



**UNIVERSIDAD DEL BÍO-BÍO**

**FACULTAD DE ARQUITECTURA, CONSTRUCCIÓN Y DISEÑO**

**DESARROLLO DE UN OBJETO HABITABLE URBANO TEMPORAL CON  
CUBIERTA TEXTIL INCORPORANDO UNA CAPA DELGADA FOTOVOLTAICA**

**TESIS PARA OPTAR AL GRADO DE MAGÍSTER EN HÁBITAT SUSTENTABLE Y  
EFICIENCIA ENERGÉTICA**

**AUTOR: Emilia José Rojas Oliva**

**PROFESOR GUÍA: Rodrigo García Alvarado**

**CONCEPCION, abril de 2017**

## **Resumen**

El rol del diseño industrial en el siglo XXI trasciende a la funcionalidad pura y la seriación masiva, es más bien el resultado de una mixtura de procesos configurados desde un origen conceptual producto de la relación del entorno-usuario. Es así como el desarrollo de este trabajo de investigación busca revisar una metodología para integrar capacidades energéticas en una problemática urbana donde los objetos carecen de un sentido de pertenencia territorial y muchas veces aparecen integrados de manera forzosa al paisaje urbano, como es el caso de la ciudad de Concepción. Donde los procesos de diseño urbano convencionales no consideran aspectos de sustentabilidad o generación energética integrada. Desarrollando a través de éste trabajo procesos de diseño que se basan en etapas de desarrollo conceptual (incorporando herramientas como entrevista grupal), formal, constructivo y de resultados, basados en pruebas reales, a través de la construcción de una maqueta con una capa delgada fotovoltaica para medir su entrega energética. Por tanto mediante el desarrollo de modelos y prototipos se lograron definir dimensiones sustentables en el proceso de diseño.

## **Palabras claves**

Objeto urbano / Diseño / Capa delgada fotovoltaica / Tenso estructura

## **Abstract**

The role of industrial design in the twenty-first century transcends pure functionality and massive seriation, is rather the result of a mix of processes configured from a conceptual source product of the environment-user relationship. Thus, the development of this research work seeks to revise a methodology to integrate energy capacities into an urban problem where objects lack a sense of territorial belonging and are often forcedly integrated into the urban landscape, as is the case of City of Concepción. Where conventional urban design processes do not consider aspects of sustainability or integrated energy generation. Developing through this work design processes that are based on conceptual development stages (incorporating tools such as group interviews), formal, constructive and results based on real tests, through the construction of a model with a thin photovoltaic layer to measure their energy delivery. Therefore, through the development of models and prototypes, it was possible to define sustainable dimensions in the design process.

### **Keywords: ...**

Urban object / Design / Thin film solar cells / Tenso structure

## **Agradecimientos**

Al cosmos por la energía que me impulsa. A todas las personas y centros de investigación que me ayudaron en esta etapa, entre los que están el CEUR UBB (Centro de estudios urbanos regionales), CITEC UBB (Centro de investigación en tecnologías de la construcción), UDT UdeC (Unidad de desarrollo tecnológico), LACE UBB (Laboratorio de acondicionamiento y conversión de la energía), DGE UBB (Dirección General de Investigación), Espacio Cubierto S.A. A mi profesor guía Rodrigo García Alvarado, a Pedro Melín Coloma, a Reinaldo Sánchez Arriagada y sobre todo a Juan Ávila Rodríguez por la libre enseñanza de la física aplicada a casos reales.

A mi familia por ser un sólido apoyo. A Alondra por sus colores y alegría.

## Índice de contenidos

Agradecimientos .....	3
Índice de contenidos .....	4
Índice de Figuras .....	8
Capítulo 1 .....	15
Introducción .....	15
1.1 Objetivo general.....	16
1.2 Objetivos específicos .....	16
Capítulo 2 Desarrollo.....	17
2.1 Revisión bibliográfica .....	17
2.2 En cuanto a las normas Chilenas .....	20
2.3 Las tensoestructuras.....	21
2.3.1 Lámina infográfica correspondiente al proceso constructivo de una tenso estructura.....	25
2.4 Estrategia de diseño.....	26
2.5 Hipótesis .....	32
2.6 Hipótesis de trabajo 1 .....	32
2.7 Hipótesis de trabajo 2.....	33
2.8 Alcances y limitaciones .....	33
2.9 Temario y metodología.....	33

Capítulo 3 "Caracterización de formas apropiadas, según estudio previo acorde a zona climática y requerimientos coherentes a su emplazamiento, de objetos habitables temporales donde se podría aplicar la capa delgada fotovoltaica" .....	34
3.1 Introducción.....	34
3.2 Concepción y su radiación promedio anual.....	34
3.3 Demanda Energética e Integración Urbana de la Energía Solar. ....	38
3.4 Instalaciones fotovoltaicas.....	43
3.4.1 Esquema de una celda fotovoltaica .....	44
3.4.2 Arquitectura solar en viviendas.....	45
3.5 Definición y ejemplos de objetos urbanos temporales. ....	48
3.5.1 El objeto urbano y su semiótica .....	49
3.5.2 Primer caso de Estudio en la ciudad (escaño escultórico) .....	49
3.5.3 Segundo caso de estudio borde de "Laguna Las Tres Pascualas" .....	51
3.5.4 Tercer caso de estudio Kiosco "Laguna Tres Pascualas" .....	52
3.6 Condiciones de objeto urbano temporal.....	53
3.6.1 Condicionantes del objeto urbano de uso temporal. Analizando aspectos como su función, emplazamiento y producción. ....	55
3.7 Modelo conceptual.....	56
3.8 Desarrollo formal (primeros bocetos y formas) .....	57
3.8.1 Maqueta con panel semiflexible de silicio policristalino. ....	58

3.8.2 Propuesta detallada con planimetrías y consideraciones de diseño.....	59
3.8.3 Bocetos y analogías de la naturaleza .....	62
3.9 Propuesta final para el objeto urbano de uso temporal .....	65
3.9.1 Integración de la capa delgada fotovoltaica.....	67
3.9.2 Detalle de lámina infográfica con los conceptos a considerar para la integración objetual arquitectónica de la capa delgada fotovoltaica.....	68
4. Desarrollo Sustentable del proyecto.....	69
4.1 Desarrollo sustentable del proyecto en términos sociales.....	69
4.3 Rol de los actores involucrados .....	72
4.4 Resultados del análisis .....	73
4.4.1 Percepción sobre el lugar: Opiniones sobre el lugar y elementos que lo componen. ....	73
4.4.2 En cuanto a la iluminación y sensación de seguridad del lugar.....	74
4.4.3 En relación al equipamiento propuesto su utilidad y función .....	74
4.5 Conclusión grupo focal.....	75
4.6 Análisis ambiental .....	76
4.7 Caracterización de la zona de impacto ambiental.....	76
4.8 El caso de la Laguna Tres Pascualas. ....	77
Capítulo 5 Pruebas y análisis.....	80
5.1 Introducción.....	80

5.2 Conceptos básicos de una instalación Fotovoltaica .....	82
5.2.1 Temperatura ambiental y coeficiente de sensibilidad.....	83
5.3 Características del panel fotovoltaico de silicio amorfo según fabricante. ....	84
5.4 Ensayos. Parte I: Instalación .....	86
5.4.1 Ensayo en terreno, día 26 de Noviembre de 2016, desde las 11:50 AM. Hasta las 19:05 PM. .....	89
5.4.2 Ensayo en terreno, día 29 de Noviembre de 2016, desde las 11:00 AM. Hasta las 19:00 PM. .....	94
5.4.3 Ensayo en terreno, día 02 de Diciembre de 2016, desde las 12:45 PM. Hasta las 18:15 PM. .....	98
5.5 Ejercicio transferencia de potencia .....	105
5.6 Conclusiones generales de los ejercicios.....	107
6. Conclusiones.....	108
6.1 Discusión General .....	112
6 Referencias bibliográficas .....	113



## Índice de Figuras

Figura 1 Representativa de cómo está compuesta la Thin film solar cells. Especificando cada compuesto depositado sobre el sustrato. ....	18
Figura 2: Rollo de thin film solar cells en formato comercial, listo para ser vendido. ....	18
Figura 3: Esquema de un sistema fotovoltaico conectado a la red con sus principales componentes. ....	19
Figura 4: Esquema de un sistema fotovoltaico aislado con sus componentes. ....	20
Figura 5: Dibujo que ejemplifica el sistema de anclaje mediante tensores y mástil a superficie estática. ....	22
Figura 6: Detalle de vínculo desarrollado para tensoestructura. ....	23
Figura 7: Imagen de referencia Plaza Arauco, Valdivia. ....	23
Figura 8: Infografía sobre una tensoestructura. ....	25
Figura 9: Imagen del lado izquierdo, correspondiente a intersección calle V. Lamas y Lincoyan. Imagen del lado derecho correspondiente a un detalle de iluminaria utilizada con sus celdas colectoras. ....	26
Figura 10: Izquierda, Plaza Perú. Derecha, Diagonal Pedro Aguirre Cerda. ....	27
Figura 11: Izquierda, Vista de planta actual Plaza de Tribunales. Derecha, fachada poniente Plaza de Tribunales. ....	28
Figura 12: Izquierda, Tulipas. Derecha, Paseo peatonal Barros Arana. ....	28
Figura 13: Izquierda, Plaza España. Derecha planta Estación de Ferrocarriles y Centro Cívico. ....	29
Figura 14 : Modelo conceptual del proceso de diseño según CYAD-UAM Azcapotzalco. ....	30

Figura 15: Fases en el Proceso de Diseño .....	31
Figura 16: Esquema de Diseño Estratégico Guía Metodológica 2009. ....	32
Figura 17: Mapas de temperatura proporcionados por la Dirección meteorológica de Chile. ....	35
Figura 18: Radiación global horizontal promedio para cielo despejado y radiación global horizontal promedio de los años 2009-2010.....	37
Figura 19: Esquema de energía solar absorbida por la Tierra.....	40
Figura 20: Tipologías de instalaciones fotovoltaicas según disposición en edificaciones. ....	41
Figura 21: Esquema de referencia de una red inteligente que integra energía solar.....	42
Figura 22: Esquema de comportamiento químico de una celda solar.....	43
Figura 23: Absorción de la luz y efecto fotovoltaico. ....	44
Figura 24: Espectro de radiación solar a nivel del mar y respuesta espectral de sensores marca Kipp Zonen.....	45
Figura 25: Tipología de techumbre según alas de mayor dimensión. ....	46
Figura 26: ejemplos urbanos fotovoltaicos.....	47
Figura 27: Fotografía de espacio urbano de afluencia temporal (imagen izquierda) y de afluencia masiva (imagen derecha) .....	48
Figura 28: Ilustración correspondiente a un escaño escultórico ubicado a un costado de la Facultad de Ingeniería de la Universidad del Bío-Bío. ....	50
Figura 29: Ilustración correspondiente a borde de laguna Tres Pascualas, Concepción. ....	51
Figura 30: Croquis correspondiente a kiosco y pasarela peatonal de Laguna Tres Pascualas, Concepción.....	53

Figura 31: Ejemplo de equipamiento urbano a orillas de lagunas interurbanas. ....	54
Figura 32: Infografía correspondiente a requerimientos y consideraciones de diseño para un objeto habitable de uso temporal.....	55
Figura 33: Bocetos de primeras formas correspondientes a la evolución formal .....	57
Figura 34: Bocetos de primera planimetría constructiva.....	58
Figura 35: Fotografías correspondientes a primera maqueta con sus respectivos componentes de una instalación off-grid. ....	59
Figura 36: Render isométrico de propuesta para un objeto urbano temporal .....	60
Figura 37 : Planimetrías, detalles de dos vistas. Corte Z-Z y Planta de proyecto.....	61
Figura 38: Ilustración vectorizada de un “Jacinto de agua” .....	62
Figura 39: Lado izquierdo Fotografía de Jacinto de agua. Lado derecho, geometrización y abstracción de la hoja del Jacinto de agua en boceto mano alzada con detalles constructivos. Conceptos asociados: Modular, membrana, remanso. ....	63
Figura 40: Planimetrías en vista de planta y frontal.....	63
Figura 41: Bocetos de vistas isométricas y elevación de la propuesta. ....	64
Figura 42: Planimetrías esquemáticas con detalles de planta cubierta (incorporación de la capa delgada fotovoltaica) y detalle de asiento. ....	65
Figura 43: Fotomontaje del objeto. ....	66
Figura 44: Infografía de una capa delgada fotovoltaica y sus consideraciones de diseño. ....	68
Figura 45: Fotografías correspondientes al emplazamiento propuesto para el objeto urbano.....	71
Figura 46: correspondiente a fotografías del estado actual de la laguna.....	71

Figura 47: Fotografías correspondientes a maqueta presentada en grupo focal.....	72
Figura 48 Contaminación atmosférica. ....	77
Figura 49: Bases limnológicas para la gestión de los lagos urbanos de Concepción, Chile. ....	78
Figura 50: “Mortandad de peces por eutrofización del agua” .....	79
Figura 51: Conceptos para comprender la energía solar fotovoltaica.....	82
Figura 52: Esquema de un panel solar donde se señalan los ángulos de inclinación y azimut que definen su posición. ....	84
Figura 53: Data sheet de la celda fotovoltaica de capa delgada según fabricante.....	85
Figura 54: Fotografías de la instalación para los tres casos estudiados. ....	86
Figura 55: Esquema de instalación de la celda fotovoltaica de capa delgada. ....	87
Figura 56: Diagrama de medición para los tres casos estudiados, con sus respectivas herramientas de medición.....	88

**Índice de tablas**

Tabla 1: Radiación Solar Global Sobre Superficie Horizontal [kWh/m<sup>2</sup>] - Media Mensual y Media Anual. .... 37

Tabla 2: Radiación Solar Difusa Sobre Superficie Horizontal [kWh/m<sup>2</sup>] - Media Mensual y Media Anual. .... 38

## Índice de Gráficos

Gráfico 1 Obligaciones anuales establecidas en la Ley 20.257 .....	21
Gráfico 2: Correspondiente a la radiación global horizontal .....	36
Gráfico 3 Irradiancia Solar .....	89
Gráfico 4 Intensidad de Corriente .....	90
Gráfico 5 Voltaje en vacío (V0) y Voltaje sobre la carga (VL) .....	91
Gráfico 6 Potencia .....	92
Gráfico 7 Energía solar .....	93
Gráfico 8 Irradiancia .....	94
Gráfico 9 Intensidad de corriente .....	95
Gráfico 10 Voltaje en vacío (V0), Voltaje sobre la carga con multímetro (VL) y con herramienta análoga (VL*) .....	96
Gráfico 11 Potencia .....	97
Gráfico 12 Energía solar .....	98
Gráfico 13 Irradiancia .....	99
Gráfico 14 Intensidad de corriente .....	100
Gráfico 15 Voltaje en vacío (V0), Voltaje sobre la carga con multímetro (VL) y con herramienta análoga (VL*) .....	101
Gráfico 16 Potencia .....	102
Gráfico 17 Temperatura .....	103

Gráfico 18 Energía solar .....	104
Gráfico 19 Ejercicio de Potencia vs corriente realizado a las 16:40hrs, el 02 de Diciembre de 2016 .....	105
Gráfico 20 Ejercicio de Potencia vs corriente realizado a las 18:25hrs, el 02 de Diciembre de 2016 .....	106

## Capítulo 1

### Introducción

La principal problemática que aborda este trabajo se centra en la carencia de procesos de diseño sustentables para elementos urbanos que integran capacidades energéticas y pertinencia al contexto, llevado al caso particular de la Laguna Tres Pascualas, poniendo especial énfasis en cómo diseñar un objeto sustentable que responda a necesidades y criterios reales. Es necesario definir el espacio urbano estudiado como un lugar destinado a zonas de descanso y recreación, donde se concentran la mayoría de los objetos funcionales como escaños, esculturas e iluminaria que si bien responden a varias necesidades de la población, no comparten una visión de futuro sobre la ciudad y el territorio, donde convergen visiones paralelas de un urbanismo poco representativo (Lopez Moya, 2013).

Por su parte al proponer nuevos sistemas de diseño urbano sustentable es inevitable analizar los aspectos energéticos que constituyen la comuna de Concepción como la calefacción, agua caliente y electricidad, además de las tipologías de viviendas, basados en el consumo por manzana poblada. Obteniéndose una relación donde, mientras mayor es la densidad poblacional mayor es el consumo. Con un aumento significativo hacia el centro de la ciudad (García, et al 2014). Representando una posibilidad de integración urbana sustentable a través de sistemas fotovoltaicos de capa delgada, representando un aporte que podría mitigar gastos públicos destinados a iluminaria, siempre que su emplazamiento sea el adecuado.

En la planificación urbana participan diversos actores gubernamentales y de la ciudadanía dando espacio a amplitud de opiniones al momento de planificar, sin embargo al momento de decidir se produce una dicotomía donde se materializa “lo que no representa”, quedando de manifiesto en propuestas como el eje bicentenario donde se priorizan los espacios destinados a flujo vehicular y disminuyen zonas de vegetación y áreas verdes (Ganter, Herrera, 2014). De éste modo surgen nuevos desafíos y directrices que podrían definir parámetros certeros al momento de proyectar y proponer un elemento “objeto” con características coherentes a su entorno, desde la observación



del espacio, la definición de conceptos y la aplicación de nuevas herramientas tecnológicas a través del uso de energías renovables no convencionales para un servicio público.

