desarrollo de productos y servicios. (Yacuzzi & Martín, 2002). Este método busca poder satisfacer las necesidades del cliente o usuario del producto.

Este método fue creado a fines de la década de 1970 por el académico japonés Noriaki Kano, el cual utilizo dos dimensiones para evaluar la calidad: el grado de rendimiento de un producto y el grado de satisfacción del cliente que lo utiliza. Por lo que definió tres tipos de calidad: calidad obligatoria (o funcional), calidad unidimensional (o de rendimiento) y calidad atractiva(o diferenciadora) (Yacuzzi & Martín, 2002).

Con este método se puede evaluar la satisfacción del cliente frente a cada tipo de calidad, esta será evaluada a partir de requerimientos agrupados por tipo de calidad. Los cuales son explicados a continuación

Requerimientos funcionales: son los cuales son indispensables para el funcionamiento del producto. El cumplimiento de estos elevan la satisfacción del cliente hasta llegar a un punto que esta se mantiene constante, el no cumplimiento de estos requerimientos baja los niveles de satisfacción del cliente.

Requerimientos diferenciadores: son los cuales aportan un valor agregado al producto, el cual lo hace diferenciarse de sus similares. El cumplimiento de estos eleva la satisfacción de los clientes, el no cumplimiento de estos no genera necesariamente una reducción en los niveles de satisfacción.

Requerimientos de rendimiento: son los cuales se cumplen a lo largo del uso prolongado del producto, manteniendo la funcionalidad a través del tiempo. Al cumplirse estos requerimientos la satisfacción en el cliente aumenta, y esta disminuye al no cumplirse estos requerimientos.

Para la evaluación se entregaran calificaciones dependiendo del cumplimiento del requerimiento. Estas calificaciones irán del 1 al 5, en donde el 1 representa un requerimiento no cumplido y el 5 representa un requerimiento completamente cumplido. Se otorgaran colores a cada calificación para brindar una mayor facilidad al momento de reconocer estas en el producto, a continuación se muestra la tabla que se utilizará en este proceso.

METOLODOGÍA

El objetivo de esta sección es mostrar la metodología que se desarrollara para resolver este trabajo. Junto con integrar las diferentes herramientas obtenida a través de la literatura y como estos se integran en el proceso.

La metodología propuesta, está compuesta por cuatro etapas, esto permite tener una visión clara de la totalidad del proceso y cómo cada etapa cumple una función específica.

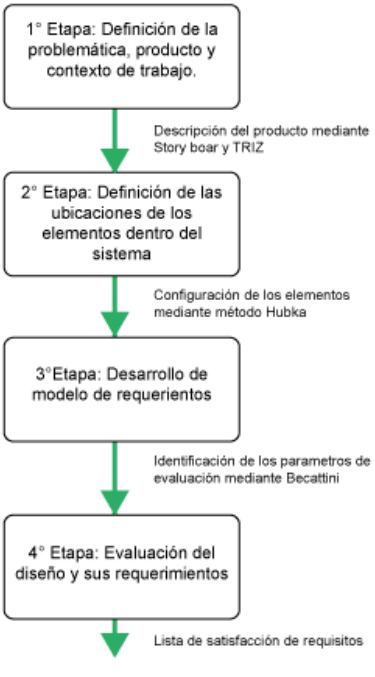

Figura 2 - Metodología utilizada en esta memoria.

Primera Etapa: Definición de la problemática, producto y contexto de trabajo.

El objetivo de esta etapa es lograr poder identificar la problemática, el producto y el contexto de trabajo. Para esta etapa se utilizaran dos herramientas obtenidas de la literatura estudiada el Story Board y la metodología TRIZ.

Story Board

Este método se utiliza para poder generar una secuencia de ilustraciones las cuales brindan un material visual se fácil interpretación para su posterior trabajo.

Se escogió esta metodología debido a la facilidad que brinda para poder llevar todo el contexto problema-solución, a una secuencia de ilustraciones, teniendo la libertad de modificarlas, ingresar nuevas ilustraciones a la secuencia o simplemente eliminar una ilustración, hasta poder llegar a la secuencia que demuestre de forma más clara y precisa el proceso de diseño de producto que se realizará.

El story board permite interpretar las ideas en dos niveles (Lelie, 2005):

Primer Nivel: el lector puede experimentar las interacciones visualizadas en las ilustraciones, esto llevara a opiniones subjetivas, ya que se verán influenciadas por las vivencias y experiencias del lector

Segundo Nivel: el lector puede reflexionar sobre las interacciones visualizadas, de esta forma puede expresar sus opiniones de manera más objetiva.

Este método abarca las diferentes fases del diseño de productos, de una manera simple y permite una fácil iteración en el proceso. Las tareas a realizar con el método de story board, es el desarrollo de cada una de las fases que se explican a continuación.

Fase de análisis: en esta fase el diseñador toma en cuenta todos los aspectos que puedan afectar a su producto, tanto aspectos técnicos como culturales, sociales y económicos. Además esto implica responder preguntas tales como, “dónde”, “cuándo”,”qué”,”con quién”, entre otras.

Fase de síntesis: con los resultados de la fase de análisis el diseñador comienza a generar ideas y conceptos en forma general, definiendo etapas fundamentales del proceso y dejando de lado las cuales no son trascendentes.

Fase de simulación: con la síntesis realizada se realiza una simulación, mediante la ilustración de las etapas consideradas fundamentales para el proceso de diseño de productos.

Fase de evaluación: en esta fase se evaluara una por una cada ilustración, comprobando que realmente sean fundamentales, además de evaluar su relación con las etapas anteriores y posteriores en la secuencia, para poder asegurar una continuidad en el proceso de diseño de producto.

Figura 3 - Fases del story board.

Fase de decisión: en esta fase se aprueba el story board para su posterior uso en el proceso de diseño de productos.

Teniendo el story board ya realizado se logran visualizar mediante las ilustraciones las diferentes etapas que están presentes en el proceso.

Para poder definir cuál será el alcance del trabajo de título, se realizara un análisis del story board, mediante el método TRIZ

TRIZ

Para poder analizar comprender los resultados que nos brindó el story board desarrollado anteriormente, se desarrollará la metodología TRIZ, de esta forma poder finalmente determinar el contexto donde se trabajara el diseño de productos dentro del tema de tema “Factibilidad económica de un sistema de medición inteligente de electricidad”

Esta metodología nos permite generar una red de problemas y soluciones, teniendo como comienzo el problema general de la implementación de un sistema de medición inteligente de electricidad y a partir de este surgen tanto soluciones parciales como problemas parciales. Esto nos ayuda a ver de forma clara como un gran problema se puede dividir en pequeños problemas los cuales al ser

resueltos individualmente dan por resuelto el problema mayor.

Se utilizará para acotar el contexto de trabajo y a su vez el producto y usuario de este, para poder lograr desarrollar un producto de acuerdo a la realidad de un trabajo de título universitario, que posee el requerimiento de diseñar un producto con la posterior fabricación de su prototipo correspondiente.

La tarea a realizar es la elaboración de la red de problemas y soluciones parciales a partir de la problemática abordada, para luego definir el problema o solución parcial en el cual se trabajara.

Al finalizar esta etapa se tiene claro cuál será el producto que se fabricara.

Segunda Etapa: Definición de las ubicaciones de los elementos dentro del sistema

El objetivo de esta etapa es determinar la configuración para el producto, mediante la comparación de todas las configuraciones posibles que puedan cumplir los requerimientos principales de este.

Hubka

Para esta tarea se utilizará el modelo HUBKA, que permite contextualizar las diferentes configuraciones, con la ventaja de acercar el diseño conceptual a un contexto real permitiendo una asimilación visual por parte del diseñador, identificando así las posibles ventajas entre las diferentes configuraciones (Rodríguez, 2015)

La tarea a realizar es una comparación objetiva de las diferentes propuestas de configuraciones, en base a parámetros escogidos a partir de los requerimientos del producto.

Como una ayuda a la evaluación de las propuestas, el diseñador prepara un mapa de criterios iniciales y asigna pesos y características a priori a algunas de las alternativas, se establecen descripciones de cada criterio para usar en las fases posteriores de trabajo.

En caso de que exista un criterio obligatorio para garantizar la funcionalidad del producto, este indicado con dicha condición. Si una propuesta no cumple este criterio queda descartada automáticamente, sin importar su evaluación en los otros campos.

Al completar y analizar la evaluación de cada propuesta, se escogerá la que presente mayor evaluación ponderada, de acuerdo a los pesos establecidos en un comienzo.

Como resultado de esta etapa el ingeniero debe escoger la mejor configuración para el desarrollo del producto, además de tener en conocimiento las configuraciones que vienen a continuación, en caso de que la escogida no se pueda realizar. Al terminar esta etapa se tendra información completa de las ventajas y desventajas de cada una de las configuraciones propuestas.

Tercera Etapa: Desarrollo de modelo de requerimientos

El objetivo de esta etapa es definir los parámetros de evaluación (PE) del sistema a trabajar, para esta etapa es necesario tener la propuesta de producto definida. Para esta etapa se utilizara el modelo de Becattini.

Becattini

Se utiliza el modelo de Becattini debido a la facilidad que brinda para poder ir determinando los parámetros de evaluación de forma ordenada.

Se trabajara con tres grupos de parámetros, los cuales se determinó que son fundamentales para poder definir requerimientos determinantes en el proceso del desarrollo del producto.

Los grupos de parámetros son: parámetros de evaluación relacionados con la entrega de una función útil, parámetros relacionados con la entrega de una función nociva y parámetros de evaluación relacionados con los recursos consumos. Dentro de estos grupos de parámetros existen diversas categorías, de la cuales se utilizarán las que apliquen directamente al producto en desarrollo.

Con la definición de estos requerimientos es posible determinar cuáles son críticos y afectan a la función útil principal, por lo que es por lo que es posible realizar modificaciones tomando en cuenta las condiciones iniciales, el contexto y el producto.

Como se aprecia en la figura, el desarrollo de este modelo permitirá tanto definir el sistema, el objeto y el producto que se desarrollara.

Además todas las funciones que están involucradas, tanto como la función útil principal, así como las funciones nocivas dentro del proceso, las cuales causan daños al sistema, por lo que es fundamental poder definir requerimientos que eviten o minimicen estas funciones nocivas.

Al finalizar esta etapa será posible determinar los principios básicos del producto, entre los que se encuentran forma, tamaño, interacciones entre los componentes del producto, además de las funciones

mencionadas anteriormente. Todo esto permitirá el desarrollo de una propuesta de producto, mediante el desarrollo de prototipos en diseño 3D (CAD), para poder ir evaluando el cumplimiento de los requisitos antes establecidos.

Para la evaluación del cumplimiento de los requerimientos se utilizará el modelo Kano.

Cuarta Etapa: Evaluación del diseño y sus requerimientos

El objetivo de esta etapa es evaluar el cumplimiento de los requerimientos establecidos en la etapa anterior mediante el modelo de Becattini, para realizar la realizar esta evaluación se utilizará el modelo de Kano.

Kano

Este modelo se aplicara al prototipo ya fabricado y se evaluara el cumplimiento de los requerimientos establecidos para este.

Además se determinara si estos requerimientos afectan la funcionalidad, la performance o los elementos diferenciadores del producto, de esta forma se pueden tomar decisiones con mayor grado de conocimiento, ya que el no cumplimiento de un requerimiento funcional necesita una respuesta inmediata en desmedro a el no cumplimiento de un requerimiento que afecte la performance del producto.

Para la evaluación se entregaran calificaciones dependiendo del cumplimiento del requerimiento. Estas calificaciones irán del 1 al 5, en donde el 1 representa un requerimiento no cumplido y el 5 representa un requerimiento completamente cumplido. Se otorgaran colores a cada calificación para brindar una mayor facilidad al momento de reconocer estas en el producto, a continuación se muestra la tabla que se utilizará en este proceso.

Tabla 1 - Calificación modelo Kano.

Estado de cumplimiento	Nota	Color
Completamente cumplido	5	Verde oscuro
Altamente cumplido	4	Verde claro
Medianamente cumplido	3	Amarillo
Bajamente cumplido	2	Naranjo
No Cumplido	1	Rojo

Caso de estudio

En este capítulo se expondrá el estado del arte del contexto propuesto por el desafío de las memorias multidisciplinarias, junto con todo el proceso del desarrollo del trabajo de título, en cual se incluyen estudios, métodos y modelos anteriormente expuestos.

Estado del arte del contexto del desafío

La población mundial actual es de aproximadamente 6.000 millones de personas y las estimaciones más recientes de la Naciones Unidas indican que para el año 2025 será de 8.500 millones. (Melendi, 2016)

Lógicamente un aumento en la demanda del consumo de energía eléctrica, tiene por consiguiente una mayor y mejor capacidad de medición del consumo eléctrico, de esta forma poder cuantificarlo de manera correcta y poder proceder a un cobro eficiente y eficaz.

Ante este escenario que muestra un entorno urbano con una demanda creciente de eficiencia, desarrollo sostenible, calidad de vida y sabia gestión de los recursos, las administraciones públicas han de plantearse una evolución en los modelos de gestión de las ciudades. Para ello, la aplicación de las tecnologías de la información y las telecomunicaciones (TIC) se hace imprescindible y se traduce en el concepto de

Smart City (Telefónica, 2011). En contraposición a que en Chile los sistemas de medición de servicios básicos utilizan tecnologías que datan de cien años (Güngör et al., 2011)

Bajo esta realidad en el marco de un Plan Piloto de Memorias Multidisciplinarias impulsado por la Universidad Técnica Federico Santa María y que forma parte de un Proyecto MECESUP para el Fortalecimiento del Desarrollo de Competencias Transversales en la Formación Profesional. En donde las problemáticas planteadas en el programa son abordadas por equipos multidisciplinarios los que buscan dar con su solución.

La problemática abordada por el equipo de trabajo es la siguiente: "¿Cómo implementar proyectos de medición inteligente de electricidad en Chile bajo un modelo económicamente sustentable?"
La medición inteligente es una solución compuesta por medidores inteligentes, infraestructura de telecomunicaciones y sistemas centrales que permite una gestión remota y automática de la red, así como un flujo bidireccional de información y energía, permitiendo optimizar el funcionamiento de la red (Empresas eléctricas, 2016).

En Chile estos sistemas de medición están ingresando lentamente al sistema generalizado de suministro eléctrico se espera tener instalados 50.000 medidores inteligentes para fines del 2016 (Enel, 2016), además de un grupo piloto de 100 medidores en Smart City Santiago ubicado en la ciudad empresarial (Smart City Santiago, 2016).

Story Board

Se realizó un Story Board, compuesto por diez imágenes las cuales describen el proceso de manera más detalladas las etapas que componen el proceso de medición inteligente, de esta forma poder determinar en cuál de estas etapas estará centrado el trabajo específico de memoria de un Ingeniero en Diseño de Productos.

El story board ayudara a conocer una serie de datos, que se denominaran datos objetivos, de manera más detallada los cuales son:el contexto, problema, mercado y usuario, además se presentaran etapas donde el equipo de trabajo debe tomar decisiones en cuanto a la implementación del proyecto.

Las 10 etapas identificadas son las siguientes:

1. **Adición de dispositivo a medidor actual para que realice medición inteligente.**
2. **Reemplazar los medidores actuales por un medidor inteligente.**
3. **Instalación de medidores en los hogares.**

4. **El registro de consumo del medidor aumenta a medida de que se utilizan los electrodomésticos presentes en el hogar.**
5. **El registro de consumo del medidor disminuye a medida que se generen excedentes de la energía generada en el hogar.**
6. **Problemas en la recolección de datos de consumo eléctrico.**
7. **Sistema completo para efectuar medición inteligente.**
8. **La medición inteligente permite un análisis de los datos en tiempo real.**
9. **La posibilidad de un mayor control de los datos traerá beneficios a todos los actores involucrados.**
10. **Conocer la situación actual de los usuarios de sistemas de medición inteligente en el país.**

A continuación se detallara cada etapa identificada.

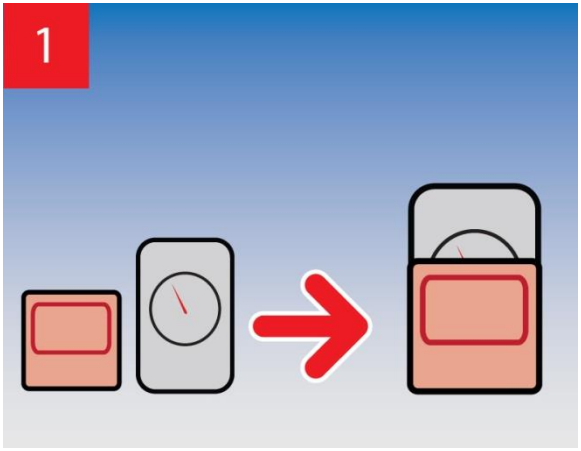

Figura 4 - Etapa uno story board: Adición de dispositivo a medidor actual para que realice medición inteligente.

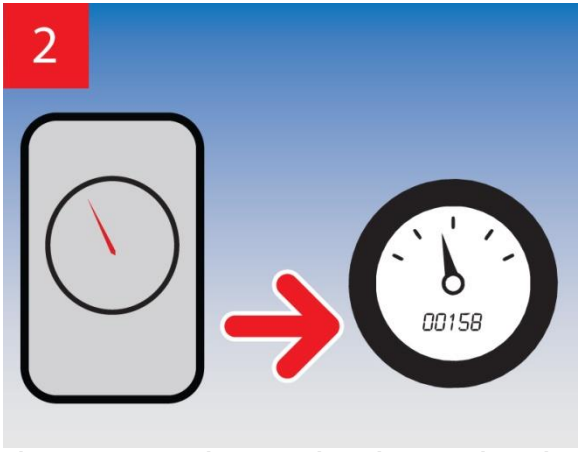

Figura 5 - Etapa dos story board: Reemplazar los medidores actuales por un medidor inteligente.

En las etapas 1 y 2 respetivamente, se presenta la decisión sobre si es más conveniente añadir un dispositivo a los medidores actuales o simplemente cambiar los medidores actuales por unos nuevos que tengan la capacidad de realizar mediciones inteligentes.

Para poder tomar esta decisión se investigó en los tipos de medidores que soportan medición inteligente y todo lo que implican.

El primer desarrollo de medición intelitenge fue elaborado por la empresa Metretek Inc en 1978, el cual incorporo un procesador de IBM. Es así como surge el primer AMR, por su sigla en inglés: Automatic Meter Reading.

Ya en los años 90, se producen modelos completamente electrónicos, surgiendo los primeros AMI (Advanced Metering Infrastructure), los que permiten no solo su medición digital de energía y potencia eléctrica, sino que permiten nuevas opciones como permitir precios diferenciados.

Sistemas AMR (Automatic Meter Reading)

Los sistemas AMR consisten en la adición de sistemas electrónicos a los dispositivos de medición de consumo, esto le permite tener nuevas funcionalidades tales como:

-Recolección de datos de consumo a distancia.

-Envió automático de información de consumo.

-Reporte del estado del medidor y casos de adulteración.

Sistemas AMI (Advenced Metering Infrastructure)

Los dispositivos AMI, junto con ser más avanzados, permite una comunicación bidireccional lo que brinda una mayor cantidad de aplicaciones, entre las que destacan:

-Poder decir el día de cobro.

-Proyectar el total del cobro a fin del periodo.

-Elegir entre tarifas diferenciadas o estáticas.

-Respuesta automatizada y verificación de restauración de servicio.

-Medición en tiempo real.

-Acceso a datos vía web.

-Reporte mensual detallado de consumo.

-Alarmas de sobrepaso de límite de consumo.

-Despliegue de datos de consumo en cortos intervalos de tiempo para uso del consumidor.

Teniendo en conocimiento los sistemas de medición, junto con las restricciones al proceso de compra de un medidor, ya que fue difícil encontrar un distribuidor que vendiera por una unidad se decidió utilizar el siguiente medidor.

Medidor Itron CENTRON C1SR

Figura 6 - Medidor CENTRON C1SR.

El CENTRON C1SR es un AMR por lo tanto este funciona con comunicación unidireccional y pensado para operar en la manera descrita por Mark Cornwall en la patente US 20110050456A1 (20), la cual consiste en un lector móvil (en un automóvil) que mediante una dispositivo receptor captura la información transmitida por los medidores, esta es almacenada en el vehículo y luego de terminado el recorrido el móvil regresa a la estación donde la información es cargada al sistema principal.
El medidor opera en la banda de los 910-920 [MHz] utilizando la técnica de frecuency hopping para evitar interferencia con otros medidores, las frecuencias de transmisión y los intervalos de transferencia son aleatorios por naturaleza y permite dos configuraciones de transmisión: ―standard power‖ la cual transmite a una potencia de 0.75 [mW] y ―high power‖, configuración que transmite a 100[mW] de potencia.
Las mediciones son capturadas en una resolución de 1[kWh] y permite la opción de Net Metering, cuando esta opción esta activada la energía inyectada es sustraída de la consumida y el valor ―Net‖ es desplegado en la pantalla.

El mensaje enviado por el medidor cuenta con 2 valores para indicar adulteración (Tamper Count) estos valores van de 0 a 3 e indican la cantidad de veces que el medidor fue removido o la corriente que recibía fue invertida, este último solo aplica en caso de estar desactivada la opción de Net Metering.

Figura 7 - Etapa tres story board: Instalación de medidores en los hogares.

La instalación de medidores en cada uno de los hogares del país presenta un gran problema de logística, debido a que el 92.3% de la población se ve abastecida por el Sistema Interconectado Central de electricidad (INE, 2008). Lo que se traduce en cerca de 4.300.000 hogares (INE, 2011) lo que implica el mismo número de medidores que se deben reemplazar.

Con la instalación de estos nuevos medidores que poseen la capacidad de medir tanto el consumo como la generación de energía, aumentara el atractivo hacia la instalación de sistemas de energías renovables no convencionales.

Chile es uno de los países con mejor radiación del mundo, por lo que la instalación de paneles solares es una gran opción, además los proyectos fotovoltaicos son altamente rentables y no requieren mucha mantención, principalmente limpieza. Es un proyecto poco riesgoso, con un payback que ronda entre los 5 y 10 años y el TIR es de 6 a 10% anual, sin considerar el impacto positivo en la imagen de las empresas u hogares que los utilizan (Ecoenergías, 2016).

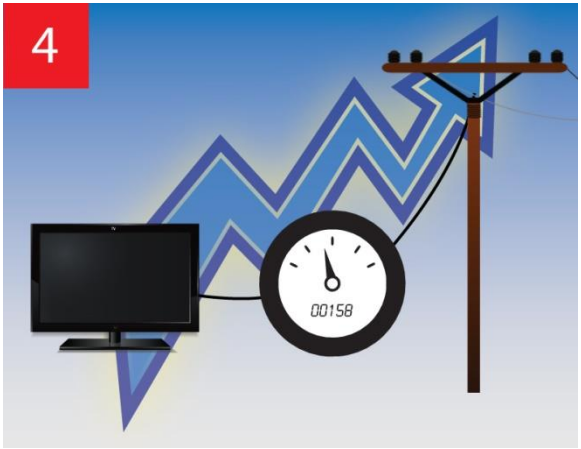

Figura 8 - Etapa cuatro story board: El registro de consumo del medidor aumenta a medida de que se utilizan los electrodomésticos presentes en el hogar.

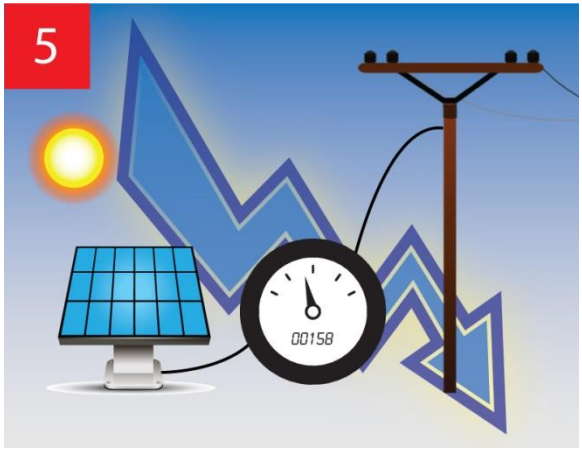

Figura 9 - Etapa cinco story board: El registro de consumo del medidor disminuye a medida que se generen excedentes de la energía generada en el hogar.

Como se observa en las etapas 4 y 5, el aumento o disminución del registro del medidor va directamente relacionado a la cantidad de consumo eléctrico de un hogar y la capacidad de generación del mismo. Pero este proceso no es simplemente una resta entre ambos valores, el mecanismo, requisitos y implicancias de la ley 20.571 son explicadas a continuación.

La nueva normativa n° 20.571, conocida también como Net Billing (facturación neta) fue ampliamente valorada por la Asociación Chilena de Energía Solar (Acesol), la que explicó que esta regula el pago de tarifas de las generadoras residenciales y comerciales con capacidad de hasta 100 KW (González, 2014).

Entre los requisitos para entrar en esta normativa, junto con tener una capacidad generadora no superior a los 100KW, se debe tener un contrato vigente con una empresa distribuidora de electricidad y finalmente se debe declarar este sistema a la SEC (Superintendencia de Electricidad y Combustibles) para culminar con la conexión del sistema a la red de distribución central. (Superintendencia de Electricidad y Combustibles, 2016).

En cuanto a los valores de compra y venta de electricidad, acuerdo a la legislación, las inyecciones que realicen las personas o pequeñas empresas serán valorizadas al precio que las empresas de distribución traspasan a sus clientes conforme a los precios regulados fijados por decreto, lo que debe incluir las menores pérdidas de energía. Para un cliente BT1 -o residencial- significa que los excedentes tendrán un valor cercano al 50% del valor al cual compra la electricidad a la distribuidora (Fernández, 2014).

Frente a este situación Gabriel Neumeyer (2014), director de Acesol comenta lo siguiente: ”Nos hubiera gustado un sistema un poco más favorable para la implementación de esta tecnología. De momento, esta ley es un Net Billing (facturación neta), en el sentido que, por ejemplo, si instalo un sistema solar fotovoltaico en mi casa y yo sigo consumiendo (energía) de la red en la noche, ahí estoy

pagando una tarifa de, por ejemplo, de $100 por KW/H, pero cuando tengo excedentes el medidor me registra esos excedentes y se pagan a otra tarifa que es mucho menor, de alrededor de $50".

Figura 10 - Etapa seis story board: Problemas en la recolección de datos de consumo eléctrico.

En etapa seis y siete se ilustra el contraste entre el método de medición actual en el cual un empleado de la empresa distribuidora pasa por cada hogar registrando manualmente los datos de consumo indicados por el medidos, frente al sistema de medición inteligente el cual puede enviar estos datos directamente hacia la empresa.

Este cambio puede traer muchos beneficios a las empresas distribuidoras de electricidad, ya que estas presentas pérdidas, llamadas pérdidas no técnicas debidas al mal uso del servicio estas, ascienden al 1,9% del total de la compra de energía a las generadoras, que suma alrededor de $15.200 millones al año. De esta energía el 60% corresponde a hurto y el otro 40% al consumo no registrado (Bustamante, 2009).

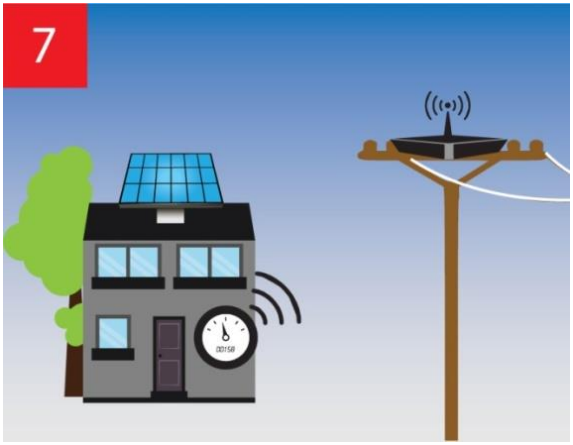

Figura 11 - Etapa siete story board: Sistema completo para efectuar medición inteligente.

Ya teniendo claro las implicancias de la ley 20.571 y ya habiendo escogido el medidor a utilizar, es necesario conocer y escoger la totalidad de los componentes que hacen posible el proceso de medición inteligente, junto con la capacidad de producir energía eléctrica domiciliaria.

Los componentes necesarios son los siguientes:

Medidor inteligente: es el encargado de registrar las mediciones tanto de consumo como de generación. Como fue mencionado anteriormente el medidor escogido es el Itron CENTRON C1SR.

Panel Solar: es el encargado de transformar la energía solar en energía en energía eléctrica (corriente continua). Este será escogido en una etapa posterior, ya que no posee mayores restricciones frente a los otros componentes.

Inversor: convierte la corriente continua del sistema en corriente alterna a 220 V de valor eficaz y frecuencia 50Hz, igual a la de la red eléctrica. Alimenta los aparatos que trabajan con corriente alterna.

Concentrador: es el encargado de recopilar las mediciones de los medidos de cierta área geográfica, para luego transmitir estos datos a la empresa distribuidora para su posterior análisis.

Servidor: La fase final de la recolección de datos consiste en el almacenamiento de estos en una base de datos específica para el distribuidor de servicios básicos. Para esto el servidor debe tener servicios de base datos para el almacenamiento, un servicio WEB que permita el despliegue de los datos y un servicio capas de recibir la información de una gran cantidad de concentradores de manera de no perder ningún dato. Además el servidor debe ser capaz de procesar los datos recibidos de manera de poder reconocer el incremento en los contadores de adulteración y emitir un aviso a la autoridad correspondiente.

En este paso como indica en la etapa 7 se observa de la forma en que el medidor transmite los datos registrados al concentrador, por lo que se debe escoger el concentrador a utilizar. Proceso que se detallara a continuación.

Los concentradores existentes de variados proveedores no se encuentran disponibles al público general, sin embargo, los concentradores evaluados (The OPEN meter Consortium, 2009) están diseñados para operar con un medidor (o un grupo acotado de medidores) de la empresa en particular, por lo que no cumplen con el requisito de interoperabilidad con otras opciones de medidores.

Además se encontraron presupuestos realizados por municipalidades en que los precios de los concentradores ascendían a 13.500 USD (City of University Park, 2013), valor que imposibilita la implementación de un piloto de pruebas en el proyecto.
Considerando estos factores se optó por el desarrollo de un dispositivo capaz de actuar como concentrador, utilizando como base el receptor de mensajes ERT (Encoder Receiver Transmitter, 2016) mediante SDR desarrollado de Douglas Hall (2016).

El protocolo ERT consiste en una señal modulada en OOK transmitida en la banda de 900-920 [MHz] y utiliza la técnica de frequency-hopping para evitar interferencias con otros medidores cercanos. Este cuenta con dos tipos de mensajes SCM (Standard Consumption Message) e IDM (Interval Data Message).

El software desarrollo por Douglas Hall, llamado ―rtlamr‖ utiliza para la recepción de la señal el RTL-SDR un ―software defined radio‖ diseñado para operar con el chipset RTL2832U/R820T. Esta implementación es particularmente económica (13 USD) (Deal extreme, 2016), incluso con respecto a competencia Airspy (199 USD) (Air Spy, 2016) y SDRPlay (149 USD) (SDR Play, 2016), lo que la hace muy atractiva para la aplicación.

El software rtlamr permite recolectar mediciones de más de 30 tipos de medidores (Microelectronics, 2016) de distintos proveedores y de los 3 tipos de servicios básicos. Con estas características es posible lograr que el dispositivo concentrador cumpla con los requisitos de escalabilidad de servicios y libertad de proveedores.

Al estar programado en GO (Douglas, 2016) el rtlamr debe correr una plataforma Windows, Mac OSX o Linux, debido a ser el único no privado se optó por este último como sistema. Para el dispositivo de hardware en el que debe operar se consideró tamaño, consumo y precio como factores determinantes, por esto se optó por la Raspberry Pi, un computador económico de bajo consumo energético y de tamaño extremadamente compacto (85.60mm × 53.98mm), el cual soporta ambientes Linux y posee interfaces Ethernet y USB lo que permite gran versatilidad de protocolos de comunicación.

En resumen el dispositivo concentrador está compuesto por 2 sistemas principales: El sistema de recepción compuesto por el RTL-SDR y el rtlamr, el sistema de procesamiento y envió compuesto por software desarrollado específicamente para este sistema. Para la implementación tanto el rtlamr como el software específico se ejecutan en un sistema Raspberry PI modelo B.