Como respuesta, el trabajo expuesto a continuación desarrolla una experiencia de diseño incorporando aportes *diferenciadores* a lo que actualmente existe, proponiendo un “nicho” ocupado por objetos integradores con la sociedad, sus culturas y el medio ambiente (*Lezama, Dominguez, 2006*). Para lo que se consideró una metodología basada en cuatro dimensiones: Dimensión Ambiental, Cultural, Social y Psicológica (*Fiori, 2006*), desarrollando actividades para verificar sus condiciones de sustentabilidad.

### **1.1 Objetivo general**

Estudio y desarrollo de un objeto habitable urbano temporal con autonomía energética a partir de una capa delgada fotovoltaica en cubiertas textiles, con el fin de establecer procesos de diseño sustentable.

### **1.2 Objetivos específicos**

1. Determinar las capacidades y características de la capa delgada fotovoltaica a través del estudio e investigación de referentes.
2. Proponer una estrategia de diseño urbano sustentable mediante la observación de casos reales en la ciudad de Concepción.
3. Formulación, caracterización y diseño de formas apropiadas, según estudio previo acorde a zona climática y requerimientos coherentes a su emplazamiento.
4. Establecer condiciones y requerimientos de objetos habitables urbanos temporales.
5. Configurar el diseño e instalación del objeto habitable con capa delgada fotovoltaica, mediante una propuesta de desarrollo sustentable.
6. Medir la capacidad energética de la capa delgada fotovoltaica.

## Capítulo 2 Desarrollo

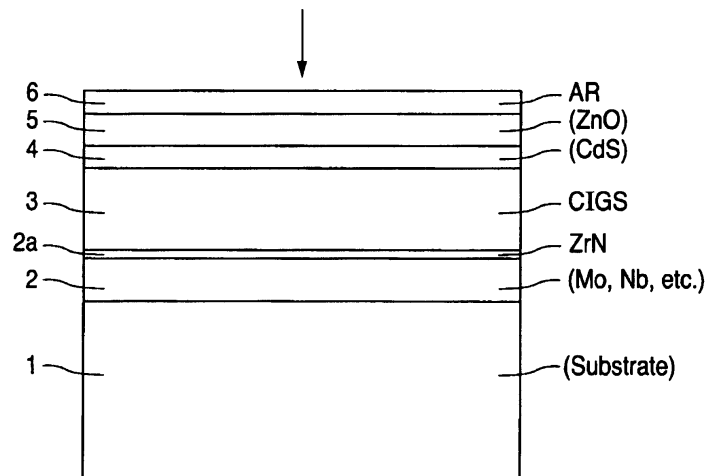
### 2.1 Revisión bibliográfica

Se propuso como caso de estudio e implementación un material fotovoltaico de capa delgada o thin film solar cells de silicio amorfo enfocándose principalmente en sus capacidades flexibles y eficiencia que ha ido mejorando con el pasar de los años, comenzando con un 6% (Vallina 2010) y superando el 20% a la fecha (Jackson, 2011). Es así como a partir de esta observación se trabajó a partir del uso del material sobre cubiertas de formas orgánicas o flexibles teniendo así un espectro de usabilidad muy grande, que abarca desde membranas arquitectónicas hasta fachadas rígidas ortogonales. De este modo si hacemos una comparación entre un panel solar convencional de silicio mono o policristalino tenemos que la thin film tiene la capacidad de llegar a áreas más extensas de cobertura, es de fácil traslado y aplicación. Mientras que el panel convencional posee un marco estructural compuesto por obleas de silicio monocristalino o policristalino más rígidos que prescinden de un marco como soporte (Vallina 2010).

Al estudiar el origen y composición de la capa delgada fotovoltaica tenemos que se trata de un material compuesto por células solares de silicio, que es un material altamente conductor y abundante en la naturaleza su simbología es Si, este se clasifica según eficiencia y composición en tres tipos: monocristalino, que posee una estructura cristalina más ordenada y eficiente; policristalino, que se presenta en un formato de cristales más desordenados lo que disminuye su eficiencia (Vallina 2010) y los amorfos que se fabrican depositando de manera pulverizada el silicio sobre algún material o sustrato semiflexible o flexible, con un costo de fabricación más bajo que el de los paneles con que compite. Los paneles solares de silicio amorfo poseen una eficiencia menor según los planteamientos de varios autores (Hollars 2005, Aberle 2009, Matsumoto 2011, Aparicio 2010), transformándose en uno de los puntos fundamentales que se quiere abordar a través de este trabajo y es que a nivel de estudios científicos se dice mucho sobre la verdadera eficiencia de la capa delgada o thin film y de todos los compuestos con los que se ha experimentado, arrojando datos imprecisos y poca información clara al respecto (De Lorenzo 2003), lo que abre una ventana a la experimentación real con el material para estudiar su comportamiento de adaptabilidad formal y sus niveles de eficiencia energética en climas como el de Concepción, partiendo de la

base que Chile posee uno de los mejores niveles de radiación solar del mundo, superando a países pioneros en la generación de energía eléctrica a través de sistemas fotovoltaicos, como Alemania.

A continuación en la Figura 1 se muestra la composición química de cada capa que conforma un panel fotovoltaico de silicio amorfo. La Figura 2 muestra un rollo de capa delgada fotovoltaica.



**Figura 1** Representativa de cómo está compuesta la Thin film solar cells. Especificando cada compuesto depositado sobre el sustrato.

Fuente: United states patent Hollars, 2005, Thin-film solar cells.



**Figura 2:** Rollo de thin film solar cells en formato comercial, listo para ser vendido.

Fuente: <http://ecee.colorado.edu/~ecen2060/PV.html>

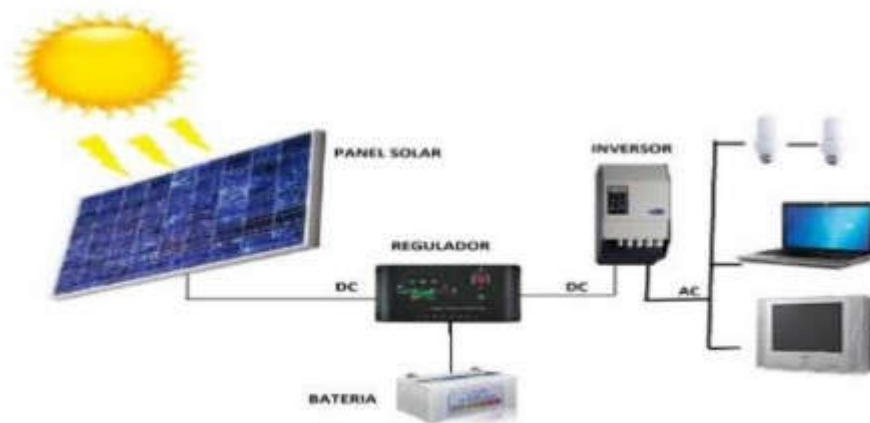
En cuanto a las tipologías existen los sistemas fotovoltaicos conectados a la red (on-grid) y los sistemas independientes (off-grid). La diferencia de estos radica en que los conectados a la red están pensados de manera híbrida y más comercial ya que la energía excedente es vendida al sistema eléctrico interconectado. Y que además en épocas donde la radiación sea menor y mi energía almacenada no sea suficiente tenga la posibilidad de conectarse a la red eléctrica. Normalmente son utilizados en viviendas urbanizadas y en centrales solares (Dias 2015). A continuación en la Figura 3 se muestra un esquema de un sistema fotovoltaico conectado a la red.



**Figura 3: Esquema de un sistema fotovoltaico conectado a la red con sus principales componentes.**

Fuente: Characterization and modeling of the efficiency of photovoltaic systems.

Distinto es el caso de los sistemas aislados ya que normalmente están ubicados y pensados para zonas rurales o de difícil acceso a luz eléctrica, también es habitual su uso en alumbrado público o como parte de alguna aplicación eléctrica. Estos sistemas deben llevar incorporados dentro del conjunto de instalación unidades destinadas al almacenamiento de la energía que se acumula. Llamados baterías, las que pueden ser, dependiendo de su eficiencia, de gel o ácido. Lo que para nuestro caso de estudio resulta más apropiada la de gel con ciclo profundo que demora más tiempo en descargarse, es más compacta y liviana. Cabe señalar que en los sistemas aislados también se puede utilizar una conexión eléctrica directa al panel, sin necesidad de almacenadores que iluminaran solo en los días de óptima radiación solar (Dias 2015). A continuación en la Figura 4 se muestra un ejemplo de sistema fotovoltaico correspondiente a una instalación aislada.



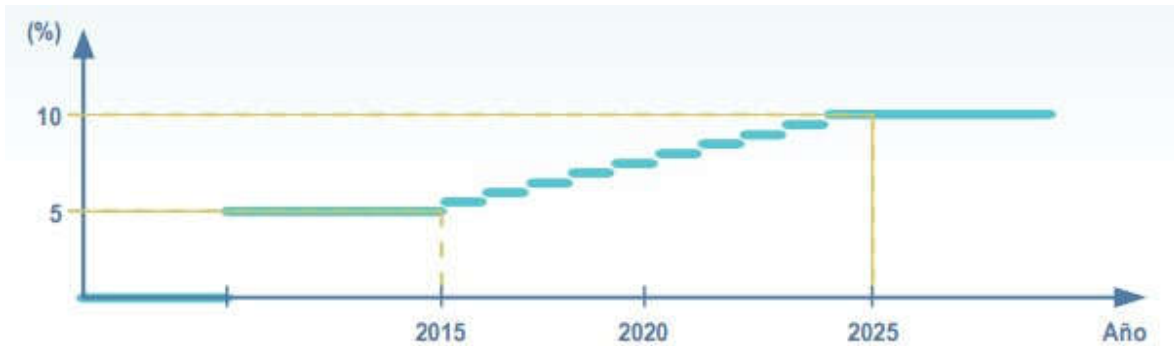
**Figura 4: Esquema de un sistema fotovoltaico aislado con sus componentes.**

Fuente: Characterization and modeling of the efficiency of photovoltaic systems.

## 2.2 En cuanto a las normas Chilenas

Cabe mencionar la importancia que tiene la implementación de nuevas estrategias de Energías Renovables no Convencionales para abastecimiento energético en Chile, dentro de un contexto medio ambiental que necesita nuevas propuestas que apunten a promover un desarrollo sostenible aprovechando los recursos energéticos naturales con los que cuenta como la energía solar fotovoltaica, la energía eólica y biomasa. Es así como a partir del año 2008 se puso en marcha un proyecto de ley 20.257 que decretó como obligación para las empresas generadoras de energía eléctrica que al menos un 10% (obligatorio) de la producción eléctrica provenga de Energías Renovables no Convencionales al año 2024, incrementándose de manera escalonada por año, como se muestra a continuación (*Palma 2009*) en el Gráfico 1 Demostrando una proyección del incremento en el porcentaje de suministro energético a partir de energías renovables no convencionales.

**Gráfico 1 Obligaciones anuales establecidas en la Ley 20.257**



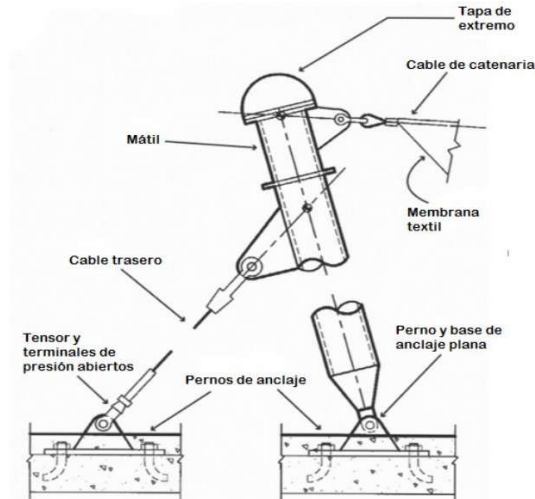
*Fuente: Las Energías Renovables no Convencionales en el Mercado Eléctrico Chileno.*

A partir de éste panorama se puede concluir que dentro de la matriz energética chilena se contemplan cambios positivos a nivel de incorporación de nuevas tecnologías en pro de una evolución medioambiental y moderna sin considerar aspectos como que las principales empresas inversionistas son extranjeras y privadas. Dos grandes detalles que nos hacen reflexionar en torno al costo-beneficio. Teniendo en cuenta que si bien Chile es un país con poco desarrollo tecnológico, se puede apostar por una transferencia de conocimiento científico en las universidades y escuelas de ingeniería. El gobierno además puede y debe inyectar más recursos para la investigación y desarrollos tecnológicos mediante fondos concursables como los FONDEF o INNOVA. Y así apuntar a una recuperación y expropiación de la energía eléctrica.

### **2.3 Las tensoestructuras**

Se hizo un análisis de las estructuras tensadas y su aplicación en diseño urbano a nivel arquitectónico más puro tenemos que las estructuras tensadas o tenso estructuras consisten en sistemas eficientes y livianos con formas orgánicas y sinuosas, a veces asimétricas. Compuestos por dos elementos fundamentales, la estructura (siempre considerando la geometría de su forma que juega un rol fundamental en cuanto a funcionalidad) y la cubierta. La estructura siempre compuesta por cables de acero (encargados de soportar, conectar y tensar los extremos de la membrana) y un mástil o poste que recibe las cargas de la estructura denominados “elementos rígidos” también, en algunos casos, dependiendo del diseño se utilizan los puntos de anclaje que

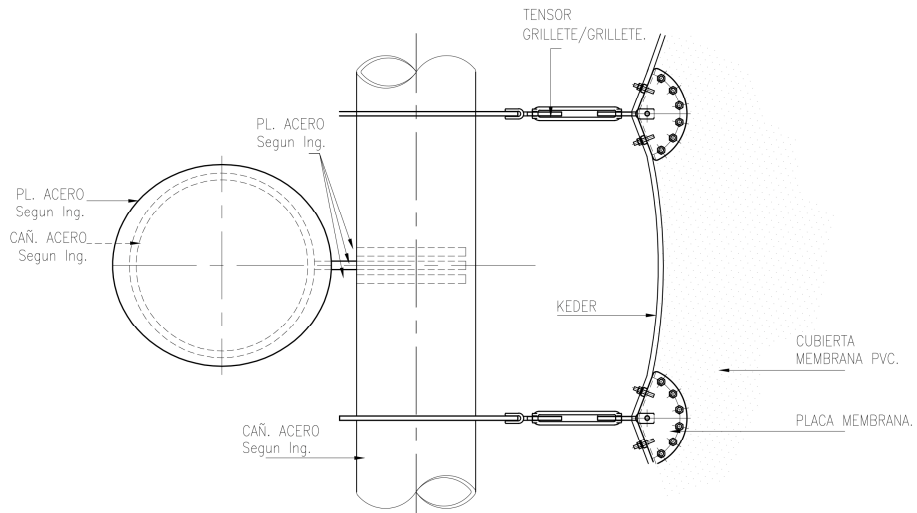
ayudan a fijar la tenso estructura a una superficie estática (Guzmán 2013). A continuación en la Figura 5 se muestran detalles constructivos de un mástil, su anclaje y respectivos tensores.



**Figura 5: Dibujo que ejemplifica el sistema de anclaje mediante tensores y mástil a superficie estática.**

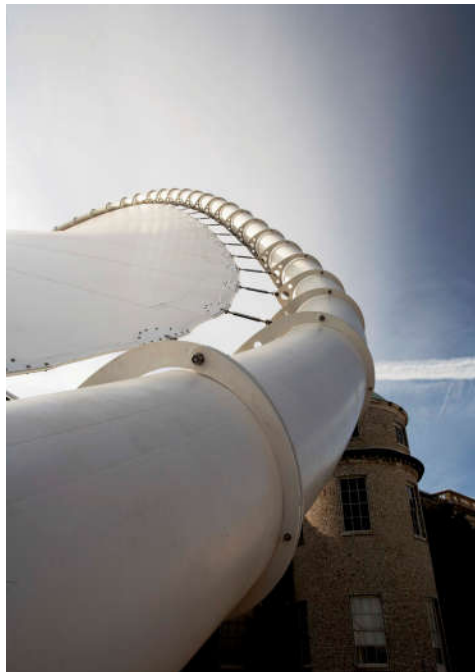
Fuente: Estructuras: Tenso-estructuras de cubierta.

En cuanto a la membrana textil si nos remontamos a sus orígenes en éste campo, tenemos que desde su aparición han evolucionado desde pieles de animales hasta PVC (Policloruro de Vinilo), siendo ésta la más utilizada, compuesta por capas, una forma la trama que hace el tejido más resistente, otra aporta los filtros uv y finalmente una de ellas actúa como agente impermeabilizador ante lluvias (Pedroza 2015). A continuación en la Figura 6 se muestra en detalle el vínculo entre la cubierta y sus tensores. Luego en la Figura 7 se muestra un referente construido en la ciudad de Valdivia, Chile correspondiente al detalle del vínculo entre la estructura y la membrana.



**Figura 6: Detalle de vínculo desarrollado para tensoestructura.**

Fuente: Imagen proporcionada por Espacio cubierto S.A.



**Figura 7: Imagen de referencia Plaza Arauco, Valdivia.**

Fuente: Imagen proporcionada por Espacio cubierto S.A.