Figura 12 - Sistema de recepción RTL-SDR.

Figura 13 - Sistema de recepción RTL-SDR junto con sistema Raspberry PI modelo B.

Se decidió que el sistema operativo más adecuado para ejecutar en la Raspberry correspondía ser la distribución Pidora, una implementación de la distribución Fedora de Linux para Raspberry, la cual posee un kernel de Red Hat el que es ampliamente aceptado para las implementaciones de servicios web por su estabilidad. La instalación de Pidora se llevó a cabo en una tarjeta SD de 8 [GB] utilizando el software Fedora ARM Installer (Chiappetta, 2016), el cual permite la instalación de sistemas operativos Fedora en el procesador ARM11 de la Rasberry PI.

Ya teniendo todos los componentes identificados, se procede analizar las implicancias en este tipo de instalaciones.

Figura 14 - Epata ocho story board: La medición inteligente permite un análisis de los datos en tiempo real.

Figura 15 - etapa nueve story board: La posibilidad de un mayor control de los datos traerá beneficios a todos los actores involucrados.

Al relacionar las etapas 8 y 9, se puede inferir una relación entre las nuevas posibilidades que brindan los sistemas de medición inteligente y los beneficios brindados (Caballero, 2011) a todos los actores que se ven involucrados, los cuales son mencionados a continuación.

Beneficios para los consumidores:

-Información de consumo y precios horarios.
-Tarifas flexibles a su medida (prepago y otras).
-Facilidad cambio contratos.
-Potencial uso de domótica para controlar artefactos individuales.
-Mejora tiempo de atención y respuesta ante cortes.
-Potencial productor de energía.

Beneficios para las empresas distribuidoras:

-Satisfacción del consumidor.
-Excelencia en calidad técnica y comercial.
-Eficiencia en costos operacionales.
-Mejor uso de activos.
-Liderazgo en innovación.

Beneficios para el país:
-Gestión y disminución del consumo en punta e inversiones asociadas.
-Eficiencia Energética y reducción CO2.
-Ingreso de la Generación Distribuida con energías limpias.
-Reducción pérdidas comerciales y técnicas
-Posicionamiento y liderazgo tecnológico.

Figura 16 - Etapa diez story board: Conocer la situación actual de los usuarios de sistemas de medición inteligente en el país.

Se consideró necesario conocer la situación actual de los sistemas de medición inteligente dentro del país, para saber el grado de avance y alcance que ha tenido dentro de la población. Para esto se utilizaron datos del estudio realizado por Fernanda Villalobos (2016).

Desde que se promulgó la ley 20.571 del Ministerio de Energía en octubre de 2014, de un total de 680 solicitudes para instalar paneles solares en las viviendas, solo 122 proyectos han sido declarados ante la SEC.

Según datos de la Superintendencia de Electricidad y Combustibles, hasta mediados de febrero las distintas empresas distribuidoras recibieron un total de 680 solicitudes de información en relación a esta ley, lo que se ha traducido en 481 solicitudes de conexión. De éstas ya hay 122 proyectos declarados ante el ente fiscalizador, equivalentes a 1,76 MW.

"Un resultado muy insuficiente en particular en el mercado residencial (63% corresponde a viviendas y 21% a comercios e industrias) que debiese ser el motor como en otros países como Portugal, México, Brasil y EE.UU. Esta cifra podría ser mucho mayor si se compara con la experiencia internacional", subraya el presidente de la Asociación Chilena de Energía Solar (Acesol), Andrés Bogolasky (2016).

Bogolasky (2016) apunta también a que la ley "es necesaria, pero hay que cambiarla" porque "es fundamental modificar la forma de pago de los usuarios residenciales". Además, dice que "el proceso debería ser menos engorroso, aquí son seis formularios que se puede demorar seis meses en la instalación".

Actualmente en el país el KWh cuesta alrededor de $100. De ese total, la empresa distribuidora devuelve entre el 50 y 60%, por lo que "se castiga" a los usuarios con $40. La instalación puede costar entre US$2.500 y US$3.000 más IVA (al cambio de hoy, a $675, entre $1.687.500 y $2.025.000).

Este escenario poco favorable para los consumidores hace difícil proyectar un rápido aumento del número hogares que se integren a la medición inteligente. Por lo que los especialistas recomiendan modificar ciertos aspectos del proceso para poder facilitar el ingreso de nuevos usuarios a este sistema de medición inteligente. Cabe además señalar que actualmente, existen 1.070 instaladores eléctricos autorizados por la SEC para trabajar con la ley, quienes han sido capacitados por profesionales a través de 11 Seminarios realizados a lo largo del país.

Ya desarrollado el story board, del cual se pudieron obtener todos los datos objetivos planteados al comienzo de este, se puede pasar a la siguiente etapa la cual es desarrollar un red de problemas (TRIZ) para poder determinar el contexto especifico en donde se desarrollara el trabajo de título.

TRIZ

Analizando los resultados obtenidos por el trabajo del story board de la cual se obtuvo que el número de viviendas las que han ingresado a esta modalidad de generación y consumo de energía es reducido.

Por lo que esta será la problemática a desarrollar mediante la metodología TRIZ. La que será denominada: “Poco impacto de la ley de generación compartida de electricidad (ley 20571), dentro de los consumidores”. Siendo esta problemática identificada como Pb1. De la cual se irán desprendiendo soluciones parciales y nuevos problemas

Para el desarrollo de esta metodología se distinguirán los problemas en recuadros de color rojo y las soluciones parciales en recuadros de color azul.

Una vez desplegado todo el mapa de problemas y soluciones presentes, se escogerá un área determinada en donde se centrará el trabajo de título.

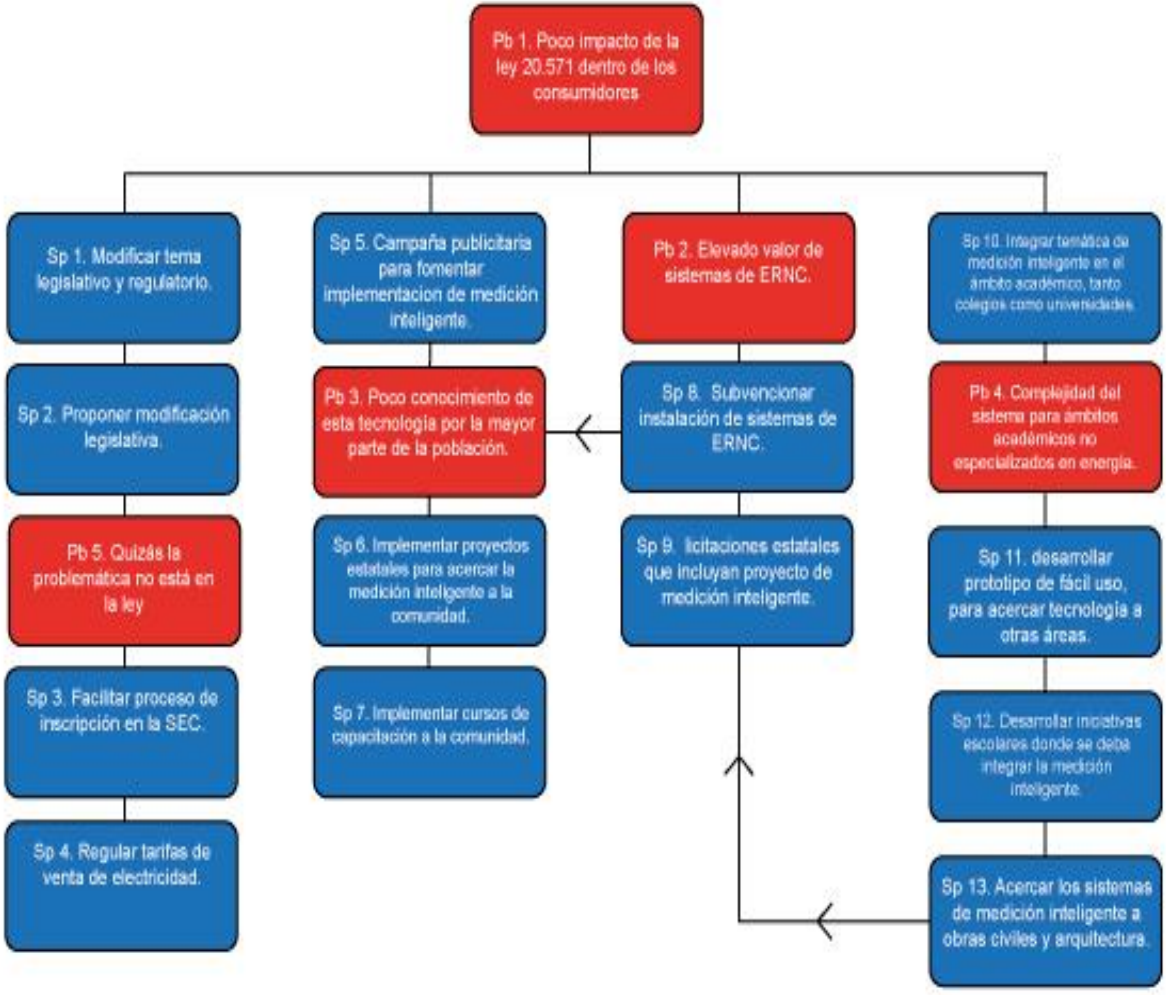

Figura 17 - Desarrollo mapa soluciones y problemas metodología TRIZ.

Para poder solucionar esta problemática se plantea la modificación del tema regulatorio de esta ley (Sp1.). Junto con esto se propone una modificación legislativa (Sp2.). Analizando estas soluciones parciales surge una nueva problemática, la cual es que tal vez el problema no esté en la ley (Pb5.). Para poder poder hacer más atractivo esto para los clientes se propone facilitar la inscripción en la SEC (Sp3.) junto con regular las tarifas de venta de electricidad (Sp4.) para hacerlas más atractivas económicamente para las clientes. Toda esta línea de problemas y soluciones ha sido descartada debido a que no está en nuestro alcance poder desarrollar algún cambio en los temas propuestos.

Para poder aumentar la popularidad de la propuesta se propone la realización de una campaña publicitaria que fomente la instalación de sistemas de medición inteligente (Sp. 5), pero puede darse la situación que la mayor parte de la población no conozca este tipo de tecnología (Pb. 3), por lo que una campaña no sería tan efectiva

A partir de esa problemática anterior se propone implementar proyectos de medición inteligente impulsados por el estado (Sp. 6), junto con cursos que capaciten a la población acerca de esta tecnología (Sp.7) y cómo poder aprovecharla para su beneficio.

Esta línea de problemas y soluciones no va de acuerdo a los objetivos que tiene el desarrollo de trabajo de Título de un ingeniero en Diseño de Productos

Por otra parte un gran problema es el elevado valor de implementación de proyectos de ERNC (Pb. 3) por lo que se forma una barrera de entrada para los clientes

Para esto se propone la subvención de proyectos que integren ERNC y medición inteligente (Sp. 8) con el fin de apalear los costos de instalación. Junto con esto se propone que las licitaciones estatales incluyan proyectos de ERNC con medición inteligente (Sp. 9)

Otra solución a la problemática general planteada (Pb. 1), es integrar la temática de medición inteligente en el ámbito universitario (Sp. 10) de esta forma poder internalizar esta tecnología a los futuros nuevos profesionales del país. Esto se podría ver complicado por el poco conocimiento en carreras no afines al ámbito de la electricidad y la medición inteligente (Pb. 4).

Por lo que se plantea desarrollar un prototipo de fácil uso (Sp. 11) para que todos los estudiantes puedan utilizarlo sin mayor dificultad.

Junto con esto se plantea la posibilidad de desarrollar iniciativas escolares donde se

promueva el desarrollo de proyectos que integren medición inteligente (Sp. 12). Y finalmente acercar los sistemas de medición inteligente junto con las ERNC a áreas de obras civiles y arquitectura (Sp. 13)

Analizando el mapa y cada uno de sus recuadros de ha tomado la decisión de trabajar en torno a las Sp. 10 y Sp. 11 donde se hace referencia a acercar la temática de medición inteligente al ámbito universitario y lograr un desarrollar un prototipo de fácil uso para que estudiantes de diversas áreas puedan aplicar y entender el proceso de medición inteligente, especialmente si este se trabaja con las ERNC.

Hubka

Para poder determinar la configuración optima de los elementos dentro del prototipo se evaluaron diferentes configuraciones a las cuales se les evalúo en diferentes aspectos. Donde la configuración con una mejor evaluación será la escogida para ser aplicada en el prototipo.

En primera instancia se realizó el método Hubka para determinar la configuración de los componentes del concentrador, el cual está compuesto por dos elementos: sistema Raspberry Pi modelo B y una antena RTL-SDR.

A continuación se muestran las diferentes configuraciones realizadas para su posterior evaluación:

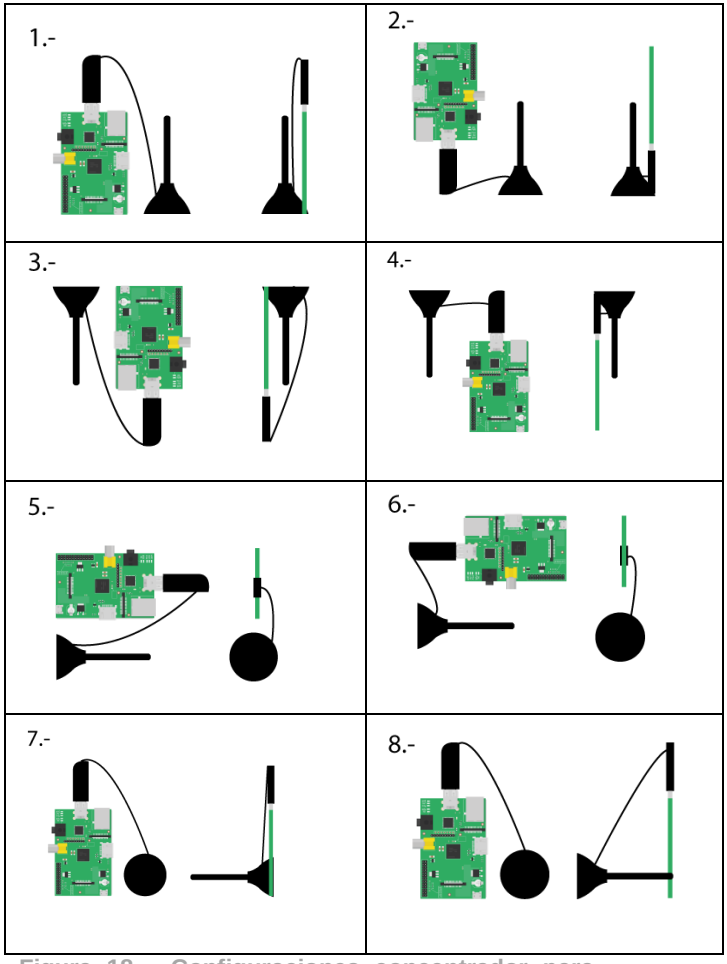

Figura 18 - Configuraciones concentrador para aplicación de modelo Hubka.

En cada una de las imágenes presentes en la figura 18, se muestra la vista frontal junto con una vista lateral de la configuración de los componentes del concentrador

Los criterios que se escogieron para evaluar cada configuración son los siguientes:

Tamaño: se evaluara el volumen que ocupa el concentrador ensamblado, tomando como optimo el menor volumen posible, por temas de optimización de espacio y temas de ahorro de materiales al momento de confeccionar el cubículo donde estarán dispuestos los componentes. Este criterio tendrá un peso del 30% de la evaluación

Recepción de la señal: se evaluara la forma en que está dispuesta la antena y cómo esta reacciona a la recepción de las ondas, tomando en cuenta que la antena abarca una mayor área de cobertura cuando es ubicada de manera vertical a la horizontal del suelo. Este criterio tendrá un peso del 30% de la evaluación

Unión de componentes: se evaluará la manera en que se unen los componentes a través de cableado u otro tipo de uniones, siendo la óptima la que reduzca la distancias de esta evitando interferencias o daños. Este criterio tendrá un peso del 10% de la evaluación

Seguridad: que la disposición de los elementos no produzca peligro a los usuarios al momento de usar o transportar el concentrador. Este criterio tendrá un peso del 20% de la evaluación

Apariencia: se evaluará la estética de la composición de los elementos. Este criterio tendrá un peso del 10% de la evaluación

Cada criterio se evaluara con una calificación que va desde 1 a 10, donde el 1 es cuando el criterio no es satisfecho y el 10 es cuando el criterio se satisface completamente.

Tabla 2 - Aplicación modelo Hukba en diseño de concentrador.

Configuración		**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**
Criterio	%								
Tamaño	30	8	8	8	8	8	8	3	3
Recepción	30	8	8	10	10	5	5	5	5
Unión	10	5	8	5	8	5	8	5	5
Seguridad	20	8	8	8	8	8	8	8	8
Estética	10	8	8	8	8	8	8	5	5
Total		7,7	8	8,3	**8,6**	6,8	7,1	5	5

Observando los resultados de la tabla de evaluación, se pude determinar que la configuración que obtuvo una mayor calificación fue la configuración número 4 (figura 19). Por lo que esta es la configuración que se utilizará para confección del concentrador.

4.-

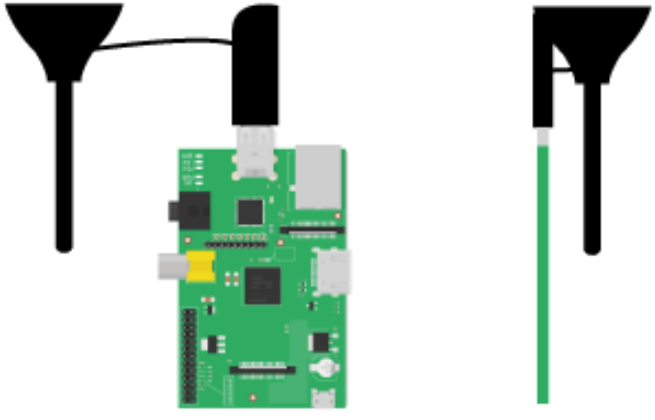

Figura 19 - Configuración escogida para el concentrador.

A continuación se realizara el método Hubka para determinar la configuración óptima del prototipo en su totalidad

El prototipo consta de 4 partes Panel solar, concentrador, inversor y medidor

Los criterios que se evaluarán serán los siguientes:

Relación de los componentes con el entorno: se evaluará la ubicación de cada componente y su relación con el entorno para poder velar por el óptimo funcionamiento del prototipo. Este criterio tendrá un peso del 25% de la evaluación.

Interacción con componentes adyacentes: se avaluará la interacción de cada componente con los componentes adyacentes, para optimizar el funcionamiento del prototipo. Este criterio tendrá un peso del 25% de la evaluación.

Forma: se evaluará la forma final que adquiere el prototipo, buscando optimizar el volumen que ocupará y de qué forma será utilizado. Este riterio tendrá un peso del 20% de la evaluación.

Seguridad: que la disposición de los elementos no produzca peligro a los usuarios al momento de usar o transportar el prototipo. Este criterio tendrá un peso del 20% de la evaluación.

Apariencia: se evaluara la estética de la composición de los elementos. Este criterio tendrá un peso del 10% de la evaluación.

Cada criterio se evaluara con una calificación que va desde 1 a 10, donde el 1 es cuando el criterio no es satisfecho y el 10 es cuando el criterio se satisface completamente

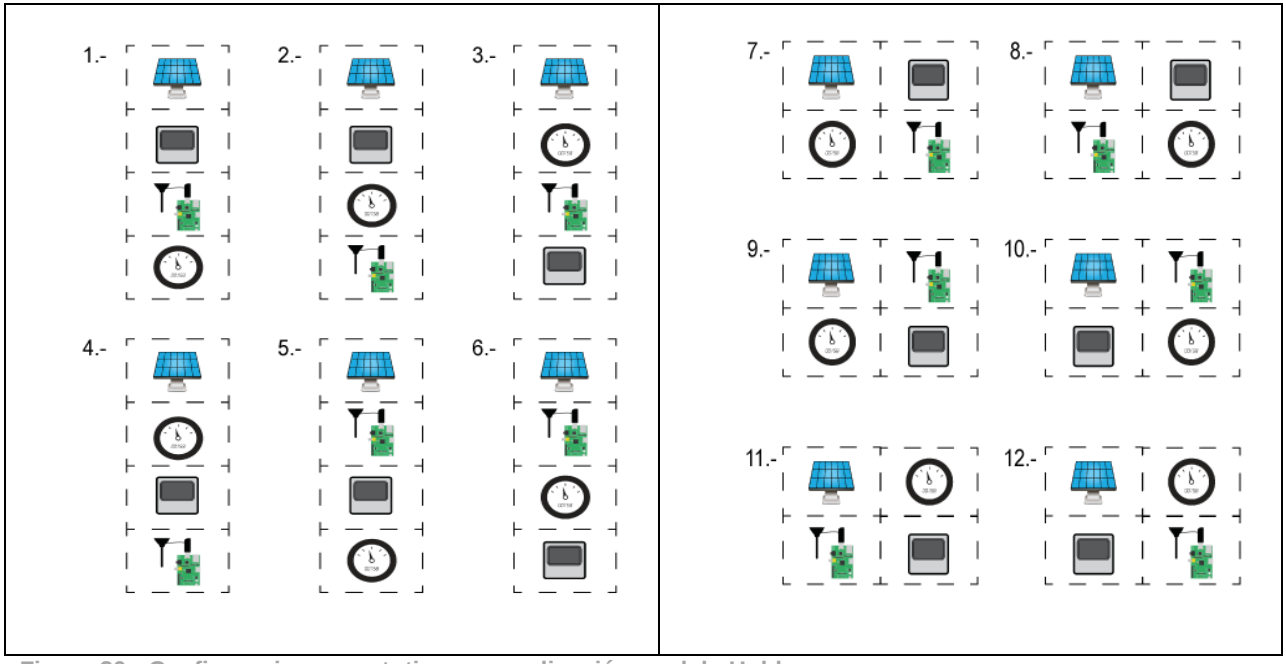

Figura 20 - Configuraciones prototipo para aplicación modelo Hubka.

Tabla 3 - Aplicación modelo Hubka en diseño de prototipo.

Configuración		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Criterio	%												
Interacción externa	25	10	10	10	10	10	10	8	8	8	8	8	8
Interacción interna	25	10	5	3	3	5	3	5	5	5	5	3	3
Forma	20	8	8	8	8	8	8	5	5	5	5	5	5
Seguridad	10	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
Apariencia	10	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
Total		**8,2**	7	6,5	6,5	6,95	6,5	5,9	5,9	5,9	5,9	5,4	5,35

Observando los resultados de la tabla de evaluación, se pude determinar que la configuración que obtuvo una mayor calificación fue la configuración número 1. Por lo que esta es la configuración que se utilizará para confección del prototipo.

Becattini

Este modelo se utiliza para establecer una serie de parámetros y requerimientos de nuestro proyecto a desarrollar, junto con esto se define el producto, sistema, objeto y función útil. Esto se observa en la figura 20.

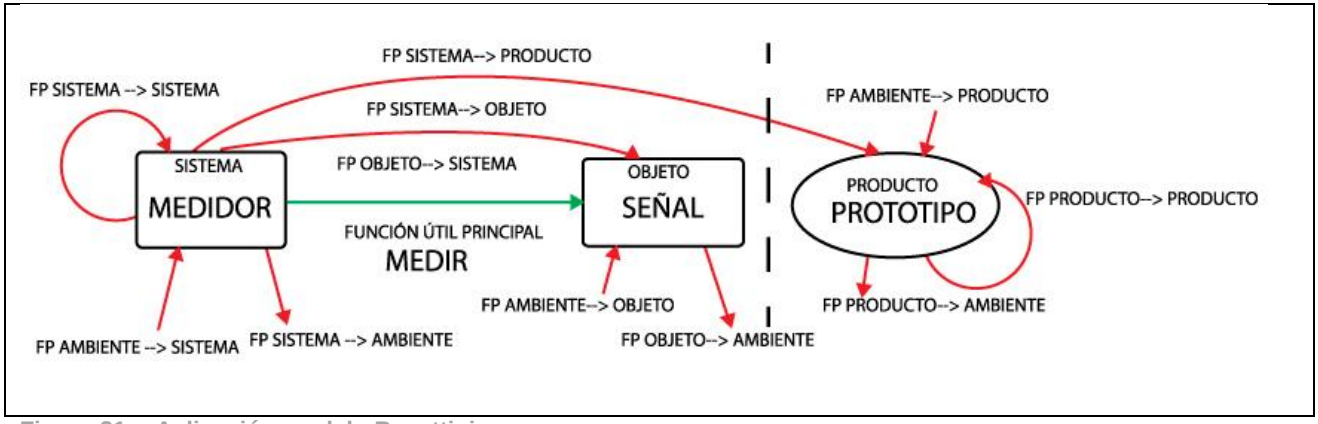

Figura 21 - Aplicación modelo Becattini.

Producto: es el prototipo del conjunto de elementos que cumplen la tarea de realizar la medición inteligente.

Sistema: medidor inteligente.

Objeto: señal que produce el medidor.

Función útil: la función útil principal es medir.

Junto con esto se desarrollan una serie de parámetros y requerimientos los cuales son nombrados a continuación:

1. Parámetros de evaluación relacionados con la entrega de una función útil
2. Parámetros de evaluación relacionados con la entrega de una función nociva (FP)
3. Parámetros de evaluación relacionados con los recursos de consumo

Se evaluaran una serie de parámetros relacionados con la entrega de la función útil la cual en este caso es medir y como esta se relaciona con el producto junto con la calidad y características que posea este.

Características de la necesidad del producto

Se determinaron la popularidad y la urgencia del producto dentro de cuatro áreas:

USM - finés académico: hace referencia al potencial uso de este producto para investigación y docencia dentro de la Universidad Técnica Federico Santa María y su potencial uso en otras instituciones académicas.

Empresas TIC: empresas que desarrollan y trabajan con las tecnologías de la información y comunicación.

Empresas Manufactureras: empresas que realizan procesos productivos para obtener un producto final, para disponer a la venta.

Vivienda: sector residencial.

Se clasifico en escala de BAJO-MEDIO-ALTO.

Popularidad de la necesidad

USM- fines académicos: ALTO, ya que al ser una tecnología que no está masificada en el sector eléctrico en Chile, pero que se espera que en el futuro tome protagonismo, posee un alto atractivo para aplicar en esta área.

Empresas TIC: ALTO, ya que al ser una tecnología que no está masificada en el sector eléctrico en Chile, pero que se espera que en el futuro tome protagonismo, posee un alto atractivo para aplicar en esta área.

Empresas manufactureras: BAJO, las empresas manufactureras tienen poca posibilidad de manejar su consumo eléctrico, debido a que deben responder a una producción, por lo que no se hace muy atractivo el producto.

Vivienda: BAJO, las dificultades para la instalación y masificación de este sistema de medición, junto con el poco interés de la población no hacen atractiva la pronta implementación del producto.

Urgencia de la necesidad

USM- fines académicos: ALTO ya que al ser una tecnología que no está masificada en el sector eléctrico en Chile, pero que se espera que en el futuro tome protagonismo, posee un alto atractivo para aplicar en esta área.

Empresas TIC: ALTO, ya que al ser una tecnología que no está masificada en el sector eléctrico en Chile, pero que se espera que en el futuro tome protagonismo, posee un alto atractivo para aplicar en esta área.

Empresas manufactureras: MEDIO, serviría para controlar de una mejor forma el consumo energético con posibles medidas para evitar que el país ingrese en un déficit energético.

Vivienda: ALTO, serviría para controlar de una mejor forma el consumo energético con posibles medidas para evitar que el país ingrese en un déficit energético.

Logro Umbral

Calidad del producto

Selección del medidor: se debe escoger un medidor que pueda cumplir con el proceso de medición inteligente. Lo que implica registrar tanto el consumo como la generación de electricidad y poder comunicar estos datos al concentrador.

Configuración de elementos de manera ilustrativa: la configuración propuesta debe ser intuitiva para el usuario

Mostrar información de la manera adecuada: la información debe ser mostrada de forma que no dé lugar a interpretaciones

Cantidad del producto

Proporcionar información en la medida justa: el dispositivo debe entregar la información justa y necesaria para el correcto análisis de los datos.

Cantidad de mediciones que puede realizar: el prototipo debe ser capaz de realizar una cierta cantidad de mediciones por determinado intervalo de tiempo que posteriormente se definirá, esta cantidad se establecerá de acuerdo a los requerimientos que plantea la medición en tiempo real

Adaptabilidad

Versatilidad

Modular: para que el producto sea versátil se estableció que un requisito fundamental es que este sea modular, lo que quiere decir que sus componentes pueden ir siendo cambiados de posición dentro del conjunto y este no perderá sus características fundamentales. Para lograr esto se trabajara con el concepto de slot together.

Fácil de armar y desarmar: se estableció que el producto debe ser fácil de armar y desarmar, debido a que esto le dará mayor usabilidad en el contexto universitario, ya que los espacios son reducidos y utilizados por otras investigaciones, para este requerimiento se trabajara bajo el concepto de slot together.

Ocupe poco espacio al momento de ser guardado: el producto debe utilizar poco espacio al momento de ser almacenado, ya que los espacios dentro del contexto asignado son reducidos, para este requerimiento se trabajara bajo el concepto de slot together.

Apilable al momento de ser guardado: si es necesario almacenar dos o más productos estos se deben poder apilar para optimizar el espacio, para este requerimiento se trabajara bajo el concepto de slot together.

Poder ser utilizado correctamente por cualquier estudiante: es necesario asegurar que cualquier estudiante de cualquier área pueda utilizar el producto sin mayores complicaciones, para esto se rotulara e indicara cada elemento y la función que cada uno de estos cumple.

Hacer manual de instrucciones: se debe realizar un manual de instrucciones que sea fácil de comprender por cualquier estudiante o persona que necesite usar el producto.

Robustez

EL producto debe ser capaz de funcionar con diferentes modelos de sus elementos: el producto debe aceptar diferentes modelos y versiones de cada uno de sus componentes y que esto no afecte su función útil, para esto el producto estará adaptado para soportar diferentes elementos mediante diferentes tipos de soportes para estos.

Diferenciación entre elementos y funciones del producto: se rotularan de manera visible y entendible los diferentes elementos del producto, y se explicaran las funciones dentro de él.

Sensibilidad

Sensibilidad a las perturbaciones externas (cantidad)

Mantener la cantidad de mediciones en el tiempo: se deben obtener la misma cantidad de mediciones sin importar las perturbaciones externas que se presenten, específicamente climáticas

Sensibilidad a las perturbaciones externas (calidad)

Mantener la calidad de mediciones en el tiempo: se deben obtener la misma calidad de mediciones sin importar las perturbaciones externas que se presenten, específicamente climáticas

Controlabilidad

Controlabilidad de la cantidad

Poder controlar el número de mediciones: controlar el número de mediciones en un determinado periodo

2.- Parámetros de evaluación relacionados con la entrega de una función nociva (FP)

FP sistema VS objeto/producto

Integridad del objeto

Medidor daña el prototipo debido a su mal acoplamiento (sistema vs producto): la instalación del sistema (medidor) no debe dañar al producto, se utilizara un sistema de acoplamiento que no permita la posibilidad de daño entre los elementos.

Medidor provoca ruido que interfiere en la señal (sistema vs objeto): el sistema podría provocar interferencias que dañen al objeto (señal).

FP sistema VS ambiente

Producción de ruido

El sistema (medidor) debe emitir la menor cantidad de ruido posible al ambiente durante su funcionamiento: el medidor no debe emitir ruido en el ambiente

Calor descargado hacia el medio ambiente

El sistema (medidor) debe emitir la menor cantidad de calor posible al ambiente durante su funcionamiento:

Contaminación ambiental

El sistema (medidor) debe emitir la menor cantidad de contaminación ambiental posible durante su funcionamiento: durante el funcionamiento del sistema no se deben generar contaminación ambiental

Seguridad del usuario

El sistema no debe presentar riesgo para la integridad del usuario: No debe existir riesgo alguno en el usuario al momento de utilizar el sistema, siempre y cuando sea usado correctamente

FP sistema VS sistema

Vida esperada del sistema

Cuál es la vida útil esperada para el sistema (medidor): el medidor debe tener una vida útil de acuerdo a sus características de fabricación.