Al hablar de la forma y el rol del diseño en cuanto a definiciones estéticas y funcionales relacionadas al objeto, la selección del material se dio por su expresión y gestualidad, que es de fácil adaptación y ligereza visual. La idea fuerza se define como un objeto urbano que descansa en la ciudad sobre áreas verdes concebido bajo parámetros estructurales que faciliten su relación con el medio en el cual se encuentre emplazado.

### 2.3.1 Lámina infográfica correspondiente al proceso constructivo de una tenso estructura

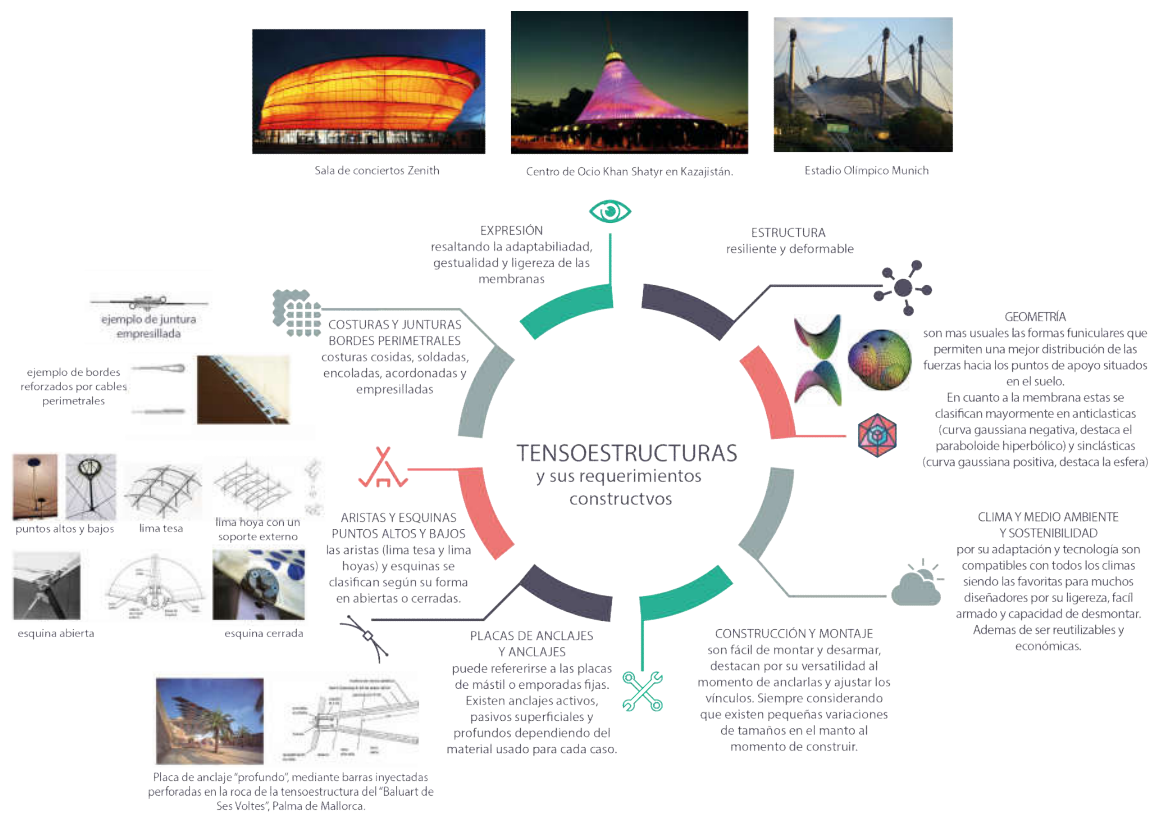


Figura 8: Infografía sobre una tensoestructura.

Fuente: Elaboración propia.

## 2.4 Estrategia de diseño

Al analizar casos específicos dentro de la ciudad donde se aplica el diseño de objetos para desarrollar una estrategia, tenemos dos casos de estudio relevantes, el primero es la iluminaria del paso de cebra del Parque Ecuador que incorpora celdas colectoras de energía solar, y el segundo caso corresponde a los objetos urbanos que forman parte del Eje Bicentenario desde el sector Diagonal Pedro Aguirre Cerda hasta el centro Cívico Regional.

### Primer caso de estudio, Iluminaria paso de cebra Parque Ecuador.

#### Intersección calles, Víctor Lamas y Lincoyan.

En éste caso se observa un ejemplo de integración solar en un objeto urbano de iluminaria pública. Posee en su parte superior un panel de celdas solares colectoras, activando un sistema de luces led que al encender indican a los autos precaución. Su formato rígido resulta ser un elemento poco integrador con el paisaje circundante de áreas verdes. Es un objeto sobrepuesto, posiblemente comprando a un proveedor extranjero y bajo ningún análisis es un elemento representativo del espacio que ocupa.

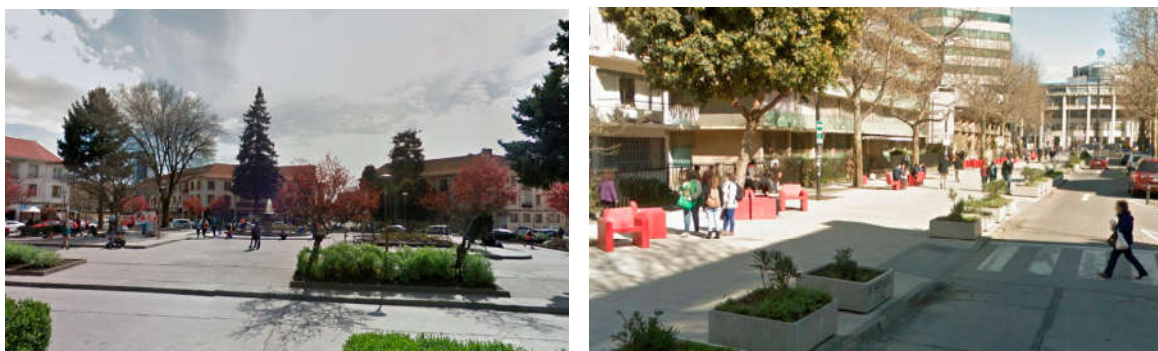


**Figura 9: Imagen del lado izquierdo, correspondiente a intersección calle V. Lamas y Lincoyan. Imagen del lado derecho correspondiente a un detalle de iluminaria utilizada con sus celdas colectoras.**

Fuente: Google maps, 2017. Fotografía de la autora.

**Segundo caso de estudio, Eje Bicentenario.**

El Eje Bicentenario, responde a la visión regional de la celebración del bicentenario cuyo objetivo es volcar la mirada hacia el recurso fluvial del río Biobío, es la columna vertebral de los proyectos urbanos de la comuna de Concepción (*Lira, 2007*). Nace en Plaza Perú y luego se extiende a través de la Diagonal P. Aguirre Cerda hasta encontrarse con la Plaza de Tribunales de Justicia que se extiende por el paseo Barros Arana, lugar donde se instalaron las Tulipas entre las calles Castellón y Colo Colo. Cuyo fin es resguardar a los peatones de la lluvia y constan de una sólida estructura metálica que culmina en su cubierta con el despliegue de una membrana textil a modo de “tulipas”. Culminando el recorrido del eje al final de Barros Arana, se encuentra Plaza España que se abre hacia la Estación de Ferrocarriles, actual Centro Cívico de la ciudad que se proyecta como un elemento integrador entre la ciudad y el río Biobío.



**Figura 10: Izquierda, Plaza Perú. Derecha, Diagonal Pedro Aguirre Cerda.**

Fuente: Google maps, 2017.

Imagen de la derecha: Corresponde a nueva versión de Plaza Perú, donde se aprecia la falta de asientos y áreas verdes. Priorizando el pavimento como zona de circulación peatonal y no como punto de descanso o encuentro. A la izquierda se muestra una fotografía de la Diagonal Pedro Aguirre Cerda, con su nuevo equipamiento urbano que consta de escaños de hormigón pulido pintados de color rojo, de formas ortogonales y dispuestas en distintas posiciones para propiciar momentos de pausa y conversación entre sus usuarios además de un paseo peatonal amplio con masetas verdes en sus límites. Se trata de un nexo importante entre la Plaza Perú y los Tribunales de Justicia.



**Figura 11: Izquierda, Vista de planta actual Plaza de Tribunales. Derecha, fachada poniente Plaza de Tribunales**

Fuente: Google maps, 2017.

La imagen del lado derecho muestra la plaza de Tribunales de Justicia vista en planta. Donde se aprecia la integración de vegetación principalmente hacia la fachada correspondiente a las calles O'Higgins esquina Tucapel que se abre y conecta con la Diagonal P. A. Cerda. Hacia su vértice poniente (Barros Arana esquina Castellón) se presenta más amplio con vacíos libres para transitar, donde en algunos meses se instalan ferias de manufactura local. Se distingue la ausencia de vegetación.



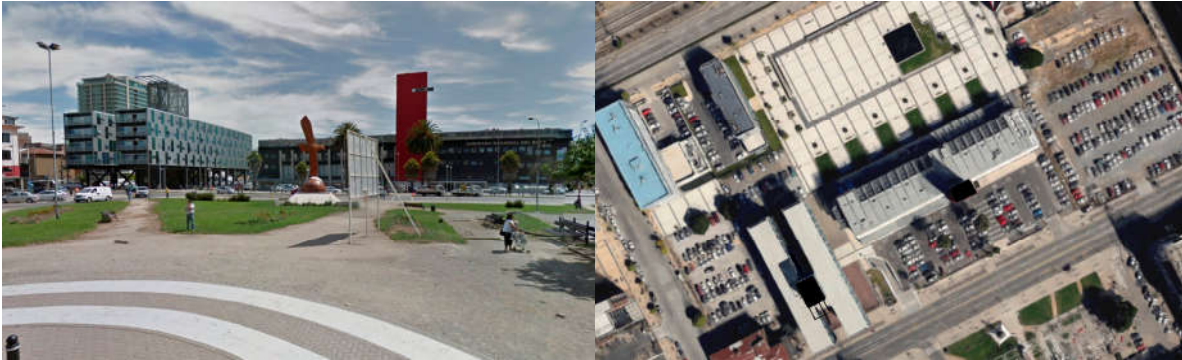
**Figura 12: Izquierda, Tulipas. Derecha, Paseo peatonal Barros Arana.**

Fuente: Izquierda, Google maps, 2017. Derecha, Fotografía de la autora.

Para el caso de las imágenes de arriba se muestra en el primer caso las tulipas del paseo peatonal Barros Arana, dejando de manifiesto su presencia robusta e integración poco amistosa con el



espacio, tratándose de un sector de mucho flujo peatonal. Las tulipas representan una buena intención de resguardo para la lluvia. El caso de la imagen del lado izquierda muestra una tipología de asientos que rodea y protege a un árbol, significando una fuente de sombra natural en verano, este ejemplo de integración es simple y efectivo, integra una ocupación sutil y eficiente.



**Figura 13: Izquierda, Plaza España. Derecha planta Estación de Ferrocarriles y Centro Cívico.**

Fuente: Google maps, 2017.

La fotografía de la izquierda muestra parte de la Plaza España y frontis de la renovada estación de Ferrocarriles y centro cívico de la región (Imagen izquierda), representando el punto final de este análisis con un gobierno regional donde prima el pavimento, la ortogonalidad constructiva y la completa falta de espacios verdes reemplazados por espaciosos estacionamientos de automóviles. Dejando a un lado la utópica visión de integrar el río Biobío al corazón comercial y cultural de la ciudad. Donde los accesos peatonales no tienen un trazo claro y amigable. Cabe mencionar que el eje bicentenario culmina con el proyecto “Rivera Norte” que no desarrolló un lenguaje continuo de urbanización ya que se corta su acceso peatonal por dos franjas limítrofes, una de ellas es la línea de ferrocarriles y el otro la autopista costanera.

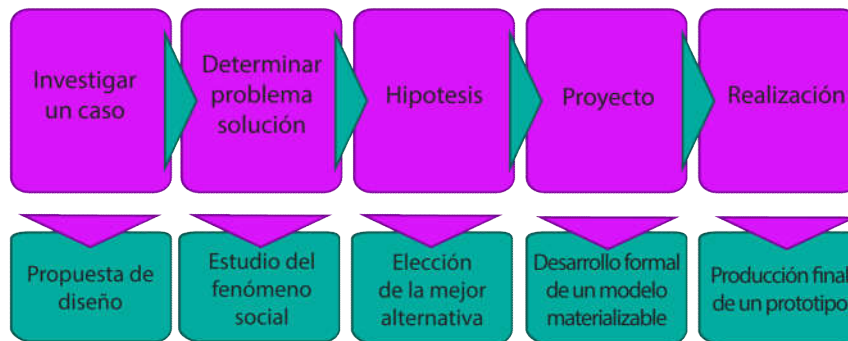
Luego del análisis objetual urbano queda en evidencia la carencia de un proceso de diseño urbano sustentable y coherente con las necesidades físicas, sociales y medio ambientales de los habitantes que ocupan el territorio de Concepción develando intentos de unir bajo una idea lógica criterios urbanísticos que, ya sea por razones gubernamentales o presupuestarias, en la práctica no se integran adecuadamente al paisaje.

Es así como a través del desarrollo de este trabajo se buscó entre otros objetivos dar vida a un objeto urbano sustentable e inteligente en el uso y aprovechamiento de la radiación solar aplicado al diseño de un objeto habitable temporal de formas orgánicas y siguiendo patrones dados por los propios materiales PVC (textil) y thin film solar cells. Depurándose en una propuesta de formas acordes al territorio que ocupa, buscando respresentar parte de una identidad que aunque muchas veces ha sido reconstruida como la identidad de Concepción posee rasgos que sobreviven bajo los suelos húmedos y planos.

Se trabajó mediante una metodología de diseño basada en un proceso de investigación y determinación de un “problema-solución”. Luego se barajaron las hipótesis sobre el caso de estudio y el problema detectado, para finalmente concluir con la etapa de “proyecto” donde se desarrollaron secuencias formales desde bocetos simples y conceptuales hasta modelos y planimetrías 3d graficando algunos detalles constructivo de la propuesta.

A continuación se analizan tres tipologías relacionadas con metodología y procesos de diseño.

De acuerdo al Modelo General del Proceso de Diseño según (CYAD-UAM Azcapotzalco), México Figura 14 que se grafica a continuación. La metodología de diseño consta de cinco punto claves y se explica a través de una secuencia lineal donde el hilo conductor es una problemática, objetivo y meta, mezcla una visión más conceptual del proyecto de diseño.



**Figura 14 : Modelo conceptual del proceso de diseño según CYAD-UAM Azcapotzalco.**

Fuente: Elaboración propia a partir de Manual de Diseño Industrial CYAD-UAM.

A continuación se analiza el ejemplo de Diseño Industrial Guía Metodológica Predica, constituyendo un ejemplo más contemporáneo y basado en técnicas comerciales por sobre las conceptuales y analíticas del modelo CYAD-UAM. Se trata de una metodología dirigida a PYMES de fácil comprensión para la aplicación del diseño dentro de una estrategia empresarial. Esta metodología aborda al diseño como una herramienta imprescindible para la competitividad y diferenciación de las empresas, aportando a su estrategia valores que enaltecen la calidad y diseño de sus productos como estrategias de marketing asociadas.



**Figura 15: Fases en el Proceso de Diseño**

Fuente: Diseño Industrial Guía Metodológica Predica, 2005.

El desarrollo metodológico según Diseño Estratégico Guía Metodológica se expresa a través de la gestión estratégica de diseño dentro de la empresa herramienta importante para lograr el éxito en el mercado, ya que permite concebir un producto más adecuado a las necesidades del usuario y hacérselo llegar en mejores condiciones. El diseño es responsable de que todas las



manifestaciones de la empresa sean coherentes con su proposición estratégica, para que se refuercen entre si y que de esta forma se optimicen los recursos invertidos y mejore su competitividad (Lecuona, 2009).



Fuente, Reinaldo J. Leiro Diseño: Estrategia y Gestión. Ediciones Infinito, 2006

**Figura 16: Esquema de Diseño Estratégico Guía Metodológica 2009.**

Fuente: Reinaldo J. Leiro Diseño: Estrategia y Gestión. Ediciones Infinito, 2006.

De los tres ejemplos anteriores se desprende el siguiente razonamiento; el diseño Industrial es el resultado de una etapa analítica donde se estudian casos reales y se responde de manera eficiente, a través de estrategias comerciales, visuales y productivas, a las necesidades de la industria y de la sociedad.

## 2.5 Hipótesis

El estudio y desarrollo un objeto urbano habitable temporal con película delgada fotovoltaica que genere un aporte energético, mediante un prototipo tenso-estructurado, para demostrar las posibilidades de aplicación de fuentes limpias para promover la vida urbana al exterior, permite definir un método de diseño sustentable de elementos urbanos con recolección energética.

## 2.6 Hipótesis de trabajo 1

Un objeto urbano habitable temporal con película delgada fotovoltaica genera un aporte energético relevante >200 [Wh/día] por panel.

## **2.7 Hipótesis de trabajo 2**

Un prototipo tenso-estructurado permite evaluar el desarrollo y aporte de un objeto urbano habitable temporal con película delgada fotovoltaica.

## **2.8 Alcances y limitaciones**

Los aportes realizados por este trabajo de tesis se enfocan principalmente en estudiar y proponer un proceso de diseño basado en un objeto urbano habitable temporal bajo las directrices de su emplazamiento y capacidad energética que puede proporcionar la capa delgada fotovoltaica como material constructivo sobre éste, en la ciudad de Concepción.