Objeto VS sistema

Elevada cantidad de señales podrían interferir en el medidor: la cantidad de señales emitidas no deben interferir en la medición

Objeto VS ambiente

Elevada cantidad de señales podrían afectar el ambiente: se controlara la cantidad de señales que se emiten dentro de un intervalo de tiempo, analizando el potencial daño que podrían causar y se establecerá un máximo de señales por intervalo de tiempo.

FP producto VS producto

Residuos del producto

Evitar el desgaste del producto por armado y desarmado: para esto las uniones y ensambles del producto deben ser diseñadas pensando en numerosos ciclos de armado y desarmado.

FP ambiente VS sistema/producto

Resistencia a factores climáticos

Garantizar la resistencia del sistema/producto frente a la corrosión y oxidación: se desarrollaran sistemas de protección para evitar la corrosión y la oxidación.

3.-Parámetros de evaluación relacionados con los recursos consumos

Espacio

Accesibilidad

Todos los elementos del producto deben ser de fácil accesibilidad durante su uso: Se diseñara el producto garantizando que todos sus elementos sean accesibles durante su uso.

Área utilizada

Determinar el área que utilizará el producto: el área utilizada por el producto debe ser lo más reducida posible.

Capacidad de almacenamiento: el prototipo debe desmontarse y poder ser almacenado utilizando un 30% del volumen que utiliza cuando está en funcionamiento.

Espacio necesario para el desmontaje: no se debe necesitar un espacio extra para el desmontaje.

Tiempo

Rapidez en la entrega de la función

Tiempo mínimo y máximo en que el sistema entregara la función útilel tiempo de mínimos

y máximos de la entrega de la función útil deben ser el mismo que el periodo determinado para cada medición

Tiempo fijado para mantenimiento

Tiempo estipulado para el mantenimiento o la falla del producto: se establecerá un tiempo el cual será el periodo en el cual se debe hacer una mantención al producto.

Tiempo de montaje/desmontaje

Tiempo que toma montar y desmontar el producto: tiempo que toma el usuario en montar y desmontar el producto. Este no debe exceder los 10 minutos

Información

Sensibilización de los usuarios: con la lectura de un simple instructivo los usuarios, deben obtener la información necesaria para el montaje y funcionamiento del producto.

Competencia de los mantenedores: en el instructivo deben estar especificadas las posibles fallas y como se deben solucionar.

Facilidad de uso: con la información del instructivo, los usuarios deben ser capaces de utilizar correctamente el producto

Facilidad de instalación: con la información del instructivo, los usuarios deben ser capaces de instalar correctamente cada componente del producto.

Facilidad de desmontaje: el proceso de desmontaje debe ser sencillo e intuitivo.

Complejidad: Las piezas deben ser fácilmente reconocibles por los usuarios, y de la forma que interactúan entre sí.

Materiales

Portabilidad: el producto puede ser transportado tanto ensamblado, por partes o desarmado.

Materiales consumibles: el producto no utilizará materiales consumibles.

Reutilización: Es posible reutilizar el producto en otras estaciones de medición.

Energía

Energía Necesaria para el trabajo: energía necesaria para garantizar el correcto funcionamiento del producto, el producto debe estar conectado a la red eléctrica en el caso de medición de generación.

Dependencia de un determinado tipo de energía: El producto depende de energía eléctrica desde el tendido público y de energía solar obtenida a través de paneles fotovoltaicos. Garantizando la medición de generación y consumo.

Número de trabajadores: el producto necesita puede ser utilizado a partir de un solo usuario

Prototipo

Formas y funcionamiento

Tal como se planteó en las atapas anteriores el prototipo debe cumplir una serie de parámetros que fueron establecidos arbitrariamente, dentro de los cuales destaca que este debe ser modular y ensamblable para así facilitar las tareas de transporte, armado y almacenamiento.

El prototipo estará compuesto por tres secciones, cada una de las cuales albergara una tarea específica en el proceso de medición inteligente. Estas secciones se podrán trabajar apiladas entre sí, además de tener la libertad de poder ser utilizadas por separado, de esta forma poder dar mayor libertad a los experimentos en el proceso de medición inteligente.

Sección Medidor: en esta sección se albergara el medidor bidireccional, el cual es el encargado de brindar los datos de consumo y generación de electricidad

Sección Concentrador: en esta sección estará dispuesto el concentrador, el cuales tiene la tarea de almacenar y transmitir los datos generados por el medidor.

Sección Panel Solar: en esta sección estarán dispuestos dos elementos, en primer lugar un panel solar encargado de transformar la energía solar en energía eléctrica junto con un inversor que es el encargado de transformar la energía eléctrica. Junto con el panel se encuentra un inversor el cual está encargado de transformar la corriente continua generada por el panel solar en corriente alterna apta para el uso doméstico.

Representación gráfica

Modelos 3d

A continuación se presentara la solución propuesta al prototipo tanto como para cada sección como para el prototipo completo. El desarrollo realizado en las uniones será detallado en el siguiente ítem.

En primera instancia se desarrolló el concentrador el cual está compuesto con el sistema de comunicación y almacenamiento anteriormente mencionado. Este sistema fue posicionado en una caja de acrílico como se muestra a continuación.

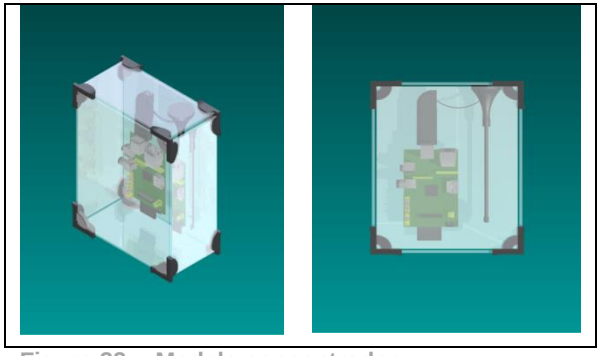

Figura 22 - Modelo concentrador.

Cada sección posee la misma base, las cuales son 3 placas unidas con las sujeciones desarrolladas, presentando variaciones las cuales serán explicadas a continuación

Sección Medidor: esta sección está compuesta por tres paneles junto con las piezas que brindan sujeción y soporte de la estructura. En el panel posterior va dispuesto el medidor lo cual le brinda gran visibilidad y manejabilidad en el proceso de experimentación.

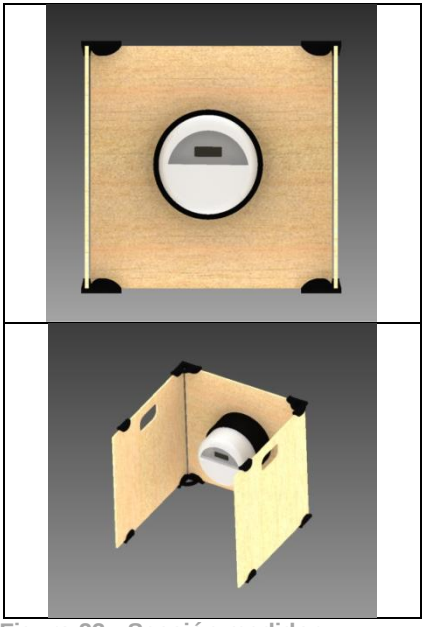

Figura 23 - Sección medidor.

Como se aprecia en las imágenes el medidor queda dispuesto para su visualización y uso sin problemas durante el proceso de experimentación.

Sección concentrador: esta sección igualmente está compuesta por 3 paneles unidos por las piezas de sujeción, en donde en el panel posterior se encuentra el concentrador.

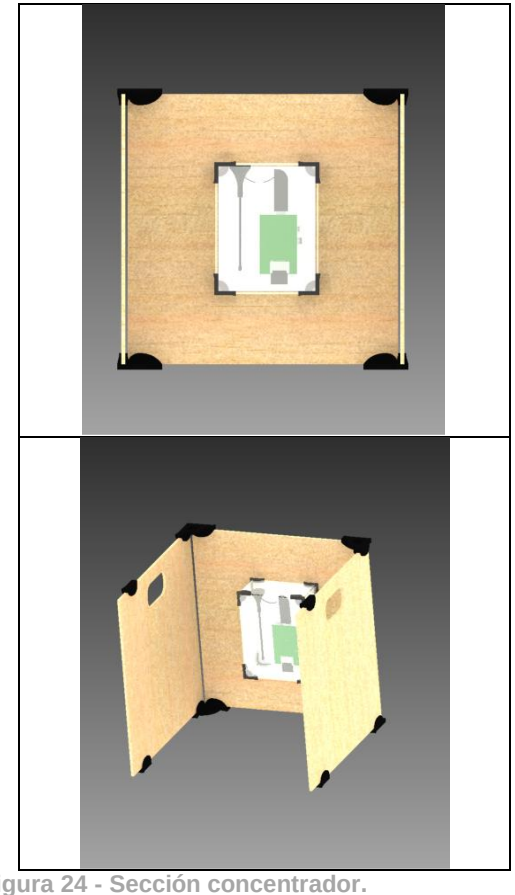

Figura 24 - Sección concentrador.

Sección Panel Solar: Esta sección está compuesta por cuatro paneles, los tres primeros cumplen la misma función que en las secciones anteriores a su vez albergan el inversor. El cuarto panel está ubicado sobre los tres paneles anteriores dejando lugar para poder posicionar el panel solar

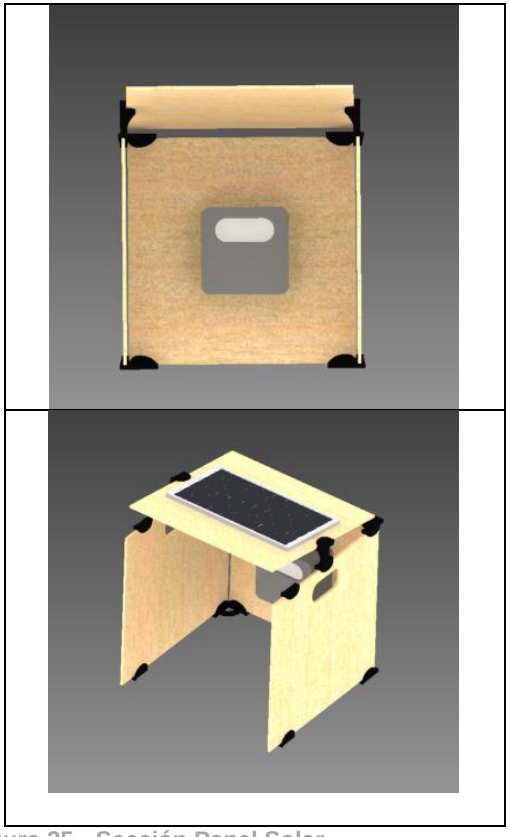

Figura 25 - Sección Panel Solar.

Conjunto completo: el conjunto completo está compuesto por las tres secciones las cuales se pueden apilar, esto debido a la posibilidad que brindan las piezas de sujeción desarrolladas. De esta forma el prototipo se puede utilizar como conjunto ensamblado o como cada sección de forma independiente.

Figura 26 - Conjunto completo.

Desarrollo de uniones

Se desarrollaron uniones, las cuales tienen como principal característica de que no necesitan tornillos o pernos para cumplir su función, es decir la ranura que poseen tiene la capacidad de sostener los paneles y a su vez da posibilidad de poder retirar los paneles con un pequeño esfuerzo. A su vez las uniones son ensamblables entre sí.

Para este prototipo se desarrollaron 4 tipos de uniones, las que se detallan a continuación:

Unión lateral: Cumple la función de unir dos paneles de forma vertical, además funciona como soporte cuando el panel va en contacto con el suelo. Existen tres formatos de esta pieza, la pieza macho, pieza hembra y pieza estándar la cual se utiliza cuando el panel va en el suelo.

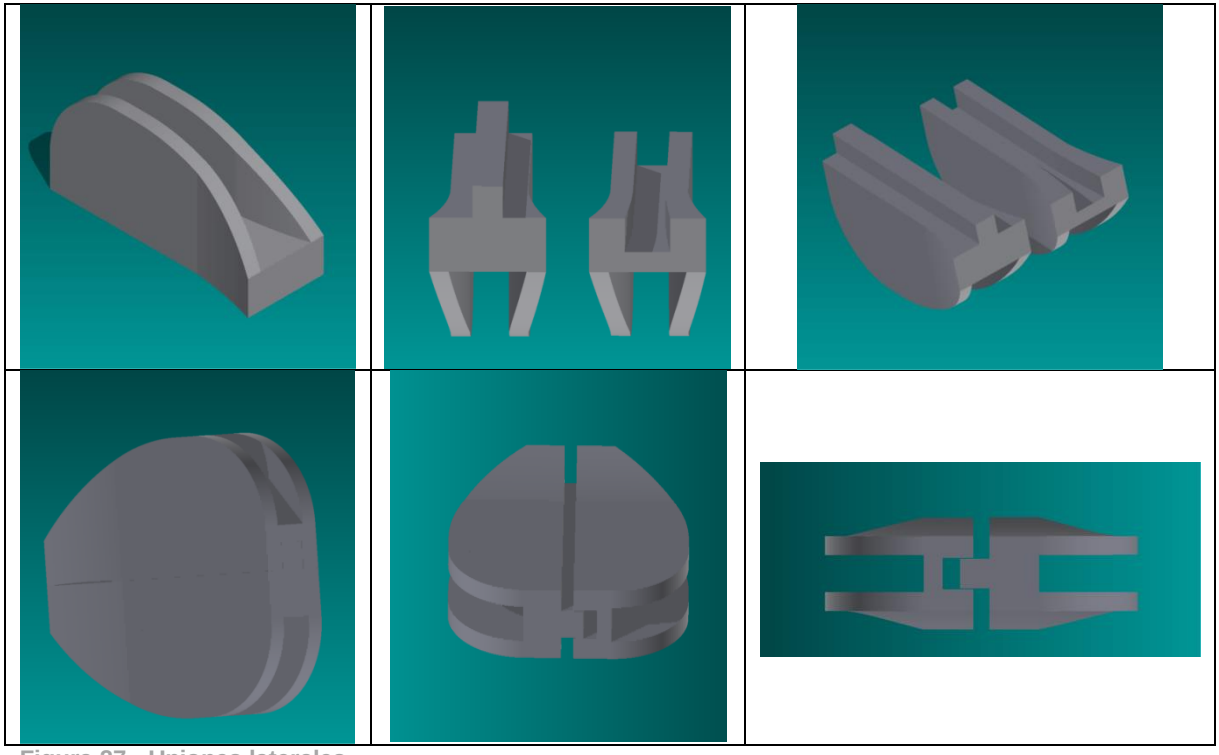

Figura 27 - Uniones laterales.

En las imágenes se puede apreciar la forma en que se ensamblan las piezas para poder formar la unión vertical.

Unión Codo: cumple la función de unir dos paneles de forma perpendicular, realizando la unión en sus esquinas, al ensamblar dos codos se pueden unir verticalmente dichos paneles ya unidos perpendicularmente. Existen tres formatos de esta pieza, la pieza macho, pieza hembra y pieza estándar la cual se utiliza cuando el panel va en el suelo.

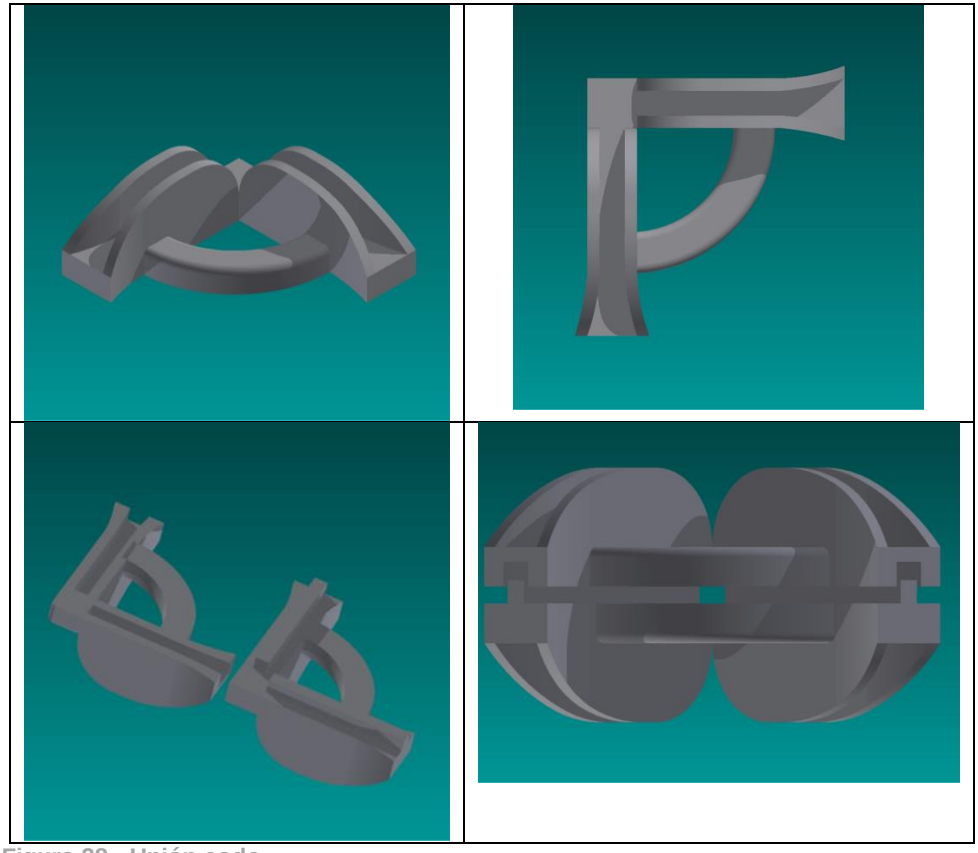

Figura 28 - Unión codo.

Unión placa panel solar: Cumple la función de realizar la unión de un panel vertical con un panel horizontal en el cual ira ubicado el panel solar.

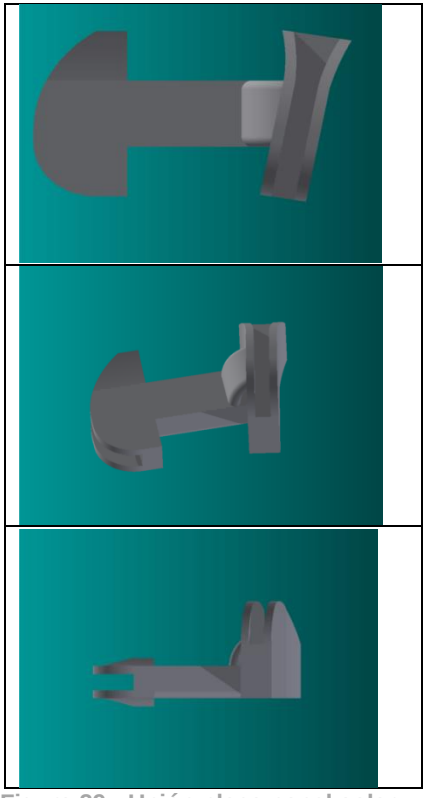

Figura 29 - Unión placa panel solar.

Unión codo tri-direccional: cumple la función de unir tres paneles a los largo de los ejes (x,y,z).

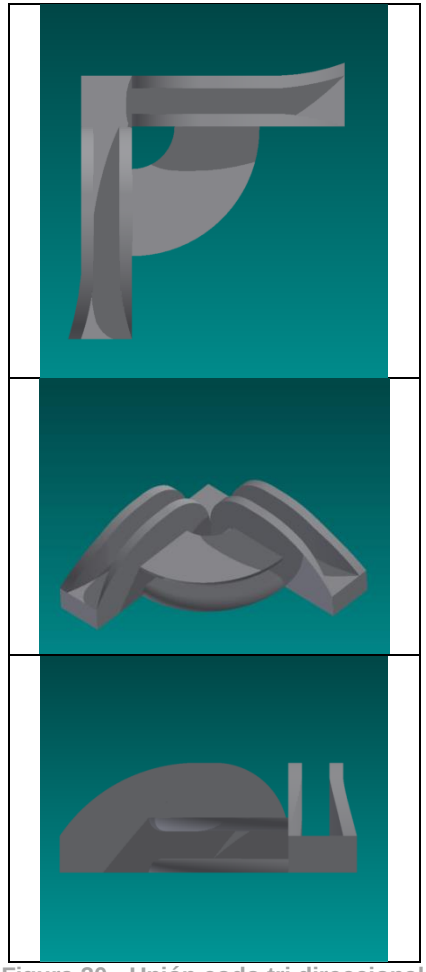

Figura 30 - Unión codo tri direccional.

A continuación se ilustraran las etapas del desarrollo de las piezas y cómo fueron evolucionando.

En primera instancia se desarrollaron piezas enfocándose en la funcionalidad, presentando geometrías rectas. En un posterior desarrollo se presentaron curvas en las esquinas para hacer más atractivos las piezas

Para las uniones se desarrolló en un primer momento una pieza única la cual posibilitaba dos paneles de manera vertical, pero en las pruebas de uso, se evidencio que al momento de separar las secciones estas piezas perdían funcionalidad, ya que quedaba disponible la unión para otro panel sin uso e interfería en el en la sección que quedaba con la pieza. Por lo que la pieza fue dividida en dos partes ensamblables, lo cual brinda mayor versatilidad

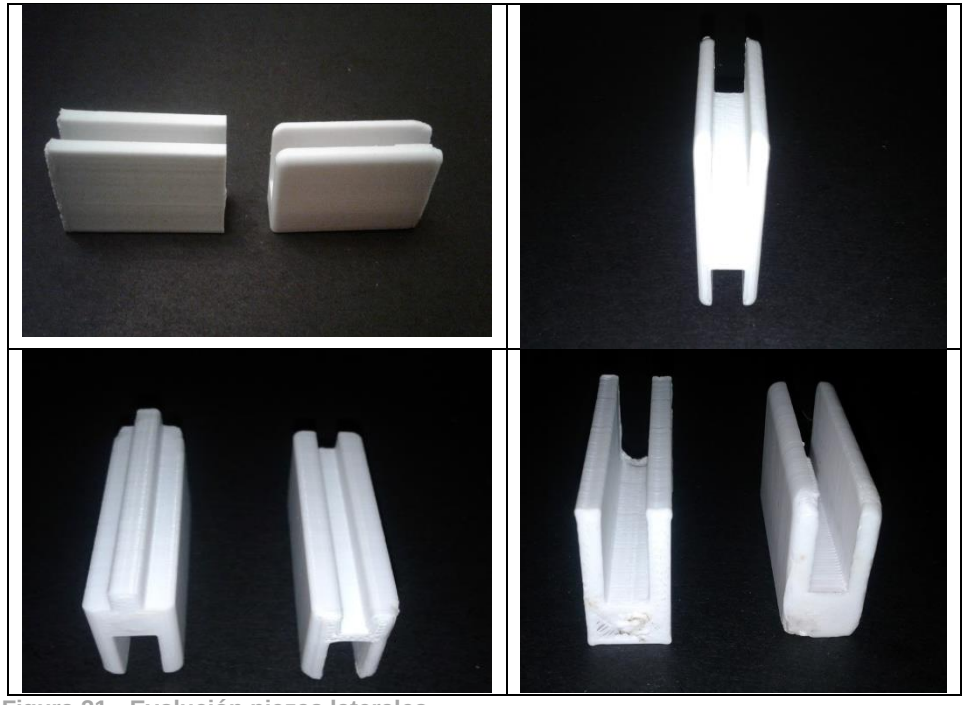

Figura 31 - Evolución piezas laterales.

Este desarrollo se aplicó igualmente a los codos como se ve evidenciado en las imágenes presentes a continuación.

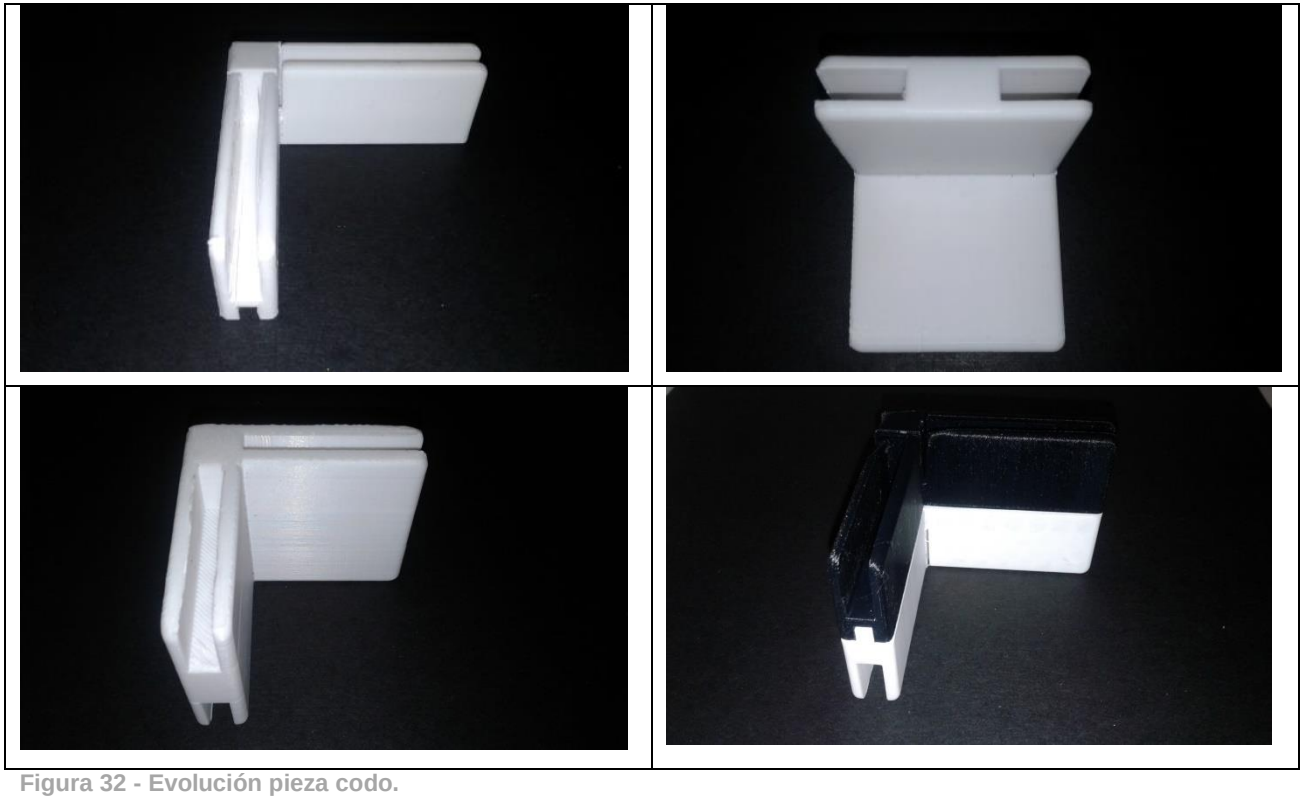

Figura 32 - Evolución pieza codo.

Teniendo un set de piezas completamente funcionales, se procedió a analizar qué aspectos era posible mejorar, tomando en cuenta las posibilidades que nos brinda la fabricación mediante la impresión 3d. Los aspectos críticos analizados junto con su solución son los siguientes:

Entrada de los paneles: Al momento de introducir los paneles en las piezas de unión en ocasiones estos entraban con mucha dificultad, debido a que la medida de la rendija es la misma que la del espesor de los paneles, a esto se suma que el espesor de los paneles no es homogéneo en la totalidad de su área, por lo que en lugares supera el ancho establecido de fábrica.

La solución para este problema fue diseñar una entrada para los paneles la cual posee un mayor espesor que los paneles y se va angostando hasta llegar al espesor que permite el normal funcionamiento de la pieza. De esta forma la entrada de los paneles en las piezas de unión

Ergonomía: las piezas de unión presentan una geometría plana en su superficie, lo cual dificulta la manipulación de estas por parte de los usuarios, ya que es necesario aplicar una fuerza mayor para poder mover estas piezas.

La solución a esta problemática fue ensanchar la parte donde se manipula la pieza, de esta forma la fuerza aplicada por el usuario es menor para poder montar/desmontar las piezas de unión

Apariencia: la geometría presentada por las piezas es recta en sus esquinas, lo cual no presenta un atractivo visual para los usuarios.

La solución para esta problemática fue darle curvatura a la pieza, de esta forma presentan un mayor atractivo visual para los usuarios.

A continuación se muestran cómo quedaron las piezas finales que serán utilizadas en el prototipo.

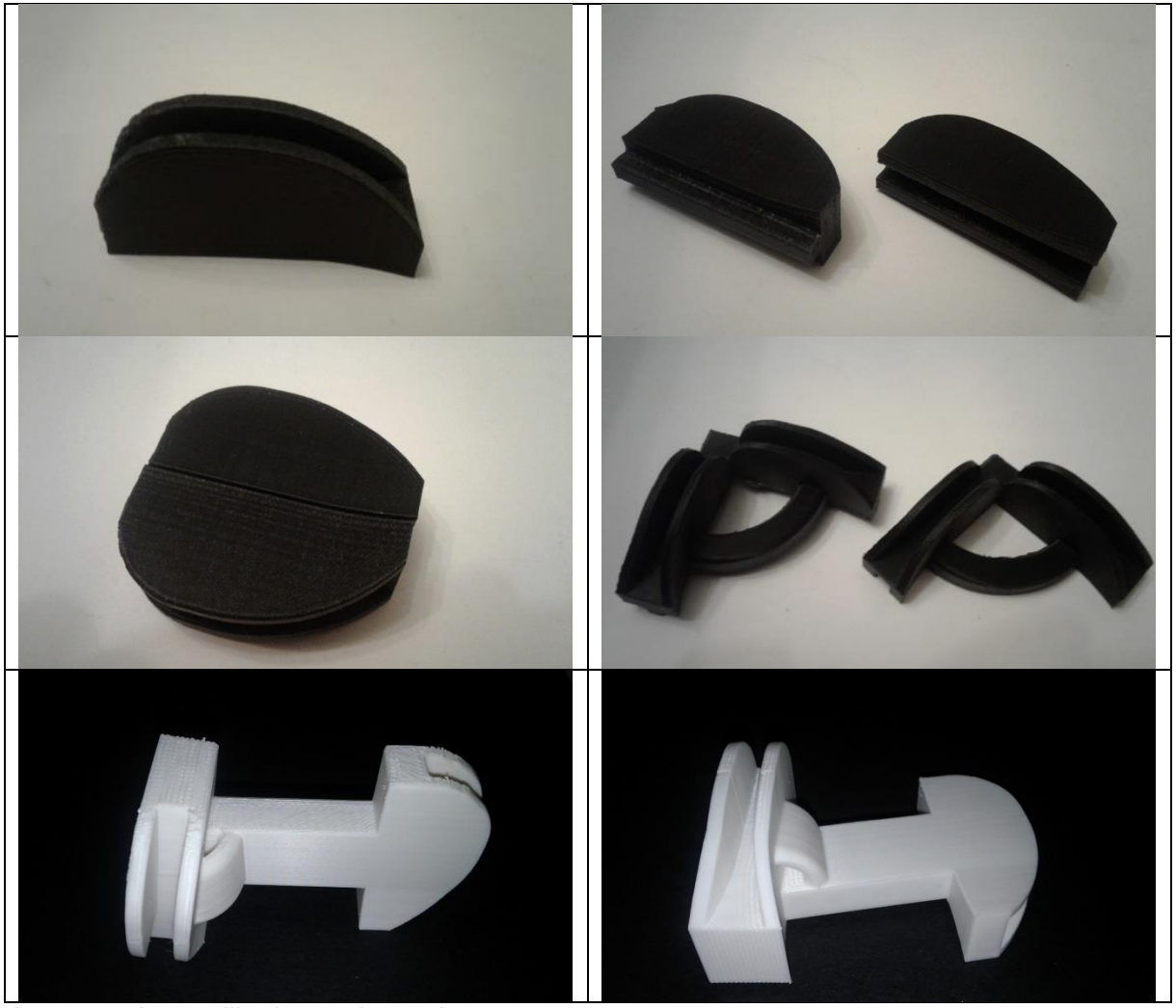

Figura 33 - Piezas utilizadas en el prototipo.

Se fabricó un prototipo para poder evaluar prácticamente los requerimientos anteriormente expuestos.