## **2.9 Temario y metodología**

En el capítulo 2 del trabajo expuesto a continuación se trabajó en la recopilación de antecedentes bibliográficos, imágenes y tablas que se complementan con toda la información relativa a los espacios urbanos y áreas verdes, la tecnología fotovoltaica y su aplicación en el Diseño de objetos tenso-estructurados. Luego el capítulo 3 se centra de lleno en la metodología que sustenta la propuesta. Comenzando por la observación del caso de estudio, las primeras propuestas formales y conceptuales a partir de un trabajo previo de observación. El capítulo 4 expone todos los resultados obtenidos a través de las expectativas de los posibles usuarios reales mediante herramientas como focus group y determinar el desarrollo sustentable del proyecto en términos sociales, energéticos y económicos. Finalmente el capítulo 5 se basa en pruebas reales con la capa delgada fotovoltaica para estudiar y medir su aporte energético. Paralelamente se desarrolló un trabajo de modelaciones tridimensionales en su emplazamiento ideal y se hicieron simulaciones energéticas con datos concluyentes.

## **Capítulo 3 "Caracterización de formas apropiadas, según estudio previo acorde a zona climática y requerimientos coherentes a su emplazamiento, de objetos habitables temporales donde se podría aplicar la capa delgada fotovoltaica"**

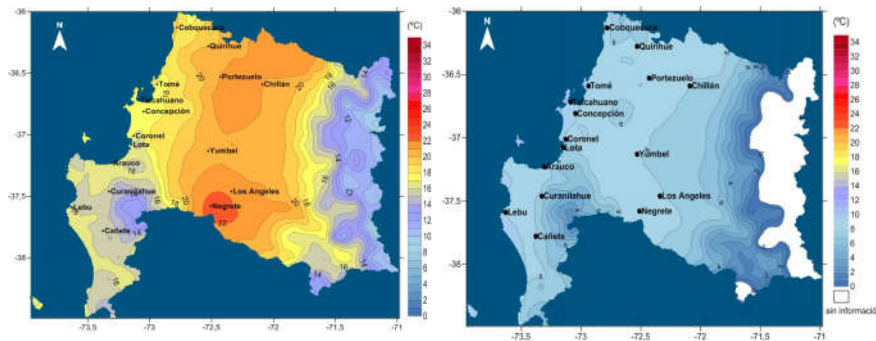
### **3.1 Introducción**

El siguiente capítulo aborda los aspectos generales e integración urbana de la energía solar. Para lo que comenzamos analizando conceptos climáticos, demográficos y de radiación que es la cantidad de energía que atraviesa las capas de la atmosfera, se clasifica en *radiación directa*: es la que alcanza la superficie terrestre y se constituye de la suma de los rayos que vienen directamente del disco solar, *radiación difusa*: son los rayos que han sido dispersados por la atmósfera y que por lo tanto provienen de distintas partes del cielo y *radiación global*: que es la suma de la radiación directa y difusa, también encargada de producir el efecto fotovoltaico a través de una reacción química que transforma esta fuente natural de energía en electricidad ya sea mediante un sistema interconectado a la red o uno independiente (Baeriswyl 2016). Para luego profundizar en el consumo de energía en grandes ciudades, sus edificios y espacios. El desarrollo de energía en plantas solares y pequeñas construcciones. Analizando también el caso particular de Concepción y su potencial solar, identificando los objetos urbanos sustentables que podrían ocupar los espacios públicos. Las condiciones de uso, materialidad y emplazamiento de los denominados objetos urbanos habitables temporales conformando un modelo conceptual con formas y consideraciones constructivas, incorporando principios de integración fotovoltaica de capa delgada.

### **3.2 Concepción y su radiación promedio anual**

La ciudad de Concepción, ubicada en el área litoral del centro sur del país entre los 36° 43' y 36° 50' de latitud sur aproximadamente, posee un clima mediterráneo templado donde sus temperaturas medias oscilan entre los 9,1 y 20°C. Las comunas que conforman la ciudad de Concepción representan un área total de aproximadamente 551,4 Km<sup>2</sup>, con una población que para el año 2002 alcanzó un total de 622.364 habitantes y 168.675 viviendas (INE 2002).

Es considerada en segundo conglomerado urbano de Chile, presentando un crecimiento demográfico acelerado que presenta como factor relevante la industrialización de la década del 50, reflejo del naciente polo económico que se instauraba en rubros como la electricidad, el petróleo y acero con la Compañía de Aceros del Pacífico (CAP) (Aliste 2012). A continuación en la Figura 17: Se muestran dos Mapas de temperatura media mensual, para un día de verano (Izq.) y un día de invierno (Der.)

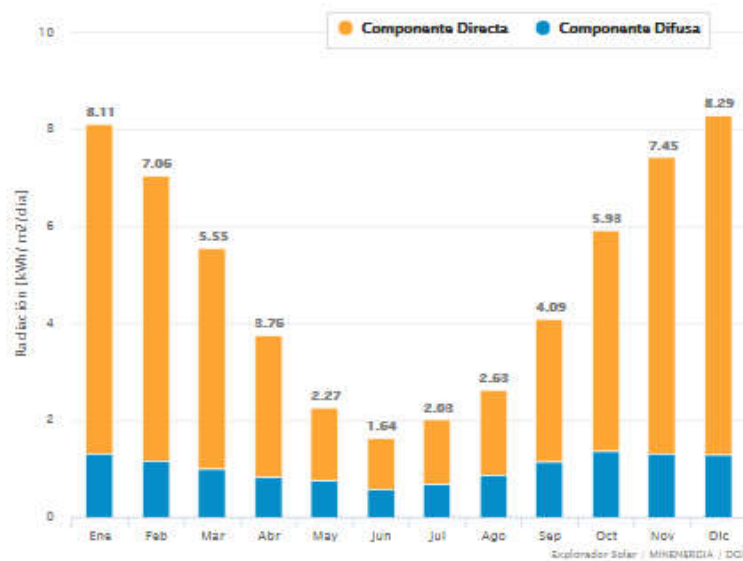


**Figura 17: Mapas de temperatura proporcionados por la Dirección meteorológica de Chile.**

Fuente: Dirección Meteorológica de Chile, 2016.

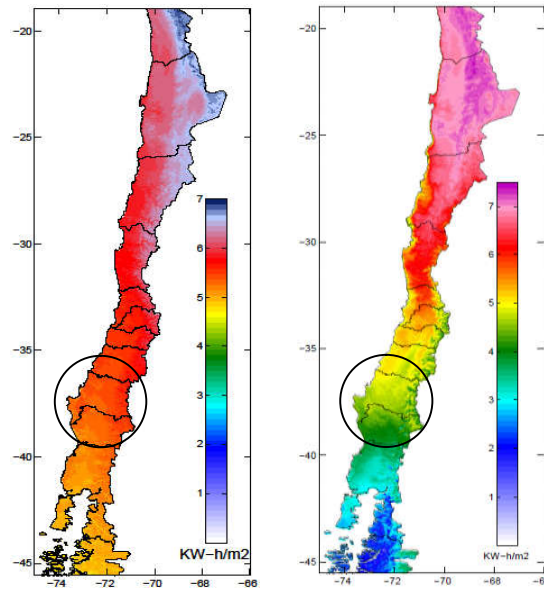
Al analizar la radiación global horizontal de la ciudad de Concepción, de acuerdo al Gráfico 2, se desprende la siguiente observación. Las mejores condiciones de cielo, para una óptima radiación, se da entre los meses de octubre a marzo con valores oscilantes entre los 5,55 kWh/m<sup>2</sup>día y los 8,29 kWh/m<sup>2</sup>día en el mes de diciembre, representando el mes con mejores condiciones de radiación. Existen dos componentes de análisis. La componente directa, que tiene relación con la radiación percibida bajo cielo despejado (color naranja) y la componente difusa (color azul) que dependerá de las nubes y factores ambientales dispersos en la atmósfera (Ministerio de energía 2016).

**Gráfico 2: Correspondiente a la radiación global horizontal**



Fuente: Explorador de energía solar para autoconsumo /Ministerio de energía gobierno de Chile.

A continuación se muestra la Figura 18 que grafica la radiación El mapa del lado izquierdo muestra la radiación global horizontal para cielo despejado promedio entre los años 2009-2010. Mientras que el mapa de la derecha muestra la radiación global horizontal (cuando la superficie que recibe la radiación está perpendicular al radio de la tierra) promedio entre los años 2009-2010. (Ministerio de energía 2012).



**Figura 18: Radiación global horizontal promedio para cielo despejado y radiación global horizontal promedio de los años 2009-2010.**

Fuente: Explorador del recurso solar en Chile.

En las Tabla 1 y Tabla 2 se detalla la media mensual y anual de radiación global en superficie horizontal y radiación difusa sobre superficie horizontal [kWh/m<sup>2</sup>] para el caso específico de la ciudad de Concepción.

**Tabla 1: Radiación Solar Global Sobre Superficie Horizontal [kWh/m<sup>2</sup>] - Media Mensual y Media Anual.**

ciudad	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Media anual (Rga)
Concepción	214,48	161,99	143,74	94,99	54,74	43,50	47,74	73,99	109,24	158,99	185,99	207,73	1497,12

Fuente: Norma técnica Ley N° 20.365, 2009.

**Tabla 2: Radiación Solar Difusa Sobre Superficie Horizontal [kWh/m<sup>2</sup>] - Media Mensual y Media Anual.**

ciudad	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Media anual (RGa)
Concepción	73,24	64,50	57,99	43,99	28,99	23,49	27,00	37,49	57,51	63,74	75,50	78,99	632,42

Fuente: Norma técnica Ley N° 20.365, 2009.

De acuerdo a los datos referenciados de la Norma técnica Ley N° 20.365 la ciudad de Concepción posee una radiación solar difusa sobre superficie horizontal de 632,42 kWh/m<sup>2</sup> de media anual. Y una radiación solar global sobre superficie horizontal de 1497,12 kWh/m<sup>2</sup> de media anual.

### **3.3 Demanda Energética e Integración Urbana de la Energía Solar.**

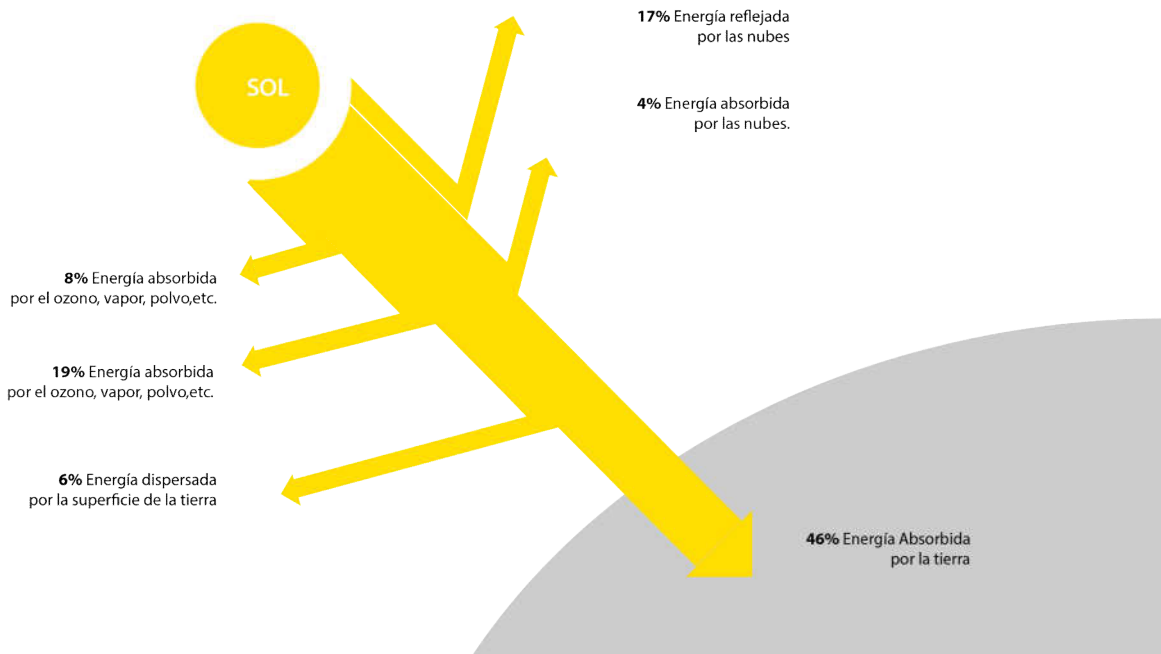
Para comenzar el análisis de la demanda energética e integración urbana de la energía solar es indispensable reflexionar respecto al origen de los espacios y su relación con la vida humana. Cómo la configuración de éstos se ha visto modificada por elementos modernos muchas veces sobrantes dentro del paisaje urbano. Olvidando la cómplice y hermosa relación con la naturaleza y su respetuosa integración al paisaje de cemento que rodea y traza la urbe (Burgess 2003).

Es así como a partir de observaciones tales como la reinención espacial consecuente de fenómenos medioambientales negativos como el calentamiento global, y todo lo que esta frase trae consigo, mencionando como factores críticos a las emisiones de CO<sub>2</sub>, lluvia ácida y el CFC (cloro-fluoro-carbono) que desde hace décadas forman parte del medio que habitamos (Weart 2006). A consecuencia de esto es preciso buscar nuevos modos de pensar la ciudad y cada uno de sus elementos, cómo, dónde y cuándo integrar estrategias de vivienda pasiva, que con simples detalles constructivos como una buena aislación térmica y orientación nos podemos ahorrar de manera significativa la calefacción y en días de calor enfriar nuestra casa sin mayores problemas mediante la ventilación cruzada por mencionar algunas (Hatt et al 2012).

Parte de las características que pueden hacer que una vivienda sea eficiente en el uso de los recursos es saber ocupar lo que la naturaleza entrega. Desde ahí podemos decir que por las buenas condiciones de radiación de 1361 w/m<sup>2</sup> (Kratz et al, 2015), por el tamaño, desarrollo tecnológico y buenos resultados. Los sistemas termosolares y fotovoltaicos son las mejores opciones de integración en viviendas unifamiliares, en edificios o industrias. Para cada caso mediante un estudio previo se debe analizar qué opción es la adecuada para cumplir la demanda energética. Al hablar de sistemas fotovoltaicos tenemos los de captación activa en techumbre y fachada que trabajan conectados a la red on-grid y de manera independiente off-grid, ideales para ser instalados en sectores donde no hay acceso a la red eléctrica (Baeriswyl et al, 2016)

Es muy importante analizar y profundizar en los aspectos climáticos, época del año, disposición de fachada y techumbre de la construcción en relación al sol y su incidencia diaria para obtener buenos resultados de captación, la altura es otro factor incidente ya que las construcciones más aventajadas son aquellas que están entre los 4 y 5 pisos (siempre que no estén rodeados de edificios con mayor altura) ya que tienen mayores áreas de captación solar. También la ubicación geográfica o emplazamiento ya que en el centro de la ciudad por ejemplo, concepción centro las horas de consumo energético son principalmente durante el día, situación que se opone a los sectores residenciales donde se concentra principalmente en horas de la noche (Baeriswyl 2016). La Figura 19 expresa los porcentajes de distribución energética solar.





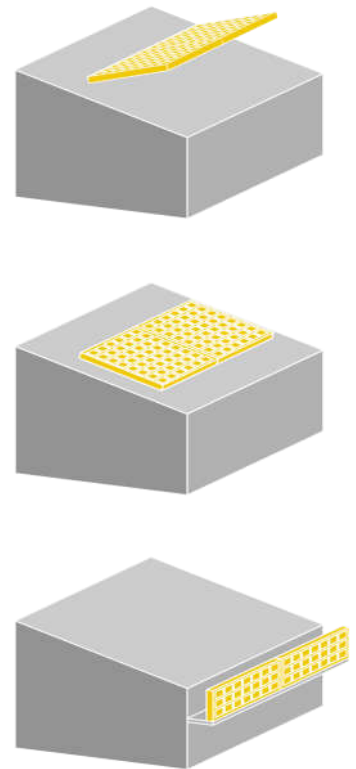
**Figura 19: Esquema de energía solar absorbida por la Tierra**

Fuente: Wegertseder, 2016.

La integración en la edificación a través de captación activa, trata de reemplazar elementos en fachada o techumbre por paneles fv. En el 2013 se informó en Estados Unidos que el 28,6 % de generadores PV han sido instalados en edificaciones, desde residencias hasta edificios industriales. A escala global se estima que entre el 25% al 35% de los generadores PV corresponden a instalaciones residenciales (Rickerson & IEA, 2014). Es necesario hacer algunos ejercicios de cálculo para prever el potencial energético del lugar, su radiación, rendimiento, ahorro y contribución térmica. Para esto se puede trabajar en F-Chart o Ret-screen. También existen softwares de diseño, a través del cual se pueden hacer modelaciones que simulen el objeto-vivienda y analicen la demanda de producción solar activa como BIM Archicad a través de su módulo Ecodesigner.