Materiales

Los materiales utilizados para la fabricación del prototipo son los siguientes:

Paneles laterales: los paneles laterales son de madera terciada de 6 milímetros de espesor. Estos paneles fueron cortados por medio de corte láser

Caja de concentrador: la caja del concentrador fue fabricada con acrílico transparente de 3 milímetros de espesor. Las piezas fueron cortadas por medio de corte láser

Uniones: las uniones fueron fabricadas mediante el proceso de impresión 3D, específicamente el proceso FDM (modelado por deposición fundida).

Fabricación de paneles y uniones

A continuación se detallan los tiempos y material utilizado para la fabricación de cada pieza del prototipo.

Las piezas fueron fabricadas en la impresora Flash Forge Creator Pro, en calidad estándar, patrón de relleno hexagonal y con un relleno de un 15%.

Tabla 4 - Tiempo y material utilizado en piezas 3D

Pieza	Filamento (m)	Tiempo (min)	Unidades	Total Filamento (m)	Total tiempo (min)
Unión lateral	2,63	41	10	26,3	410
Codo	7,14	128	12	85,68	1536
Unión panel solar	8,79	114	2	17,58	228
Unión concentrador	1,59	35	8	12,72	280
Total Prototipo	-	-	-	142,28	2454

A continuación se detallan los tiempos utilizados mediante corte láser para la fabricación de los paneles de madera y la caja que cumple la función de concentrador.

Tabla 5 - Tiempo corte láser

	Tiempo corte (min)	Unidades	Total tiempo (min)
Panel lateral	3	6	18
Panel fondo	2	4	8
Concentrador fondo	1	2	2
Concentrador lateral	1	2	2
Concentrador superior	1	2	2
Total prototipo			32

Aspectos críticos

Uno de los aspectos críticos en la fabricación del producto se produjo al momento de fabricar las uniones mediante impresión 3D. Las uniones están sometidas a esfuerzos mecánicos por parte de los paneles al momento de que estos son ensamblados dentro de ellas, este esfuerzo mecánico es soportado de diferente forma dependiendo de la dirección con la que se encuentre el filamento del proceso de impresión 3D.

En las piezas cuales la dirección del filamento es paralela al esfuerzo sometido, estas presentaron fractura casi al instante en que se introducía el panel dentro de las uniones

Por lo que fue fundamental en el proceso de diseño y fabricación la dirección en la cual se encontraría el filamento dentro de la pieza, ya que solo cambiar la dirección de la pieza en la mesa de impresión determinaba si esta pieza sería útil o no en el producto final. Para solucionar este problema se debió ubicar las piezas de cierta forma que nunca el filamento quedara de manera horizontal al esfuerzo mecánico que recibirá.

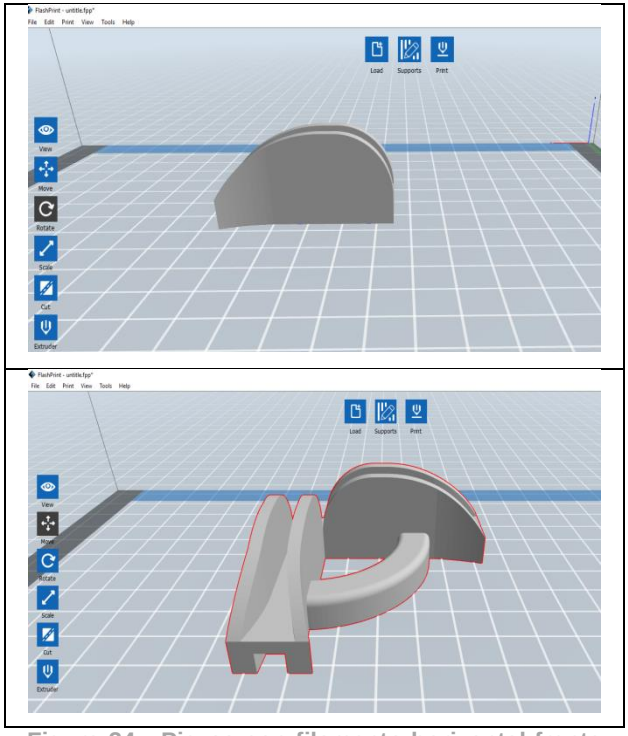

Figura 34 - Piezas con filamento horizontal frente al esfuerzo mecánico

Como se aprecia en las imágenes anteriores la dirección del filamento quedará dispuesta de manera horizontal al esfuerzo mecánico que ofrecen los paneles de madera.

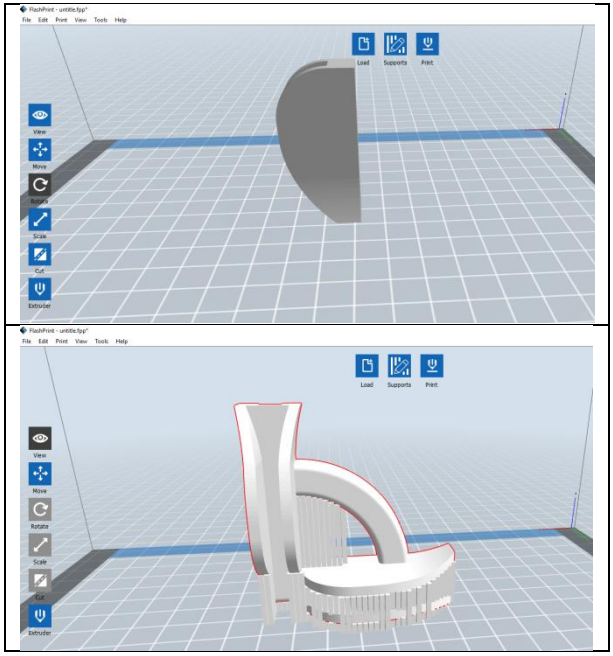

Figura 35 - Piezas con filamento perpendicular al esfuerzo

Al ubicar las piezas de esta forma se evita que la dirección del filamento quede de manera horizontal al esfuerzo mecánico como se observa en la figura 35. Estas piezas quedan con la dirección de filamento de manera perpendicular al esfuerzo mecánico.

Luego de un par de pruebas se determinó que el mejor posicionamiento de la pieza codo es con una inclinación de 45 grados, como se aprecia en la siguiente imagen

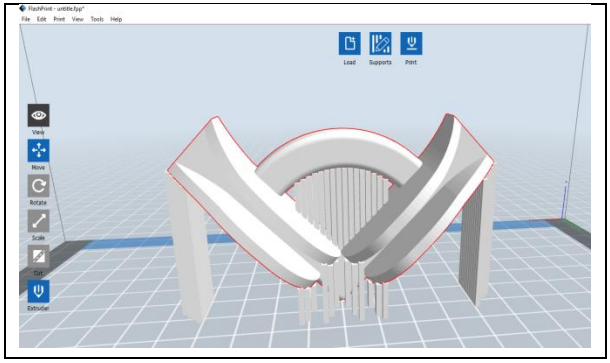

Figura 36 - Pieza con inclinación 45 grados

De esta forma la resistencia presentada por la pieza, presenta mejores resultados que de la manera anterior

Otro aspecto crítico al momento de la fabricación de las piezas mediante impresión 3D fue el relleno (infill) y el patrón de relleno, con el cual presentaban características más apropiadas para el esfuerzo que serían sometidas, el relleno establecido para estas piezas es de un 15%, este porcentaje de relleno brinda la combinación adecuada entre resistencia y flexibilidad de la pieza. A continuación se muestra una tabla detallando el comportamiento de diversos rellenos en las piezas.

Tabla 6- Porcentaje de relleno piezas 3D.

Relleno %	Resistencia	Flexibilidad
10	Baja	Alta
12	Media	Alta
15	**Alta**	**Alta**
18	Alta	Media
20	Alta	Baja
25	Alta	Baja

De acuerdo a lo expuesto en la tabla, se determinó el relleno de 15% para la fabricación de las piezas.

El patrón de relleno escogido fue el patrón hexagonal, debido a que es el que viene por defecto en el software de la impresora 3D y es un patrón que se encuentra presente en casi la totalidad de las impresoras 3D del mercado, por lo que se podrán replicar estas piezas en su totalidad sin mayor dificultad.

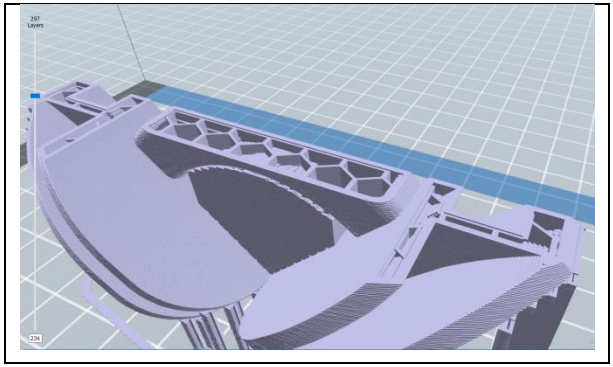

Figura 37- Patrón relleno piezas 3d

Kano

Luego de la fabricación y las pruebas de funcionamiento del prototipo se aplica el modelo de Kano utilizando los resultados del modelo de Becattini.

En esta etapa se evalúa el cumplimiento de cada requerimiento con una calificación de 1 a 5, donde 1 es no satisfecho y 5 es completamente satisfecho.

Con la aplicación de este modelo es posible determinar el grado de satisfacción de cada requerimiento y que clase de requerimiento es, estos se dividen en funcionales, performance y diferenciadores.

Con esto es posible poder corregir en etapas futuras de una forma más directa en las etapas de desarrollo del producto. En la tabla se pueden apreciar los resultados obtenidos.

Tabla 7- Desarrollo modelo Kano

Parámetro	Especificación	Prototipo	Condición	Solución Parcial	indicador	Número guía
Características de la necesidad del objeto	**Popularidad de la necesidad:**	el prototipo cumple con la función de indicar los datos de consumo y generación de electricidad	Indicar consumo y generación de electricidad	Debe indicar el consumo y la generación de eléctrico según el periodo indicado	5	1
		los datos son satisfactoriamente almacenados	Almacenamiento de datos	Los datos deben ser registrados para poder ser analizados posteriormente	5	2
	Urgencia de la necesidad:	los datos son accesibles en tiempo real	Tener datos en tiempo real	los datos registrados deben estar accesibles en tiempo real	5	3
Logro umbral	**Calidad del producto:**	registra consumo y generación pero no de forma independiente	Medidor que registre consumo y generación de forma independiente	Escoger medidor adecuado de acuerdo a la gama de productos investigados	2	4
		los elementos son facilmente reconocibles	Configuración ilustrativa del prototipo	la disposición de los elementos dentro del prototipo deden inducir al correcto uso de este	4	5

		los datos de consumo y generación no se muestran independientemente	Información objetiva	La información mostrada no debe dar espacio a interpretaciones	3	6
	Cantidad del producto:	el prototipo entrega información manera precisa	Información precisa	El prototipo debe entregar la información requerida de manera precisa, sin ofrecer otra información irrelevante	4	7
		la cantidad de mediciones puede ser controlda por el usuario, se necesita conocimiento para realizar esto	Cantidad de mediciones	La cantidad de mediciones que realiza el prototipo durante un periodo pueden ser manejadas por el usuario	3	8
Adaptabilidad	**Versatilidad:**	las piezas son ensamblables en su totalidad	Modular	Las piezas del prototipo deben ser ensamblables entre sí	5	9
		se utilizan piezas mecánicas en la fijación del medidor	Facilidad de montaje y desmontaje	Para su montaje y desmontaje no deben ser necesarias las fijaciones mecánica, solo la utilización de piezas ensamblables	4	10
		reduce drasticamente su tamañan para poder del almacenado	Almacenamiento	Modular, de esta forma reducir su volumen al momento de ser almacenado	5	11
		puede ser apilado para ser almacenado	Almacenamiento	Dos o más productos deben ser apilables al momento de ser almacenados	5	12

		deben tener un grado de conocimiento para poder utilizar el prototipo eficientemente	Usabilidad	Puede ser usado por estudiantes de diferentes carreras	3	13
		presenta manual y planimetría	Instrucciones	Manual de instrucciones y planos	5	14
	Robustez:	el prorotipo fue diseñado para los modelos presentes de los elementos	Funcionar con diferentes modelos de sus elementos	El prototipo debe funcionar sin importar el modelo de sus elementos	2	15
		los elementos son facilmente reconocibles	Diferenciación de sus elementos	Se rotularán los elementos del prototipo	4	16
		La placa funciona correctamente	Raspberry PI modelo B	Esta placa debe otorgar la capacidad de funcionar como concentrador	5	17
		La antena funciona correctamente	RTL-SDR	Antena debe funcionar como receptor de señales	5	18
Sensibilidad	**Sensibilidad a las perturbaciones externas (cantidad):**	No se presentan perturbaciones en la cantidad de mediciones	Cantidad de mediciones	Perturbaciones externas no deben alterar la cantidad de las mediciones	4	19
	sensibilidad a las perturbaciones externas (calidad):	No se presentan perturbaciones en la calidad de mediciones	Calidad de mediciones	Perturbaciones externas no deben alterar la calidad de las mediciones	4	20

Controlabilidad	**Controlabilidad de la cantidad:**	se puede controlar la csantidad de mediciones, peor se necesita conocimiento para manejar esto	Controlar número de mediciones	Poder determinar la cantidad de mediciones en un periodo	4	21
FP sistema v/s objeto/producto	**Integridad del objeto:**	no se produce daño	Medidor no debe dañar el prototipo	Los acoples no deben provocar daños al momento de ser utilizados	5	22
		no se pudo comprobar este punto en su totalidad	Medidor no debe provocar inteferencias en la señal	Ubicación del medidor no provocara interferencias	3	23
FP sistema v/s ambiente	**Producción de ruido:**	no se emite ruido	Sistema no debe emitir ruido al ambiente	Se seleccionara un sistema (medidor) que no produzca ruido	5	24
	Producción de calor:	el calor producido es mínimo	Sistema no debe emitir calor al ambiente	Se seleccionara un sistema (medidor) que no produzca calor	4	25
	Contaminación ambiental:	no se libera contaminación	El sistema no debe liberar contaminantes al ambiente	Se seleccionara un sistema (medidor) que no produzca contaminación	5	26
	Seguridad del usuario:	el riesgo presente es mínimo cuando se utiliza el producto correctamente	El sistema no debe presentar riesgo para el usuario al momento de su uso	Se seleccionara un sistema (medidor) seguro	4	27
	Confort y ergonomía:	Las piezas con amigables con el usuario	No porvocar daño físico a los usuarios durante el uso del producto	Piezas orgonómicas	4	28
FP Sistema v/s sistema	**Vida útil:**	no es posible comprobar la vida útil	Vidal útil 20 años	Se seleccionara un sistema (medidor) que tenga esa caracteristica	3	29

FP objeto v/s sistema	**Inteferencia por exceso de señales:**	no se presentaron interferencias en las mediciones	Señales recibidas y entregadas no deben inteferir en el funcionamiento del sistema	Ubicación del medidor dentro del prototipo	4	30
FP Objeto v/s ambiente	**Daño ambiental por señales:**	teoricamente no provocan daños, no se puede comprovar empiricamente	Señales no deben general un daño ambiental	Elección de parametros adecuados de acuerdo a la normativa vigente	3	31
Fp Producto v/s producto	**Residuos del producto:**	las piezas presentan muy poco desgaste	desgaste del producto en montaje y desmontaje	Los acoples no deben provocar daños al momento de ser utilizados	4	32
FP Ambiente v/s sistema/producto	**Resistencia a factores climaticos:**	el sistema no es apto para climas humenos o lluviosos	resistencia a interperie en momentos de mediciones de prueba	sistemas de protección de corrosión y oxidación	1	33
Espacio	**Accesibilidad:**	se accede facilmente a todos sus componentes	Fácil acceso a todos sus componentes	El producto se diseñara de tal manera que todos sus componentes sean de fácil acceso	5	34
	Área utilizada:	el área utilizada fue reducida en gran parte	Área del producto	El área utilizada por el producto debe ser la menor posible	4	35

	Capacidad de almacenamiento:	Al ser almacenado reduce drasticamente su volumen utilizando el 30%	Volumen de almacenamiento	El producto desmontado debe utilizar como máximo un 40% del volumen que utiliza en funcionamiento.	5	36
	Espacio necesario para montaje/desmontaje:	no es necesario mayor espacio que el de uso para el montaje/desmontaje	Espacio necesario para montaje/desmontaje	El espacio necesario para el montaje/desmontaje del producto no debe ser superior al espacio utilizado para su correcto funcionamiento	5	37
Tiempo	**Rapidez en la entrega de la función:**	los tiempos se rigen al periodo escogido	Tiempo mínimo y máximo para la entrega de la función útil	Estos serán regidos por el periodo escogido para la medición	5	38
	Tiempo fijado para mantenimiento:	no se pudo comprobar este punto en su totalidad	Tiempo estipulado para el mantenimiento o la falla del producto	El producto debe poder funcionar 1 año sin necesidad de mantenimiento	3	39
	Tiempo de montaje/desmontaje:	en la mayoria de las pruebas se logro este tiempo	Tiempo que toma montar/desmontar el producto	Este tiempo no debe exceder los 10 minutos	4	40
Información	**Sensibilización de los usuarios:**	El armado es instuitivo	Intuitivo	El armado del prototipo debe ser intuitivo para el usuario	4	41
	Facilidad de uso:	El prototipo se puede usar facilmente con la lectura del instructivo	Facilidad de uso	El instructivo debe brindar la información necesaria para utilizar con facilidad el producto	4	42

	Facilidad de montaje/desmontaje:	El proceso de monstaje/desmontaje se puede realizar con facilidad	Facilidad de montaje/desmontaje	El proceso de montaje/desmontaje del producto debe ser facilmente efectuado con la ayuda de los planos	4	43
	Complejidad:	Piezas reconocibles y estas interactuan entre si	Interacción entre piezas	Las piezas deben ser facilmente reconociles por los usuarios y la forma en que interactuan entre sí	4	44
Materiales	**Portabilidad:**	El producto presenta versatilidad al momento de ser transportado	Transporte	El producto da la posibilidad de ser transportado ensamblado, por partes o como conjunto de piezas individuales	4	45
	Materiales consumibles:	EL producto no presenta materiales consumibles	Materiales consumibles	El producto no utilizará materiales consumibles	5	46
	Reutilización:	Se pueden reusar gran parte de los componentes	Reuso de los componentes	Es posible utilizar los componentes del productos otras aplicaciones	4	47
Energía	**Energía necesaria para el trabajo:**	El producto funciona conectado a la red eléctrica	Energia necesaria para el funcionamiento del producto	el producto funcionara conectado a la red electrica de electricidad	5	48

	Dependencia de una determinada energía:	EL producto depende de energía eléctrica y energia solar para cumplir su función a cabalidad	Dependencia de una determinada energía	Para medir consumo debe estar conectado a la red electrica y para medir generación debe estar conectado al sistema fotovoltaico	5	49
	Número de trabajadores:	El producto puede ser utilizado por una persona	Número de trabajadores necesarios para utilizar el producto	el producto puede ser utilizado a partir de un usuario	5	50

Con el desarrollo de la tabla anterior se pueden evaluar el nivel de cumplimiento de los requerimientos que fueron propuestos en el modelo de Becattini, junto con clasificarlos en las tres categorías expuestas.

De esta forma el proceso de evaluación y decisión se ve facilitado, ya que se puede trabajar cada requerimiento de forma individual.

A continuación se muestran los resultados del modelo Kano en donde se categoriza cada evaluación y se les ubica según su nivel de cumplimiento.

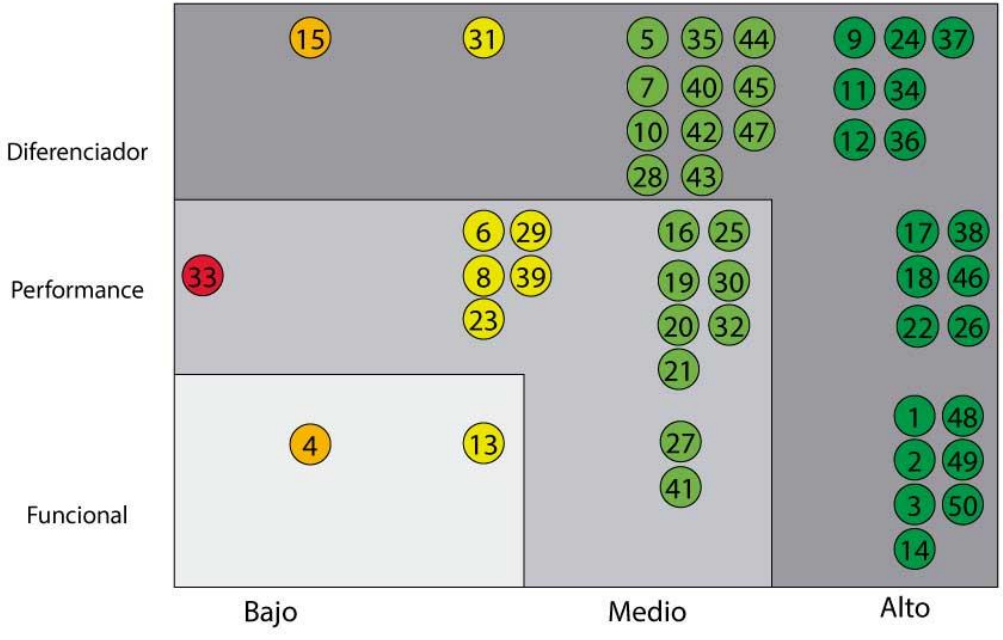

Figura 38 - Evaluación modelo Kano.

CONCLUSIONES DE LA METODOLOGÍA

Visualizando el trabajo desarrollado, se puede afirmar que la metodología propuesta para el diseño y evaluación del prototipo, resulto ser bastante útil.

En primera instancia la utilización de las metodologías STORY BOARD y TRIZ, ayudaron a poder contextualizar la temática macro que envuelve el desarrollo del trabajo de título. Y poder ir fragmentando cada contexto en cual se podría desarrollar este trabajo. Teniendo ese escenario claro la toma de decisión fue un proceso mucho más fácil, ya que era posible comparar todas las posibilidades posibles y de esta forma escoger el contexto más adecuado para desarrollar el trabajo de título de un Ingeniero en Diseño de productos.

Ya teniendo el contexto de trabajo decidido, era necesario poder concretar las ideas abstractas que se tenían sobre el producto a desarrollar, para esta tarea se utilizaron las metodologías HUBKA y BECATTINI, las que sirvieron para ir siguiendo un paso a paso dentro del desarrollo del Al comparar los procesos de desarrollo de un producto tanto utilizando la metodología propuesta como no utilizándola, se aprecian grandes diferencias.

producto y a su vez poder ir visualizando todas las variables que podrían afectar el producto final. Estas metodologías son fundamentales para el desarrollo de un producto el cual no tenga referentes claro y no es posible realizar un Benchmarking.

Para finalizar se utilizó la metodología KANO, la cual fue utilizada para evaluar los requerimientos del producto anteriormente propuestos. Esta metodología se aplica sobre el producto ya fabricado y sirve para comprobar el nivel de satisfacción de los requerimientos, y determinar qué tipo de requerimientos, de esta forma poder diferenciar requerimientos funcionales, performance o diferenciadores. Teniendo esto claro se puede enfocar el trabajo a potenciar los requerimientos específicos que se buscan resaltar en el producto desarrollado.

Al utilizar las metodologías propuestas en el orden presentado: STORY BOARD, TRIZ, HUBKA, BECATTINI y KANO, es posible tener a mano todo el desarrollo conceptual que se utilizó para la fabricación del prototipo, por lo que poder corregir una falla en el futuro será mucho más fácil, ya que solamente se debe identificar en qué etapa se produzco está y poder corregirla.

La principal ventaja de la utilización de la metodología propuesta es la reducción de costos y tiempo utilizado para el desarrollo del producto, esto ocurre ya que se invierten gran

cantidad de recursos en las etapas iniciales, lo que reduce drásticamente los posibles cambios o modificaciones del producto frente a un producto desarrollado sin la metodología propuesta.

CONCLUSIONES DEL PROTOTIPO

Con la aplicación de la metodología propuesta en el desarrollo de un producto se pudo comprobar prácticamente que es indispensable visualizar todas las posibilidades o decisiones dentro del proceso, para poder escoger de la mejor forma pensando en minimizar las correcciones en un futuro. Siendo que tomando este camino el proceso utiliza mayor cantidad de recursos tanto de tiempo cómo económicos, pero a la larga termina siendo más conveniente, ya que los recursos utilizados en esta etapa reducen la posibilidad de errores futuros lo que se traduce en un ahorro sustancial de los recursos disponibles para el proyecto.

Pero en el caso de que sea necesario realizar una modificación en el producto que se está desarrollando, se cuenta con todos los antecedentes necesarios para tomar una decisión enfocándose al punto donde se encuentra el error

El prototipo cumplió sus requerimientos elementales, es decir los funcionales, de manera adecuada, junto con un gran desempeño en sus requerimientos diferenciadores, los cuales son un valor agregado para el prototipo trabajado. En cuanto a los requerimientos de performance, no es posible obtener conclusiones definitivas ya que es necesario un mayor periodo de tiempo para poder evaluar su comportamiento.

En cuanto al diseño del producto, se obtuvo importante información del proceso de fabricación mediante impresión 3D, específicamente FDM, información tal como la importancia de la dirección del filamento en el proceso de diseño y fabricación, junto con el relleno de las piezas y su comportamiento mecánico.

De esta forma se puede diferenciar un proceso que tiene como desventaja el tiempo de fabricación que toman las piezas, pero que da la posibilidad de poder variar aspectos tales como resistencia y flexibilidad manejando la geometría o el relleno de las piezas, con la particularidad de que se utiliza el mismo material.

BIBLIOGRAFÍA

Air Spy, Cotización Itead. Revisado el 28 de marzo de 2016:https://www.itead.cc/airspy.html?acc=cfcd208495d565ef66e7dff9f98764da.

Altshuller, G. (1984). “Creativity as an Exact Science: The Theory of the Solution of Inventive Problems”. Gordon and Breach Science Publishers, ISBN 0-677-21230-5, (original publication in Russian - 1979). Moscu: ISBN 0-677-21230-5.

Altshuller, G., & Shulyak, L. (1996). *And suddenly the inventor appeared: TRIZ, the theory of inventive problem solving*. Technical Innovation Center, Inc.

Bogolasky, A. (2016). Entrevista a Emol. Por qué la generación de energía eléctrica no ha logrado prender en Chilel. Emol. Revisado el 30 de noviembre de 2016: http://www.emol.com/noticias/Economia/2016/03/09/792145/balance-de-la-ley-de-generacion-ciudadana.html

Bustamante M. (2009). Resideño del proceso de control de pérdidas de energía eléctrica: “Transformador de distribución como eje articularod en la gestión de las pérdidas de energía”. Universidad de Chile.

Caballero, R. (2011). Oportunidades y desafíos en la presente década. Redes inteligentes en Chilectra. Congreso Bienal Internacional CIGRE 2011.

Cascini, G. (2012). TRIZ-based anticipatory design of future products and processes. Journal of Integrated Design and Process Science, 16(3), 29-63.

Chiappetta J. (2016) Fedora ARM Installer. *fedoraproject.org.* Fedora Project. Revisado el 3 de marzo de 2016: http://fedoraproject.org/wiki/Fedora_ARM_Installer.

City of University Park (2013), City Council. City of University Park Meeting Agenda. Meeting Agenda. University Park : s.n., , 2013. pág. 65.

Deal extreme,. Cotización: RTL2832U + R820T Mini DVB-T + DAB + USB + FM Digital TV Dongle - Negro. Revisado el 28 de marzo de 2016: http://www.dx.com/es/p/rtl2832u-r820t-mini-dvb-t-dab-fm-usb-digital-tv-dongle-black-170541#.Vvndf-LhDcc.

Douglas, H. (2016). Compatible meter table. Github. Revisado el 28 de marzo de 2016: https://github.com/bemasher/rtlamr/blob/master/meters.csv.

Ecoenergias (2016).Proyectos Industriales. Techos solares. Revisado el 1 de diciembre de 2016: http://www.ecoenergias.cl/industria-comercio.html

Empresas eléctricas A.G. (2016). Sistema de medición inteligente. Revisado el 1 de diciembre 2016: http://www.electricas.cl/temas-estrategicos/medicion-inteligente/

Enel, (2016)http://preguntas-frecuentes.chilectra.cl/sistema-de-medicion-inteligente/

Gobierno de Chile (2014). Ley 20571, Regula el pago de las tarifas eléctricas de las generadoras residenciales. Biblioteca del Congreso Nacional de Chile.

Gonzáles A., Emol. Revisado el 5 de diciembre de
INE, (2008). Instituto Nacional de Estadísticas (2008). Distribución y consumo energético en Chile.

INE, (2011). Instituto Nacional de Estadísticas (2011). Ingresos de hogares y personas.

Kucharavy, D., & De Guio, R. (2005, November). Problems of forecast. In ETRIA TRIZ Future 2005 (pp. 219-235).
Lelie, C van der (2006). The value of storyboards in the product design process. *Personal and Ubiquitous Computing*, *10* (2-3), 159-162.

2016: http://www.emol.com/noticias/economia/2014/10/23/686500/ley-net-billing-que-permite-a-personas-inyectar-energia-autogenerada-a-la-red-y-recibir-pago.html

Güngör C., Sahin D., Kocak t., Ergüt S.,(2011) Smart Grid Technologies: Communication. IEEE TRANSACTIONS ON INDUSTRIAL INFORMATICS, VOL. 7, NO. 4, págs. 529 - 539.

Hubka V., Andreasen M., & Eder W. (1988). Practical studies in systematic design. Butterworth-Heinemann.

IDEF0 Function modeling method. Integrated DEFinition methods. Revisado 20 de noviembre de 2016: http://www.idef.com/idefo-function_modeling_method/

Mayer R., Benjamin P., Caraway B. y Painter M. *A Framework and a Suite of Methods for Business Process Reengineering*, Business Process Change: Reengineering, Concepts, Methods and Technologies, Idea Group Publishing, Hershey, USA, 245-290 (1995).
Melendi. D. Población mundial. Revisado 28 noviembre 2016: http://www.cricyt.edu.ar/enciclopedia/terminos/PoblacMund.htm

Mercado Energéticos Consultores (2014). Análisis del consumo eléctrico en el corto, mediano y largo plazo. Informe Final – Tomo I.

Preparada para la Comisión Nacional de Energía del Gobierno de Chile.

Microelectronics. (2016). R820T High Performance Low Power Advanced Digital TV Silicon Tuner Datasheet. .

Nikulin C., Carreño C., Gonzales-Prida V. & Barberá L. (2013). Metodología basada en OTSM-TRIZ para la evaluación de soluciones conceptuales: Caso aplicado a la cadena de suministro.

Rodríguez, S. (2015). Aplicación de métodos sistémicos para el desarrollo del diseño conceptual de un laboratorio de activación neutrónica. Universidad Técnica Federico Santa María.

Sanchis R., Poler R., y Ortiz Á. (2009). Técnicas para el Modelado de Procesos de Negocio en Cadenas de Suministro. *Información tecnológica*, *20*(2), 29-40.

SDR Play, 2016. Cotización SDRplay. Revisado el 28 de marzo de 2016: http://www.sdrplay.com/.

Smart City Santiago, Eficiencia energética. Revisado el 5 de diciembre de 2016: http://www.smartcitysantiago.cl/

Story Board o guión gráfico. Universidad de Granada. Revisado 20 de octubre 2016: http://www.ugr.es/~ahorno/STA.pdf

Superintendencia de Electricidad y Combustibles (2016). ¿Cómo funcióna la ley 20.571? revisado el 1 de diciembre 2016: http://www.sec.cl/portal/page?_pageid=33,5819695&_dad=portal&_schema=PORTAL

Telefónica, F. (2011). Smart Cities: un primer paso hacia la Internet de las Cosas. Fundación Telefónica.

The OPEN meter Consortium.(2009). D4.3 Physical test facilities and report on these facilities.

Villalobos, F. (2016). Por qué la generación de energía eléctrica no ha logrado prender en Chilel. Emol. Revisado el 30 de noviembre de 2016: http://www.emol.com/noticias/Economia/2016/03/09/792145/balance-de-la-ley-de-generacion-ciudadana.html