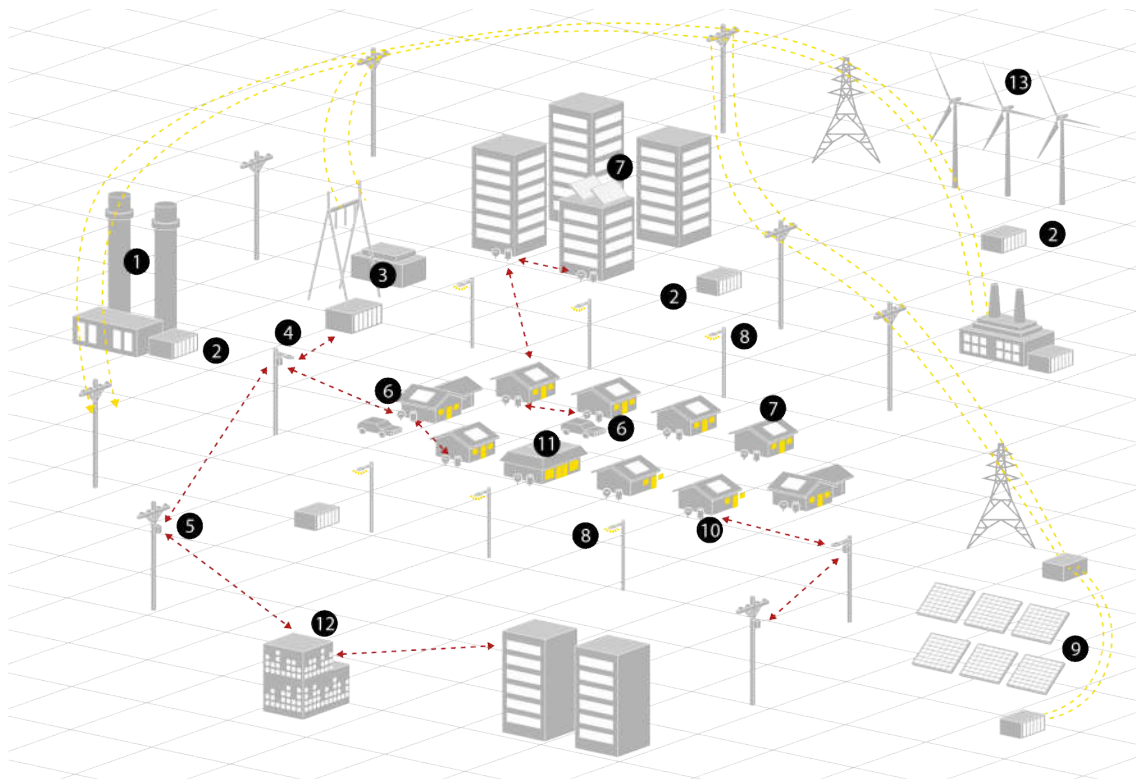
Existen tres tipologías, presentadas en la Figura 20 para disponer los colectores en las edificaciones una de ellas es a través de colectores colocados hacia el sol, los superpuestos en techumbres de manera paralela y los integrados utilizados a modo de ventanal en fachadas o como filtro solar, siempre respetando las características estéticas y formales de la construcción (Baeriswyl 2016).

En el plano urbano relativo a espacios y áreas con buena radiación solar en concepción tenemos como campo de observación, áreas verdes sin arboles correspondientes a sectores del Parque Ecuador, Universidad de Concepción, Plaza España, Plaza Bicentenario, Tribunales, Avenida Manuel Rodríguez, Universidad del Bío-Bío, Laguna Tres Pascualas, Redonda, Lo custodio, Lo Méndez y Lo Galindo. Se trata de sectores con un gran potencial para instalaciones solares fotovoltaicas donde destacan objetos urbanos como postes de luz, asientos o escaños, basureros, kioskos, juegos infantiles y máquinas de hacer ejercicios. Algunos de los objetos mencionados son de uso temporal como los juegos, asientos y máquinas de ejercicios ya que son utilizados por espacios de tiempos acotados. La Figura 21 es un ejemplo de integración fotovoltaica y sus alcances de abastecimiento en la ciudad.



**Figura 20: Tipologías de instalaciones fotovoltaicas según disposición en edificaciones.**

Fuente: Wegertseder, 2016.



1) Central generadora de gas 2) Almacenamiento de la batería 3) Substation 4) Relé 5) Punto de acceso 6) HAN 7) Cubierta solar 8) Luz led 9) Granja solar 10) Gas y electricidad inteligentes 11) Estación de energía fotovoltaica 12) Centro de datos 13) Campo eólico

**Figura 21: Esquema de referencia de una red inteligente que integra energía solar**

Fuente: Wegertseder, 2016.

### 3.4 Instalaciones fotovoltaicas.

#### Como funcionan

Las celdas fotovoltaicas se fabrican, en su mayoría, de silicio, elemento tetravalente como material base y, dopadas con **boro[B]** que tiene valencia 3 y **fósforo[P]** con valencia 5, subdividido en dos capas (**p** y **n**) como muestra la Figura 22, que con distintas características eléctricas, se convierte en un diodo por donde luego circulará corriente en un solo sentido.

Los fotones de la radiación solar, con alta energía, golpean al electrón libre y lo separan del átomo y si existe un campo eléctrico entre ambas caras del material, se creará un flujo de corriente.

Si la energía de flujo de fotones no es lo suficiente para liberar el electrón, la energía la absorberá el metal y aumentará su temperatura.

Independiente de la intensidad de la energía de los fotones respecto de su longitud de onda, sólo un electrón puede ser liberado. Esta es la razón de la baja eficiencia de las células fotovoltaicas (Sánchez 2016).

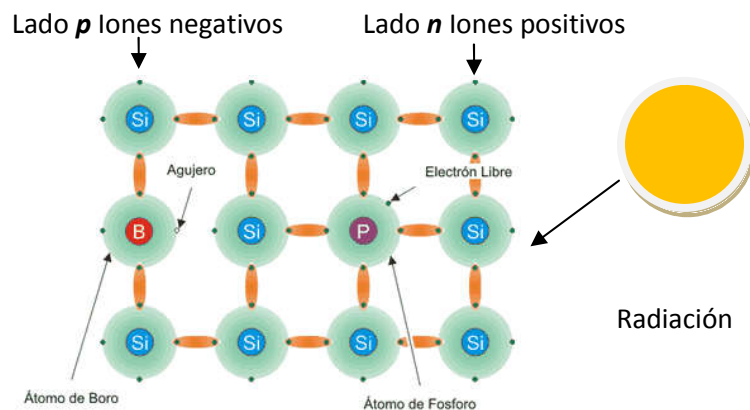
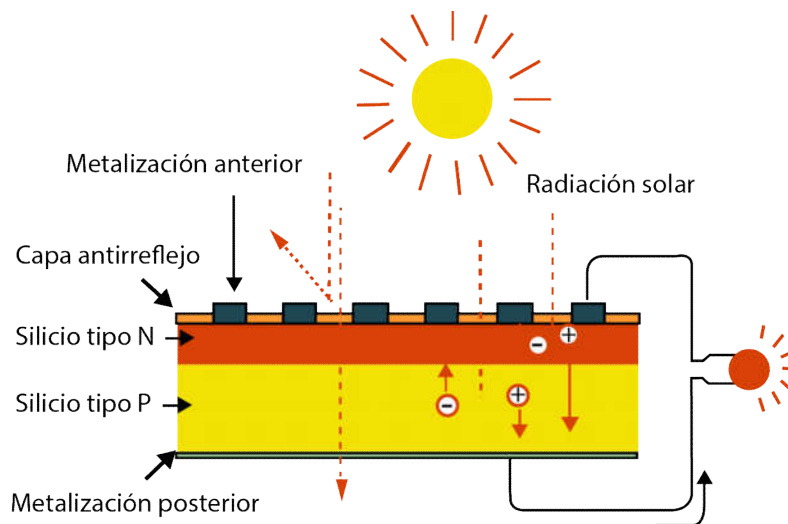


Figura 22: Esquema de comportamiento químico de una celda solar.

Fuente: Energía solar parte IV fotovoltaica.

### 3.4.1 Esquema de una celda fotovoltaica

Una célula fotovoltaica convencional de silicio se fabrica a partir de una barra cristalina de silicio dopado con boro, cortado en discos de un espesor de 0,3 mm. Una de sus caras se coloca en una atmósfera gaseosa, a alta temperatura, rica en fósforo, con el que, mediante procesos de difusión, se consigue una elevada concentración de fósforo en dicho extremo (en un espesor entre 0,3 y 1 mm aproximadamente), superior a la concentración inicial de boro. Con ello, se constituye una unión p-n, fundamento de la célula solar fotovoltaica. Seguidamente, se deposita una rejilla conductora metálica sobre esta cara, y una capa metálica conductora sobre la cara opuesta, a fin de que actúen de electrodos colectores de las cargas eléctricas generadas y para establecer las conexiones eléctricas entre células (Villajero 2007). La Figura 23 muestra el efecto fotovoltaico por absorción de luz

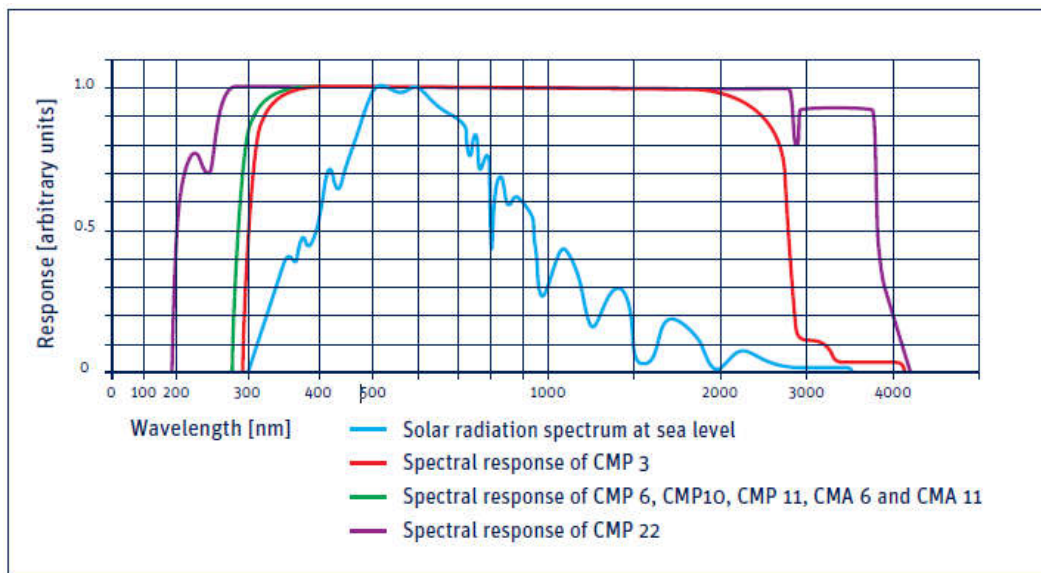


**Figura 23: Absorción de la luz y efecto fotovoltaico.**

Fuente: Elaboración propia a partir de presentación “energía solar parte IV fotovoltaica”.

La cantidad de energía que puede transformar una celda depende de tres factores:

- Tipo y área del material.
- Intensidad de la energía solar y el ángulo de incidencia.
- Longitud de onda Figura 24. Normalmente opera entre 280 a 4000 nm, equivalente a 0,28 [μ] a 3,5[μ] micrones.(kippzonen\_manual).



**Figura 24: Espectro de radiación solar a nivel del mar y respuesta espectral de sensores marca Kipp Zonen.**

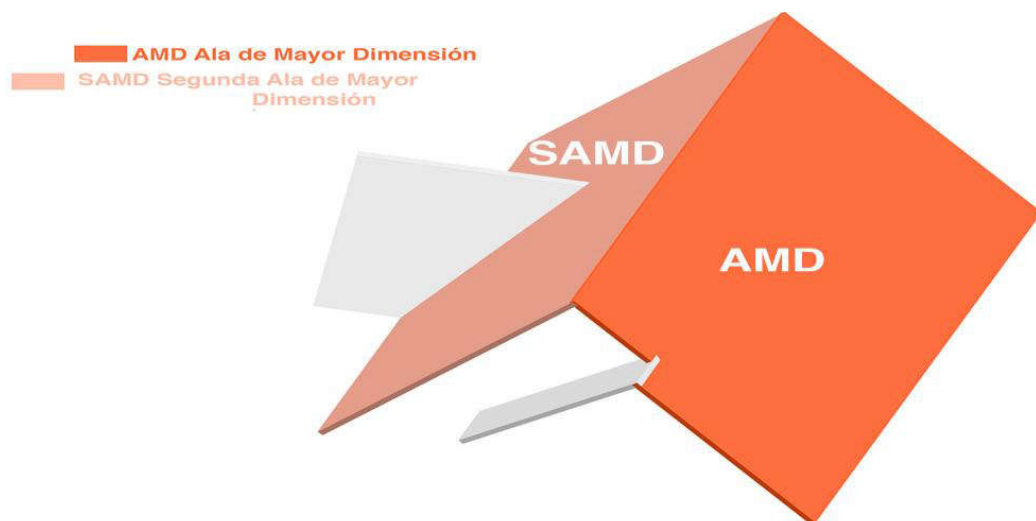
Fuente: Instruction Manual Kipp Zonen.

La electricidad producida por una célula fotovoltaica es en corriente continua, y sus parámetros característicos (intensidad y tensión) varían con la radiación solar, que incide sobre las células, y con la temperatura ambiente (Sánchez 2016)

### 3.4.2 Arquitectura solar en viviendas

Concepción es una ciudad privilegiada en términos de buena radiación solar. Sin embargo pocas obras arquitectónicas, viales y urbanísticas integran el concepto de energías renovables no convencionales como la solar fotovoltaica. De manera que es fundamental desarrollar su

integración mediante estudios cartográficos urbanos, de ubicación respecto a parámetros como la radiación, azimut y ángulos de inclinación e incidencia solar, y demanda energética. El nivel socioeconómico y densidad de población podrían ser otras variables a considerar en el diseño e implementación de estas fuentes de energía junto a la tipología de vivienda u objeto. Ya que a mayor densidad de población y viviendas menor es el espacio de captación disponible para la instalación de sistemas fv. Esta situación ha cambiado en los últimos seis años gracias a la expansión de proyectos inmobiliarios que representan a un total de 3.133 unidades construidas que equivalentes al 90,6%. Desarrollando tipologías de viviendas con techumbres inclinadas compuestas por secciones o faldones que dependiendo de su orientación y superficie, se clasifican en dos categorías. Siendo la AMD (ala de mayor densidad) la que, dependiendo de su orientación, es captadora potencial de energía solar; para el caso del ala denominada SAM (segunda ala de mayor dimensión) esta podría ser aprovechada como captadora potencial siempre que su orientación lo permita, como muestra la Figura 25. Con la integración de colectores FV sobre los faldones se puede abastecer entre 348% y 147% de la demanda eléctrica y entre el 91% y 43% de la demanda total en balance anual (Zalamea, García, 2014).



**Figura 25: Tipología de techumbre según alas de mayor dimensión.**

Fuente: Influencia de la geometría de techumbres de vivienda unifamiliar para integración de energía solar activa (BIPVTA).

Ejemplos de integración urbana de energía fotovoltaica para la ciudad de Concepción.



**Figura 26: ejemplos urbanos fotovoltaicos.**

Fuente: Fotografías personales.

Las fotografías corresponden a equipamientos urbanos que integran foto celdas solares policristalinas rígidas. Los tres referentes de la Figura 26 ubicados en la comuna de Concepción. De izquierda a derecha el primero se ubica en calle Camino Nonguén, el segundo en calle Víctor Lamas en el sector del Parque Ecuador y el tercer caso en Avenida Collao. Cuya función principal es abastecer de energía eléctrica la iluminaria de pasos de cebra peatonales. Siendo éstos los únicos objetos urbanos que incorporan el concepto de energías renovables no convencionales en la comuna. Dejando en evidencia una falta de integración tanto urbanística como social al tratarse de elementos ortogonales sobrepuestos, carentes de diseño.



### 3.5 Definición y ejemplos de objetos urbanos temporales.

Para entender el significado del objeto urbano temporal es necesario entender el concepto y definición de espacios públicos habitables y su clasificación. Desde esta perspectiva tenemos varios aspectos que analizar, partiendo primero por la clasificación del espacio público. Dentro de ésta categorización tenemos los espacios públicos pertenecientes al Estado, con lugares como las plazas y parques. También se incluyen dentro de este grupo las galerías ya que su uso es de origen público pero pertenecen a privados. Finalmente tenemos las áreas verdes privadas de uso público como las plazas interiores de los condominios o edificios. Es así como, dependiendo de dos variables, el uso y la frecuencia con la que son transitados, el espacio se define como público (Schalck 2007). Figura 27 Espacio público perteneciente al borde de la Laguna Tres Pascualas (fotografía izquierda) / Equipamiento nuevo de la Diagonal P. Aguirre Cerda en Concepción (fotografía derecha).



**Figura 27: Fotografía de espacio urbano de afluencia temporal (imagen izquierda) y de afluencia masiva (imagen derecha)**

Fuente: Fotografías personales.

### **3.5.1 El objeto urbano y su semiótica**

Importante es definir la función semiótica del objeto como la lectura de conjuntos de significantes (Fontanille, 2001). Vivimos rodeados de símbolos, códigos y formas a los que el hombre otorga significado y construye un sentido como efecto de ésta relación entre lo que la naturaleza y el entorno ofrece y cómo es interpretada por cada ser.

Al hablar del objeto de diseño tenemos que éste posee diversas funciones, una función simbólica relacionada directamente con aspectos estéticos y formales, el autor (Catri, 2006) define otros planos del objeto como conductual, entitativo y connotativo. En cuanto a lo conductual, está ligada más al efecto que éste produce en el usuario y cómo puede llegar a ser útil para éste. En el ámbito entitativo se definen aspectos constructivos y de materialidad ligados netamente a la composición del objeto. Y en lo connotativo juega un rol fundamental aspectos emocionales y sensoriales (Correal, 2013). Ahora nos cabe hacer una pregunta.

*¿Cuál es el sentido del objeto propuesto en éste trabajo de investigación?*

El objeto busca traducir un lenguaje poético propuesto a partir de una observación inspirada en la naturaleza diversa y silenciosa que habita en los cuerpos de agua urbanos como las lagunas de la ciudad de Concepción. A través de éste estudio de la flora y fauna propias del lugar se traducen una serie de códigos formales que dibujan y definen a un objeto que a su vez responde a una necesidad de ocupación temporal por parte del transeúnte quien se beneficiara de los aspectos técnico que los conforman (naturaleza, asiento, luz, energía fotovoltaica).

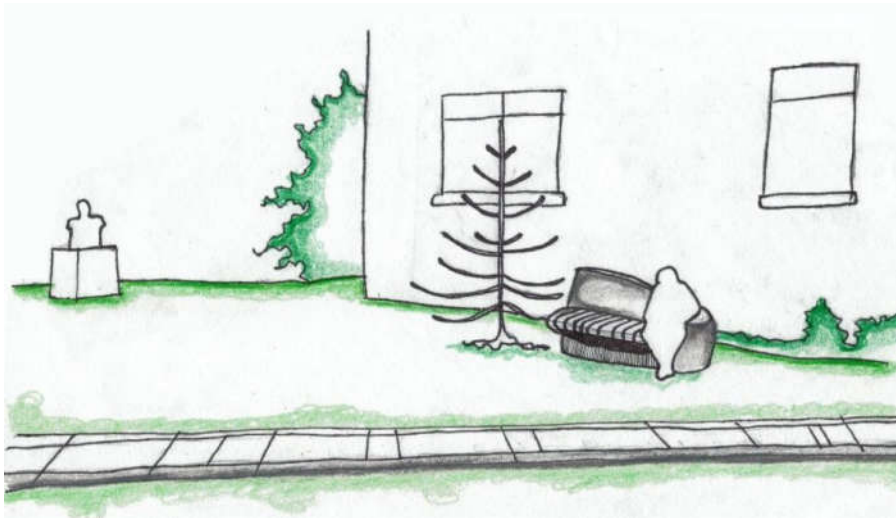
### **3.5.2 Primer caso de Estudio en la ciudad (escaño escultórico)**

Objetos de observación, principalmente colocados con fines estéticos funcionales, capaces de brindar una pausa para el usuario que, dependiendo del lugar donde esté emplazado, va a variar en rango etarios, ocupación y género.

Escaño escultórico Figura 28, elaborado a partir de fierro-cemento y pletinas de acero. Ubicado a un costado del Edificio Herman Gantes, correspondiente a la facultad de Ingeniería de la

Universidad del Bío-Bío y diseñado y construido por alumnos de la escuela de Diseño Industrial como trabajo de taller I.

Llama la atención su forma curva que a pesar de poseer una materialidad fría le da cierta calidez invitando a su uso. Está emplazado en un lugar de mediana afluencia, hacia el norte se encuentra un busto de bronce y hacia el sur delinea el territorio un camino de pavimento ortogonal y plano que rodea toda la facultad por su fachada sur.

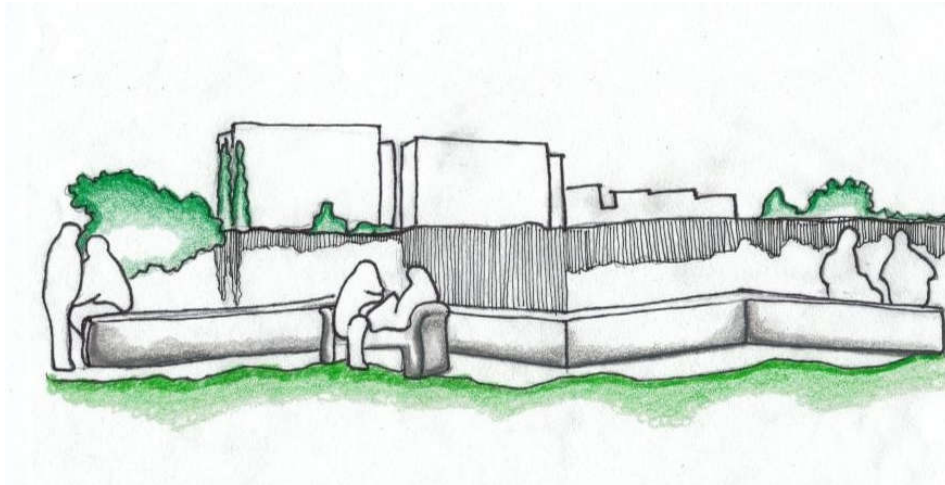


**Figura 28: Ilustración correspondiente a un escaño escultórico ubicado a un costado de la Facultad de Ingeniería de la Universidad del Bío-Bío.**

Fuente: Elaboración propia.

En cuanto a la relación persona-objeto, es un objeto coherente a las curvas y requerimientos de cuerpo su respaldo tiene una pendiente que acaba a una altura cómoda para apoyar un antebrazo, y está pensado para ser ocupado por tres personas aprox. Tiene una asimetría armoniosa.

### 3.5.3 Segundo caso de estudio borde de “Laguna Las Tres Pascualas”



**Figura 29: Ilustración correspondiente a borde de laguna Tres Pascualas, Concepción.**

Fuente: Elaboración Propia.

El segundo caso de estudio Figura 29 se centra en la ocupación del borde de la laguna Tres Pascualas en Concepción. Acá se enfatiza en el muro perimetral de baja altura construido de concreto y rocas lo que le da mucho sentido de acuerdo a su emplazamiento. La forma es rítmica y constante lo que permite tener una vista hacia los dos extremos de la laguna. Tiene un ancho de unos 60 cms donde cabe una persona perfectamente sentada. Desde donde se puede ver la Laguna hacia el sector de la calle Vicuña Mackenna o hacia el sector de Lientur donde está la Universidad San Sebastián.

Es un lugar de mucha afluencia, sobre todo de estudiantes ya que es el nexo que une la Universidad con una arteria importante como Paicaví.

En cuanto a las condiciones de uso, son elementos que delimitan y separan el sector de áreas verdes de la laguna misma. Por su dureza visual y ortogonalidad no permite un descanso pleno sino más bien un uso temporal acotado, además cabe destacar que no posee un respaldo donde apoyar la espalda.

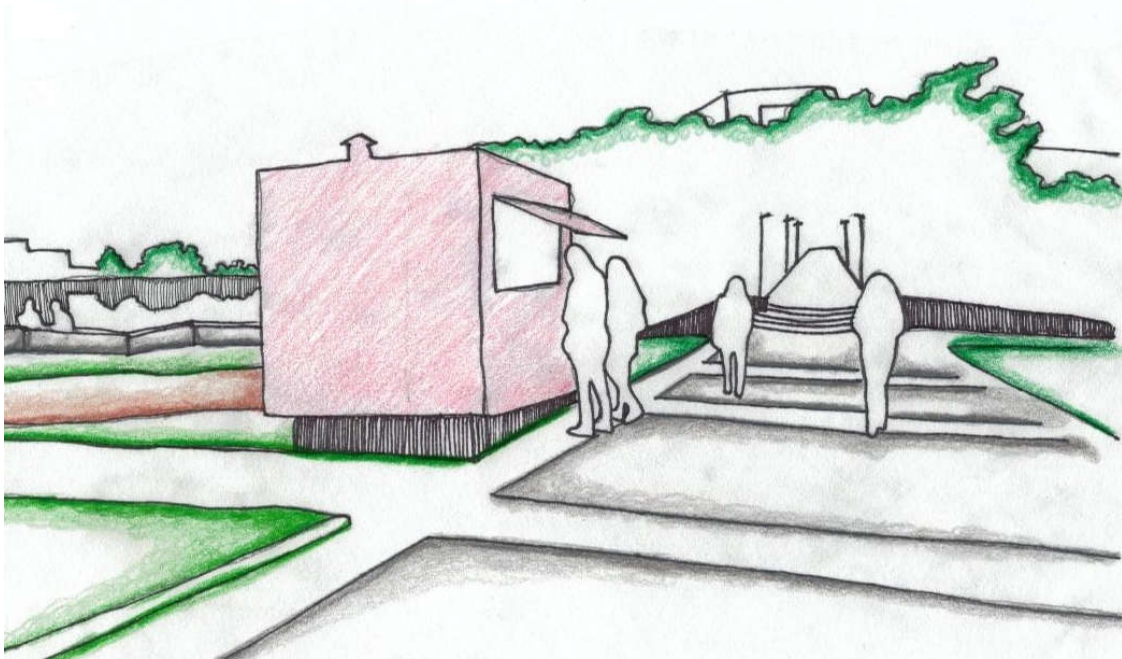
Escaño de hormigón con apoyabrazos en ambos lados, El croquis destaca también la presencia de un escaño con dos personas sentadas cómodamente. Gracias a su versatilidad el transeúnte podrá definir una postura con la espalda o los brazos apoyados en los laterales. Sigue parte de la línea ortogonal pero tiene detalles curvos en los laterales. Su uso tal vez sea menos temporal y más prolongado que el caso anterior.

#### **3.5.4 Tercer caso de estudio Kiosco “Laguna Tres Pascualas”**

Tercer caso Figura 30, El Kiosco, por excelencia es un hito urbano lleno de tradiciones, colores, aromas y sabores donde convergen muchas culturas con el objetivo de saciar alguna necesidad inmediata. Transformándose en un objeto habitable temporal donde se realizan transacciones en no más de 5 minutos, el de nuestro caso en particular posee una ventana abatible a modo de alero que resguarda de la lluvia y del sol en verano. A un costado del puente que conecta la Universidad San Sebastián con el sector de la laguna Tres Pascualas.

Se trata de un habitáculo, fabricado de latón con una estructura interna de metal, una puerta de acceso y una chimenea de ventilación ya que en él se vende comida.

Este cubo urbano no mide más de 2mt<sup>2</sup> y es ocupado durante todo el día por una o dos personas que lo atienden. Su interior es oscuro, dando la sensación de encapsamiento. Generalmente los ocupantes están de pie con intervalos de descanso. Los usuarios siempre están de pie ya que está ubicado al lado de un camino pavimentado, de gran tráfico, que se proyecta hacia el puente.



**Figura 30: Croquis correspondiente a kiosco y pasarela peatonal de Laguna Tres Pascualas, Concepción.**

Fuente: Elaboración propia.

### **3.6 Condiciones de objeto urbano temporal.**

A partir de la mayoría de los casos observados en la urbe Figura 31, exceptuando piezas de carácter escultórico-funcional, donde no aplica el pensamiento industrial seriado, ni los costos de producción. Puedo reconocer una integración basada en la ocupación de espacios públicos mediante piezas que no representan precisamente al usuario-transeúnte-ocupante; sino más bien una adaptación de lo que el mercado ofrece. Y se dejan caer como por obra del azar en muchos puntos de la ciudad. Ahora bien, si analizamos lo más puro del acto de detenerse a descansar podríamos decir que cualquier superficie en el espacio que esté limpia y desocupada nos podría servir para sentarnos, las posturas y gestos los damos nosotros. Por eso al momento de pensar en un diseño que recoja la identidad del transeúnte-ocupante se me viene a la mente un sinfín de formas muy orgánicas y curvas del reino natural, de expresión suave y ligera. Para que quien lo ocupe sea capaz de identificar el objeto como un hito no como una banca, escaño o asiento más en la urbe.

En los ejemplos aparecen imágenes correspondientes a tres lagunas de Concepción eligiendo éstos espacios como centro de investigación social de diseño ya que en ellas convergen muchas personas ya sea por obligación, porque les queda de paso, o por recreación. Ellas representan gran parte de nuestra identidad territorial, son un importante patrimonio natural como cuerpos de agua de origen tectónico o fluvial eólico (Parra, 2009). Producidas por ramificaciones del río Bío-Bío como paleocanales o meandros y actualmente se encuentran en su mayoría bajo un deteriorado estado de eutrofización producida por exceso de nutrientes que afectan directamente el hábitat de las especies acuáticas que no sobreviven a esta contaminación medioambiental (Almanza-Marroquin, 2016). Fotografías correspondientes de izquierda a derecha: Iluminaria pública Laguna Lo Méndez. Banca de madera borde de Laguna Redonda. Laguna Eutrofizada Lo Custodio, no posee ningún tipo de equipamiento, representando una oportunidad de recuperación y revalorización de éstos espacios a través una ocupación consiente y respetuosa, educando e implementando el lugar con mejores elementos que despierten el interés por ella.



**Figura 31: Ejemplo de equipamiento urbano a orillas de lagunas interurbanas.**

Fuente: Fotografías personales.



### 3.6.1 Condicionantes del objeto urbano de uso temporal. Analizando aspectos como su función, emplazamiento y producción.



Figura 32: Infografía correspondiente a requerimientos y consideraciones de diseño para un objeto habitable de uso temporal

Fuente: Elaboración propia.



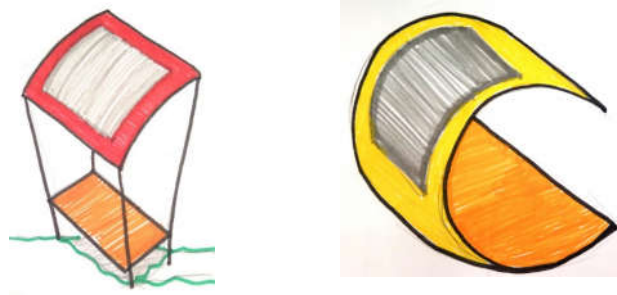
### 3.7 Modelo conceptual.

A continuación se presentan 3 propuestas diferentes de desarrollo formal comenzando por las primera ideas y bocetos hechos a mano para luego mostrar a través de un registro fotográfico las primera pruebas de una maqueta a escala 1:2 con sistema de iluminaria LED mediante una placa fotovoltaica semiflexible, formalmente se trata de un modelo construido en una pieza pensada para ser construida en madera y considerando sólo algún tipo de anclaje inferior, con la intención de darle al objeto un carácter de pieza escultórica sembrada en el jardín. En cuanto a la relación con el usuario esta se da de manera fácil ya que tiene una lectura simple. Luego como segunda propuesta se trabajó un modelo más detallado del objeto con consideraciones funcionales importantes como la incorporación de espacios tipo bóveda para montar el sistema de almacenamiento y distribución de energía solar transformada en eléctrica. La forma ya no es unicelular, ahora evolucionó y tiene partes y piezas importantes dentro de su funcionamiento. Acá aparecen materiales más viables constructivamente, como el tubular de acero y una tenso-estructura que aporta liviandad visual al ser su cubierta textil. Además se desarrollaron planimetrías y renders tridimensionales.

Finalmente se trabajó una propuesta más territorial y funcional, considerando todos los aspectos mejorables, en las maquetas y modelos anteriores, definiendo el emplazamiento como parte elemental de la propuesta correspondiente a las 5 lagunas de concepción; como respuesta a la escasa participación ciudadana y poco sentido de pertenencia que tienen, en algunos casos, los habitantes de los alrededores. Todo esto ante una mala administración pública que poco invierte en mantención. Lo que se traduce en un equipamiento pobre e insuficiente de las áreas verdes circundantes. *Es así como la estación solar de observación y aprendizaje del recurso hídrico se diseñó aunando criterios como forma y función.*

### 3.8 Desarrollo formal (primeros bocetos y formas)

En una primera instancia se trabajó a partir de formas simples ortogonales y sencillas, para luego pasar a curvas asimétricas y ergonómicas, incorporando la capa delgada fotovoltaica como captador energético. Como muestra la Figura 33.



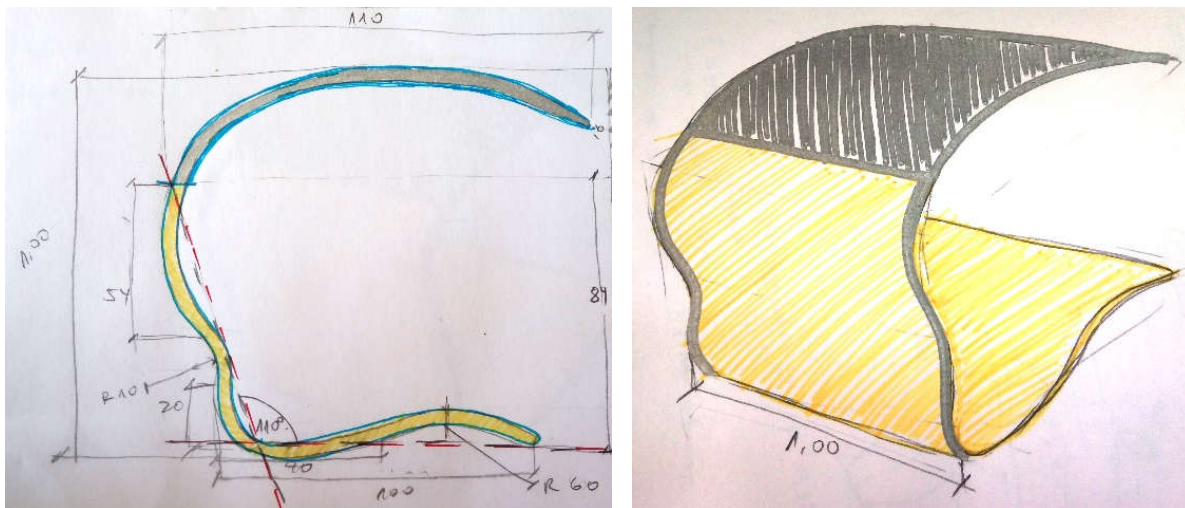
**Figura 33: Bocetos de primeras formas correspondientes a la evolución formal**

Fuente: Elaboración propia

Una de las primeras observaciones relativa a la propuesta de diseño se basa en el formato mediante el cual se comercializa el material fotovoltaico de capa delgada, se trata de una cubierta rectangular, flexible y lisa compuesta por células de silicio amorfo, que dado sus características no puede ser cortada ni doblada ya que esto podría influir negativamente en su eficiencia y buen desempeño.

Aparece el concepto de lo habitable-fijo semejante a un paradero. Observación desprendida del transitar urbano donde las pausas, los hitos, las áreas verdes y las líneas delimitantes, sirven de contenedor temporal para el ocupante-transeúnte.

La forma unicelular alude a un objeto que es el soportante y protector envolvente a través de su cubierta de madera laminada Figura 34. Se trabaja sobre una propuesta más escultórica y graciosa pero poco viable en lo constructivo debido a que se trata de una pieza de madera laminada, además de los gastos de conservación que requiere al estar en la intemperie. Propicia el descanso prolongado por su ergonomía y calidez. Este diseño no contempló la incorporación del sistema de almacenamiento y distribución eléctrica, priorizando detalles estéticos sobre lo funcional.



**Figura 34: Bocetos de primera planimetría constructiva.**

Fuente: Elaboración propia.

### 3.8.1 Maqueta con panel semiflexible de silicio policristalino.

Para ésta maqueta se utilizó un panel semiflexible de silicio policristalino de 12 [V<sub>Max</sub>] y 10[W<sub>Max</sub>] de potencia. Conectado a un banco de prueba que consta de un controlador MPPT que cumple la función de detectar el punto de máxima potencia del panel y mantener esta constante de eficiencia óptima, una batería de ciclo profundo 12V 5Ah y luces de tira LED 12V 5A color blanco. De esta maqueta no se realizaron ensayos reales, el ejercicio ayudó a dimensionar y comprender los componentes que forman parte de una instalación fotovoltaica. A continuación se muestran las fotografías de referencia Figura 35.



**Figura 35: Fotografías correspondientes a primera maqueta con sus respectivos componentes de una instalación off-grid.**

Fuente: Fotografías personales.

### **3.8.2 Propuesta detallada con planimetrías y consideraciones de diseño.**

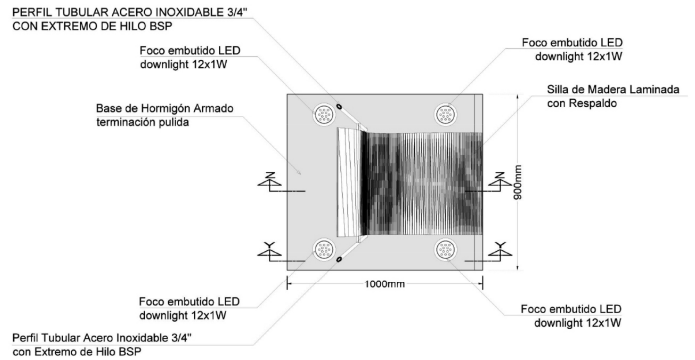
Evolucionó en aspectos formales y materiales ya que la curvatura de su cubierta no respondía a la inclinación recomendada para una instalación fotovoltaica de acuerdo a la zona geográfica de la ciudad de Concepción. En ésta etapa del desarrollo comenzaron a desarrollarse planimetrías y desarrollos técnicos acordes a un objeto urbano de uso temporal.

Segunda propuesta de diseño formal que consiste en una especie de paracaídas construido en tubular de acero, tela pvc en la cubierta, asiento de madera laminada por razones que se fundamentan en su calidez como material lo que aporta una mejor relación con el usuario, por ser un material con propiedades mecánicas resistente a cambios de temperatura y peso, y que además, si es bien tratada puede ser utilizada en espacios exteriores, la base es asimétrica abovedada de hormigón pulido diseñada para contener los componentes del sistema fotovoltaico como baterías regulador mppt y cables de distribución con la intención de protegerlos de agentes externos como el clima o robos. En cuanto a la capa delgada esta se dispone adherida sobre la cubierta como un manto uniforme. En la Figura 36 se puede ver la propuesta isométrica del objeto urbano. Luego en la Figura 37 se muestran dos vistas de la planimetría correspondiente al objeto.

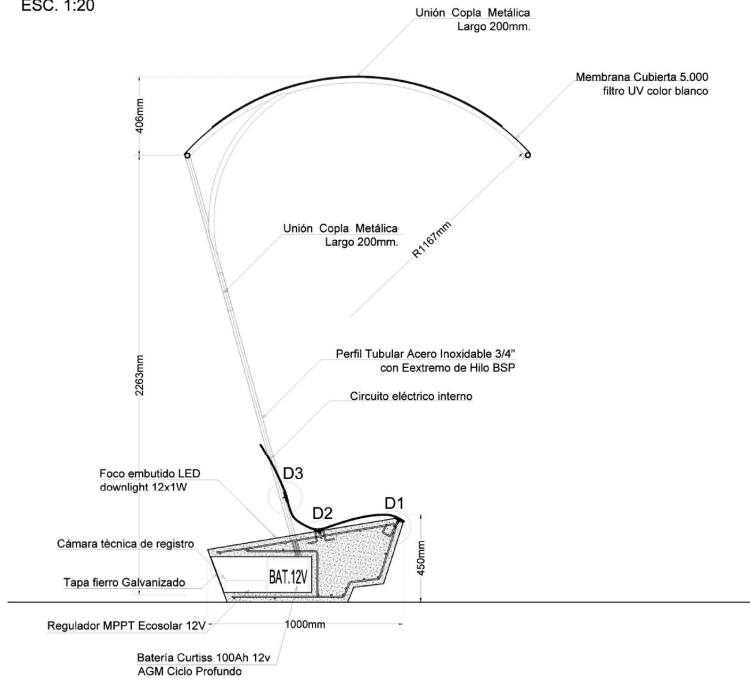


**Figura 36: Render isométrico de propuesta para un objeto urbano temporal**

Fuente: Elaboración propia.



**PLANTA DE PROYECTO**  
ESC. 1:20

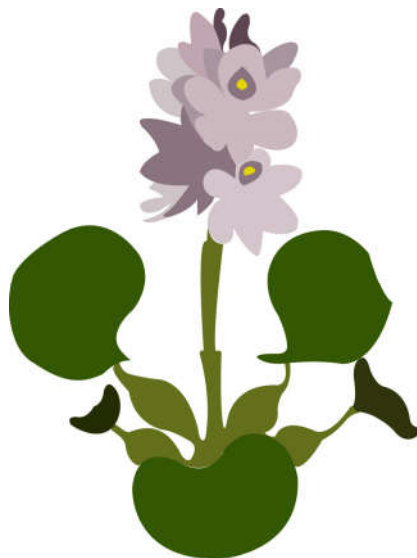


**CORTE Z-Z**  
ESC. 1:20

**Figura 37 : Planimetrías, detalles de dos vistas. Corte Z-Z y Planta de proyecto**

Fuente: Elaboración propia

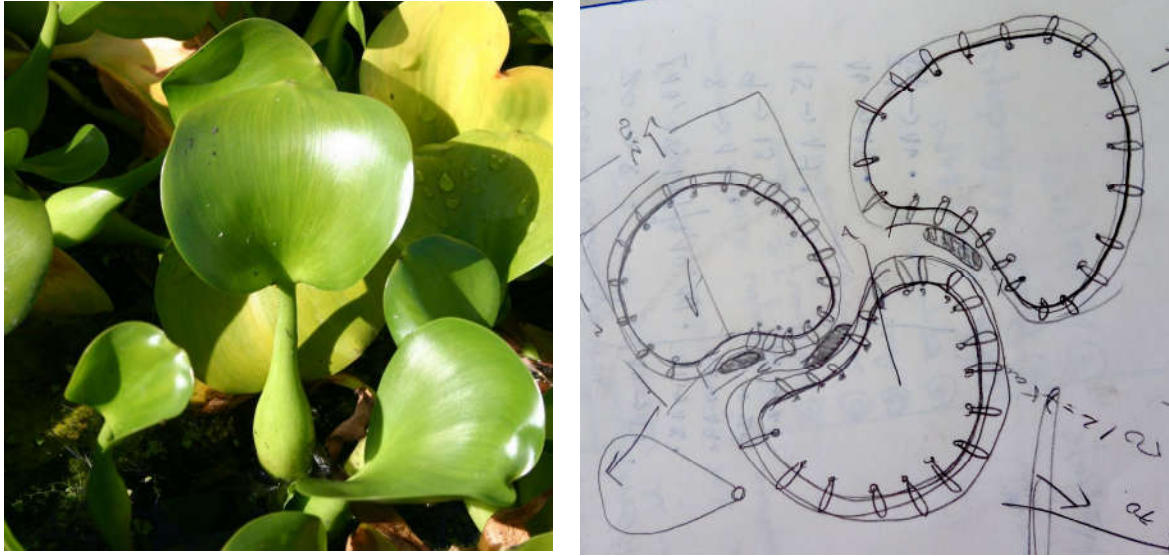
### 3.8.3 Bocetos y analogías de la naturaleza



**Figura 38: Ilustración vectorizada de un “Jacinto de agua”**

Fuente: Elaboración propia

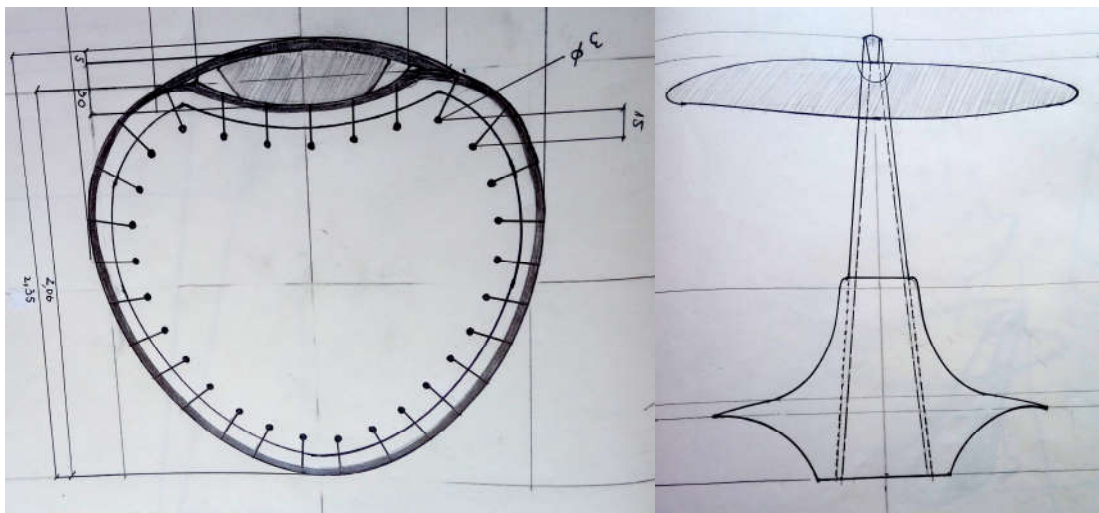
*Eichhornia crassipes* o Jacinto de agua Figura 38 (hidrofito flotante libre en superficie), es una planta de origen Brasileño, presente en otros países de América del Sur con climas cálidos, y considerado por su rápida capacidad de reproducción, una plaga acuática, llenando cuerpos de agua como lagunas y embalses. Al ser de tan rápida proliferación no deja espacio para que crezca otro tipo de flora acuática. Además de disminuir el oxígeno del agua, gracias a sus raíces, es una potente “esponja de metales pesados” por la absorción de plomo, cadmio y mercurio. El Jacinto de agua ocupó durante la primera década del 2000 más del 40% de las aguas de la Laguna Tres Pascualas. Dejándola en estado de eutrofización. A pesar de ser una plaga, representa a un ícono flotante de las lagunas interurbanas de Concepción. Como muestra la Figura 39. Al lado inferior derecho se grafica un boceto a mano alzada de la evolución formal.



**Figura 39:** Lado izquierdo Fotografía de Jacinto de agua. Lado derecho, geometrización y abstracción de la hoja del Jacinto de agua en boceto mano alzada con detalles constructivos. Conceptos asociados:

**Modular, membrana, remanso.**

Fuente: Elaboración Propia.



**Figura 40:** Planimetrías en vista de planta y frontal.

Fuente: Elaboración propia.





**Figura 41: Bocetos de vistas isométricas y elevación de la propuesta.**

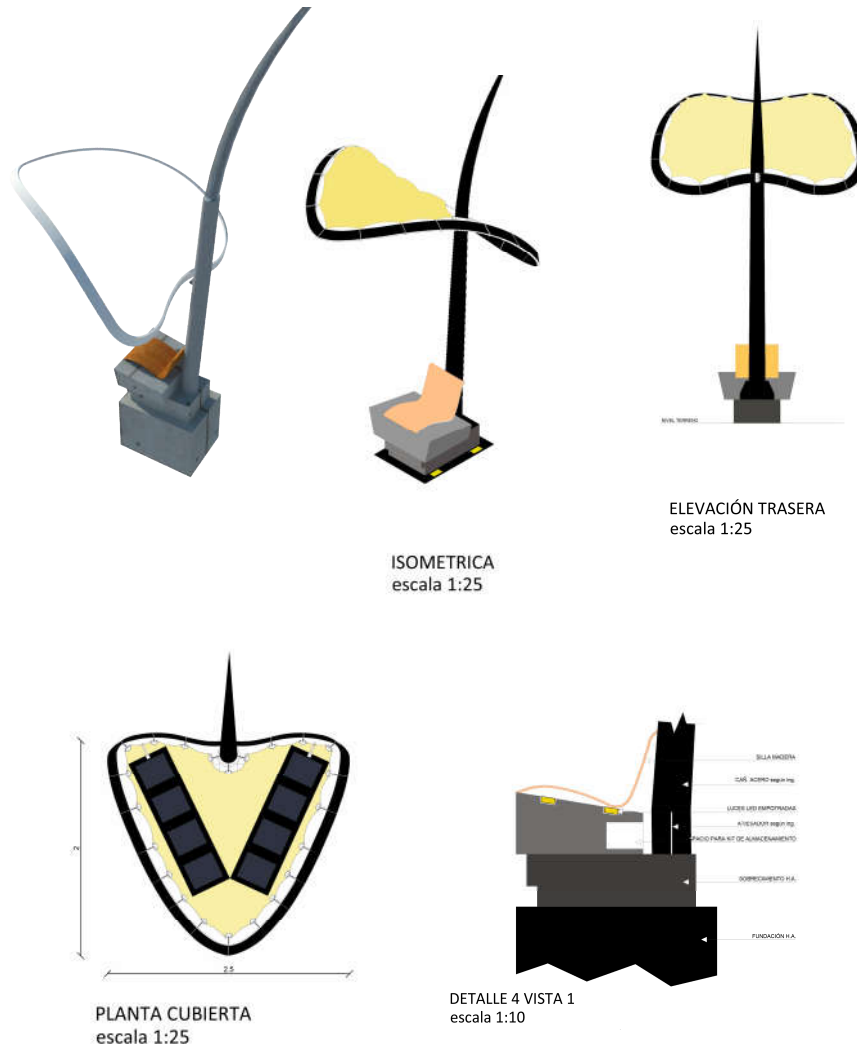
Fuente: Elaboración propia.

Desarrollo formal a partir de la observación de cómo y con qué forma crecen los Jacintos de agua, donde sus hojas se disponen alrededor del tallo. Emergiendo hacia arriba de manera cóncava, convexa en el borde, generando una especie de contra-curvatura. Característica destacable para el diseño de la cubierta a modo de hoja.

Las imágenes de la Figura 41 corresponden a bocetos a mano alzada de la propuesta. Esta propuesta evolucionó especialmente en la cubierta por una más cóncava y no plana como las de los dibujos, además por viabilidad constructiva se modificó el asiento por uno de madera laminada. El mástil fue otro aspecto formal que varió en la siguiente propuesta de diseño.

### 3.9 Propuesta final para el objeto urbano de uso temporal

Planimetrías y renders isométricos de propuesta final con detalle de fundación, asiento y cubierta.  
Ver Figura 42.



**Figura 42: Planimetrías esquemáticas con detalles de planta cubierta (incorporación de la capa delgada fotovoltaica) y detalle de asiento.**

Fuente: Elaboración propia.

Las imágenes de a continuación corresponden a un fotomontaje del objeto en su emplazamiento real. La Laguna Tres Pascualas. Ver Figura 43.



**Figura 43: Fotomontaje del objeto.**

Fuente: Elaboración propia.

### **3.9.1 Integración de la capa delgada fotovoltaica.**

#### Introducción

La incorporación de la capa delgada fotovoltaica o thin film solar cells al mercado y sus primeras experimentaciones comenzaron durante la década de los ochentas con el desarrollo del silicio amorfo, ya se veía en sus primeras aplicaciones funcionales de uso cotidiano en objetos como las calculadoras y relojes que se cargaban a través de sistemas fotovoltaicos. Lo que ha evolucionado en sistemas más grandes y eficientes, creados mediante la deposición del silicio amorfo sobre un sustrato flexible. Esta tecnología que ha demostrado tener una eficiencia del 6% escalable en el tiempo, lo que quiere decir que del total de radiación solar directa recibida solo es transformada en energía eléctrica un 6% de ella, considerablemente menor a la de los paneles policristalinos pero con grandes mejoras y proyecciones en el tiempo. Dentro de sus atributos y razones por la cual debe ser un material estudiado, destacan su composición química y posibilidades de aplicación y usos. Ya que se presenta como un material estéticamente atractivo para usos arquitectónicos tanto en fachadas, como es el caso de las células de silicio amorfo depositadas sobre sustratos como vidrio, y en techumbres porque su espesor no supera los 3 mm y se adapta fácilmente a formas curvas y rectas. En cuanto a sus formatos, este elemento (silicio amorfo) posee aplicaciones sobre diversos materiales de integración arquitectónica significando una mejora en relación a los bajos costos de producción que tendría su fabricación y construcción todo esto acompañado de la simplicidad y ligereza constructiva que aporta (Gómez, et al 2012). A continuación se detalla una lámina infográfica con los conceptos a considerar para su integración objetual arquitectónica.

### 3.9.2 Detalle de lámina infográfica con los conceptos a considerar para la integración objetual arquitectónica de la capa delgada fotovoltaica.



Figura 44: Infografía de una capa delgada fotovoltaica y sus consideraciones de diseño.

Fuente: Elaboración propia.

## 4. Desarrollo Sustentable del proyecto

### 4.1 Desarrollo sustentable del proyecto en términos sociales.

#### Introducción

A continuación se detallará el fundamento del presente apartado del trabajo de investigación. Con la finalidad de ser aplicado en la técnica cualitativa de estudio de las opiniones, llamada “Grupo focal o focus group” y así definir parámetros de usabilidad y funcionalidad del objeto urbano habitable temporal emplazado en Laguna Tres Pascualas. Propuestas basada en el uso y aprovechamiento de la energía solar para hacer funcionar ciertos artefactos de bajo consumo, tales como: iluminación LED, y carga de teléfonos. El Objeto utiliza como mecanismo de captación la energía solar fotovoltaica en formato de una capa delgada de silicio amorfo. Que como atributo destacable posee una capacidad de adaptación a formas curvas sin necesidad de estructurarse a través de un marco. Resultando ser una alternativa estética muypreciada en el área del diseño y la arquitectura. Como punto en contra tiene una baja eficiencia en relación a los paneles de silicio mono o policristalinos pero al tratarse de una tecnología nueva, su eficiencia es mejorable con el tiempo.

En cuanto a la problemática abordada en el presente trabajo a partir de la observación en terreno de espacios públicos habitables temporalmente de Concepción (centro), destacan los cada vez menos lugares destinados a áreas verdes de recreación con la irrupción del creciente uso de automóviles donde ya los diseños urbanos no se piensan tanto para el transeúnte ocupante. Priorizando la construcción de estacionamientos y calles pavimentadas que también llevan consigo un menor costo de mantención, mayor contribución al calentamiento global por efecto de reflexión del calor en el pavimento y una segregación social silenciosa donde las personas que trabajan y los estudiantes pasan largas jornadas de claustro, ya no tienen tiempo para frecuentar espacios verdes de ocio y participación social (*Olivera, et al 2016, Ganter 2014; Aliste 2012*). En lo específico si analizamos Concepción de los últimos años post terremoto, tenemos un importante cambio a nivel morfológico, desde la creciente oferta y construcción de nuevos edificios donde antes existían viviendas, muchas de éstas con una rica y extinta historia arquitectónica; hasta la

reconstrucción y rediseño de importantes espacios públicos como el Parque Ecuador y la Diagonal P. Aguirre Cerda, Plaza Condell y Plaza Cruz. Distinta suerte corre uno de los cuerpos de agua interurbano más importante de Concepción centro, como la laguna Tres Pascualas Figura 46 conocida por la popular leyenda y actualmente por ser una especie de pasarela por donde transitan día a día los estudiantes de la USS (Universidad San Sebastián), Emplazada sobre el “Cerro de las Tres Pascualas” frente a la laguna con su fachada orientada hacia la calle Paicaví (este). Llama la atención el deteriorado estado en el que se encuentra a pesar de las intervenciones de la Facultad de Medicina Veterinaria de la USS y el EULA (Centro de Ciencias Ambientales) de la UdeC (Universidad de Concepción) con la finalidad de mejorar su condición y el avanzado estado de eutrofización de sus aguas (*Ramírez, 2008*). Aun así al observar su composición objetual urbanística tenemos una laguna atravesada por una pasarela peatonal, con un escaso equipamiento destinado al descanso y contemplación (como asientos de hormigón y bancas de madera), una plaza de juegos de fierro, tres esculturas, mucho comercio ambulante y kioscos, una gran estructura central rectangular que no tiene uso definido y áreas verdes.

Como respuesta a este panorama tan diverso la propuesta presentada a continuación busca rescatar la identidad y valor de la Laguna como cuerpo de agua, patrimonial natural y protegido. Utilizando para ello la implementación de un objeto tenso estructurado compuesto por una cubierta, un mástil y un asiento de madera laminada, orientado con vista hacia la laguna y emplazado en su orilla (*Parra, 2009*).

Para lo que a través de la siguiente herramienta de medición se busca responder a interrogantes relativas a temas formales y funcionales con una metodología de entrevista presencial dirigida a 6 personas con edades que fluctúan entre los 14 y 70 años ya que son los principales usuarios del objeto propuesto.

La actividad consta de un trabajo en grupo donde se mostrará un modelo tridimensional impreso y además una maqueta de la propuesta con la finalidad que las personas expresen sus ideas y aportes ya sea formales, de usabilidad y emplazamiento.



**Figura 45: Fotografías correspondientes al emplazamiento propuesto para el objeto urbano.**

Fuente: Google eart.

La imagen del lado superior izquierdo muestra una vista aérea del entorno en el cual está inserta la laguna, indicando además el borde respecto a su orientación geográfica. La imagen del lado derecho grafica de manera más detallada el lugar donde se emplazará el objeto urbano.



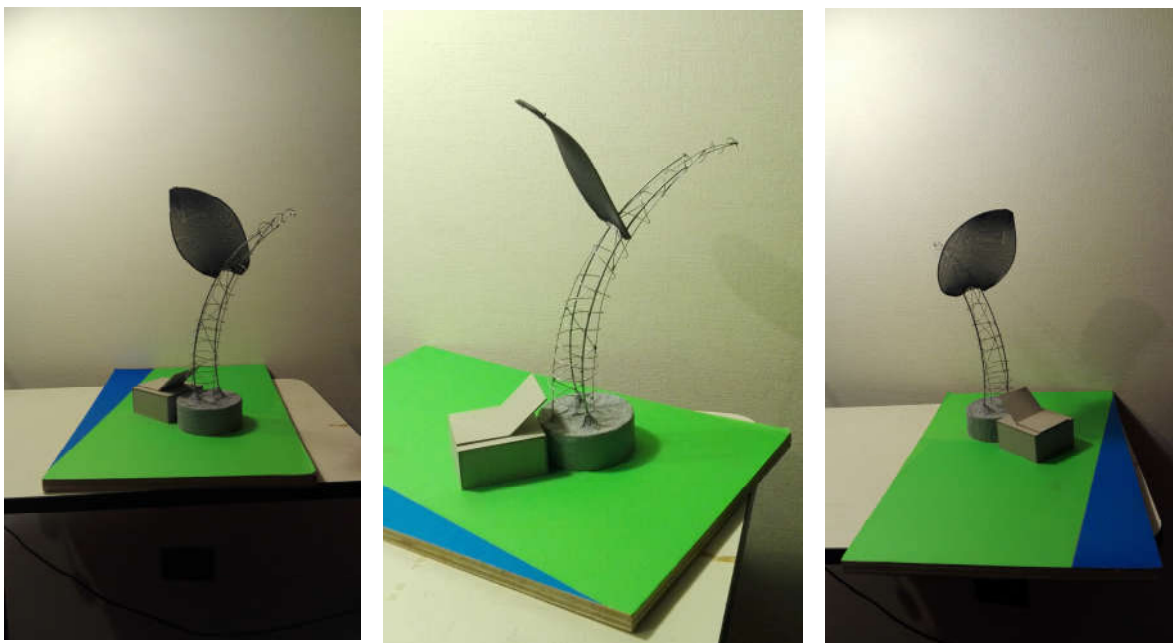
**Figura 46: correspondiente a fotografías del estado actual de la laguna.**

Fuente: Fotografías personales.

Las fotografías anteriores Figura 46 muestran el estado actual del borde de la laguna, con áreas verdes re acondicionadas y su agua más limpia además de la incorporación de especies como cisnes de cuello negro.



Maqueta desarrollada para su apreciación volumétrica y como referente espacial presentada ante entrevistados durante el grupo focal.



**Figura 47: Fotografías correspondientes a maqueta presentada en grupo focal.**

Fuente: Fotografías personales.

### **4.3 Rol de los actores involucrados**

***Vecinos del sector Paicaví con Prieto:*** Corresponde a un grupo de siete personas, seis mujeres y un hombre con edades que fluctúan entre los 18 y 76 años. De los cuales tres han vivido toda su vida en el sector, mientras que de los cuatro restantes tres viven desde hace algunos años en el lugar porque estudian en la Universidad San Sebastián. Correspondiente el último participante a un habitante esporádico que pasa por el sector en micro y a veces ha visitado el lugar. Los participantes son quienes aportan su visión y críticas sobre el contexto en el cual está inserta la laguna. Aportando información relevante para dilucidar la sustentabilidad y viabilidad del proyecto en el sector.

La recolección de datos se realizó desde una perspectiva teórico-metodológica cualitativa, según los objetivos planteados, la propuesta obedece a una de carácter descriptivo – interpretativo. En función de la propuesta de recolección de datos la investigación es primaria, puesto que utiliza como mecanismo de recolección de datos entrevistas grupales semiestructuradas a un grupo de vecinos del sector. Los datos fueron analizados con el método de análisis hermenéutico (Cárcamo, 2015), otorgando sentido más allá de lo explícitamente expuestos por los entrevistados.

#### **4.4 Resultados del análisis**

##### **4.4.1 Percepción sobre el lugar: Opiniones sobre el lugar y elementos que lo componen.**

La percepción del lugar muestra los distintos puntos de vista y opiniones diversas sobre este, abordados desde la mirada de los usuarios cotidianos del entorno, que divergen al tratarse de perfiles con distintas edades.

“Es un lugar público donde van jóvenes, niños personas que venden, y hay pasto donde se comparte”. (Nicole Parga Ríos 18 años)

“Es un lugar muerto, descuidado, se desborda en invierno”. (Natalia Ávila Monsalves 20 años)

“Existe descoordinación entre la gente que habita el sector y la gente que pasa por ahí. La gente que habita ahí por ej, la janequeo, no cuida el lugar es contradictorio que no se hagan responsables de recuperar su propio entorno porque lo tienen lleno de basura. No como la gente que va a vender por el día y los estudiantes que pasan que si ensucian dejan limpio después”. (Paulo Fariña Fernández 28 años)

“Esa diferencia existe tal vez por desinformación ya que no dimensionan el daño que se le hace a laguna”. (Karen González Fuentes 20 años)

“Le pondría seguridad porque alguien se ahogó, le pondría barrotes para que la gente no se suicide”. (Mariela Baeza Belmar 19 años)

“Mejoraría el entorno acuático y eso sería suficiente para que la laguna sea bella por si sola”.  
(Karen González Fuentes 20 años)

“Lo más lindo que tiene es el mirador que recorre el supermercado y mira a la laguna”. (Emilia Hidalgo Fernández 76 años)

#### **4.4.2 En cuanto a la iluminación y sensación de seguridad del lugar**

Este punto se centra en la visión que tienen los vecinos del lugar en relación a cuan seguro es este, y qué factores inciden en que sea efectiva la seguridad del entorno como por ejemplo la mejora en la iluminación y tal vez un mayor resguardo o preocupación por parte de organismos municipales-estatales, ya que al ser un cuerpo de agua y plaza pública está más expuesto a ser un foco de delincuentes y personas adictas a drogas, principalmente pasta base.

“No es seguro porque hay poca luz y se presta para robos y drogas”. (Cecilia Ríos Fernández 55 años)

“Poca iluminación, si la iluminación fuese mejor pasarían menos cosas terroríficas la luz ayuda a espantar a los malandrines”. (Emilia Hidalgo Fernández 76 años)

“La laguna es insegura poco iluminada. La muni debería invertir más en iluminación. (Nicole Parga Ríos 18 años)

“A mí me da miedo pasar por ahí de noche, mas encima siempre uno se pilla con uno que otro loco pidiendo plata para drogas o copete”. (Natalia Ávila Monsalves 20 años)

#### **4.4.3 En relación al equipamiento propuesto su utilidad y función**

La incorporación de nuevos equipamientos al sistema, podría significar un aporte relevante desde la perspectiva que el espacio estudiado carece de objetos que propicien el descanso, la contemplación e iluminación; acompañado de la revaloración y ocupación que su instauración significan.

“Me parece excelente, que pongan varios asientitos, está original la idea”. (Emilia Hidalgo Fernández 76 años)

“es novedoso y moderno, debería ofrecerlo a la municipalidad”. (Cecilia Ríos Fernández 55 años)

“Es atractivo porque también capta energía, está en un lugar súper accesible”. (Karen González Fuentes 20 años)

“Mucha gente iría a conocerlo porque es novedoso”. (Mariela Baeza Belmar 19 años)

“En conce no hay mobiliario urbano que yo sepa que involucre energía fotovoltaica u otra fuente de energía”. (Nicole Parga Ríos 18 años)

“Está súper bueno el fundamento de recuperación del entorno, creo que hay un plan de recuperación de lagunas por parte de la municipalidad y ahí se perfila la idea”. (Paulo Fariña Fernández 28 años)

“Como está en U pasa mucha gente no falta el despreocupao que no sé, anda con el celular descargao, típico que tiene que llamar al papa pa que lo valla a buscar por ejemplo. Serviría hartoo para esos casos”. (Natalia Ávila Monsalves 20 años)

“Cubre una necesidad y por lo mismo es útil”. (Karen González Fuentes 20 años)

“Debería ser con más asientos unos cuatro o cinco, para una persona es muy poco”. (Emilia Hidalgo Fernández 76 años)

“Servirían para la gente que quiere chatear”. (Cecilia Ríos Fernández 55 años)

#### **4.5 Conclusión grupo focal**

A partir de las expectativas y comentarios descritos por los participantes del grupo focal se describen tres planos relevantes de investigación, partiendo por el lugar y su equipamiento actual. Se observa una concordancia respecto a la despreocupación social por parte de autoridades públicas responsables de su conservación y equipamiento. En lo que respecta a la iluminación y

sensación de seguridad la tendencia persiste haciéndose latente la sensación de inseguridad y miedo arraigados a una mala implementación e integración de iluminaria. Finalmente en lo que respecta al objeto estudiado propiamente tal, este surge como una propuesta de valor tanto urbanístico funcional como un hito luminoso que podría significar un aporte a la mitigación de sensación de miedo e inseguridad por parte de los vecinos y ocupantes del sector.

#### **4.6 Análisis ambiental**

##### *Introducción*

El análisis ambiental detallado a continuación se formuló a partir de una caracterización de la zona de impacto para dilucidar qué aspectos mejorarían el entorno y cuáles no. Luego se analizará cuanta energía necesitara producir para la iluminación LED y para los artefactos de bajo consumo. Y cuanta energía será capaz de producir en la realidad.

#### **4.7 Caracterización de la zona de impacto ambiental**

Un aspecto relevante a estudiar es la huella de carbono que deja la producción del objeto desde la adquisición de materiales y los procesos industriales de éstos, hasta su traslado e instalación. Son puntos importantes para comprender el concepto de huella de carbono entender que se trata de emisiones de CO<sub>2</sub> (dióxido de carbono) producidas por cada habitante, proceso industrial o máquina, que es transformado en gas invernadero a la atmosfera. Como respuesta a esta situación se creó el concepto carbono neutral con el fin mejorar los procesos y aportar certificación ambiental ISO 14067 (*Burgess, 2003*) a procesos, materiales y objetos. En Chile, país en vías de desarrollo cuya actividad económica se basa principalmente en la exportación de recursos naturales y derivados de éstos, son pocas las empresas que se han vuelto carbono neutral (*Olivera, 2016*) y la importancia de esto radica en la neutralidad de GEI (gases efecto invernadero). Como ejemplo de acciones que se podrían tomar para disminuir la huella de carbono, destacan el uso de ERNC y la reforestación.

Al caracterizar la zona de impacto energético se consideraron tres factores relevantes en su estudio. Partiendo por la contaminación producida en la ciudad del Gran Concepción, declarada el

año 2015 zona saturada de material particulado con 50 ug/m3 por toda su actividad industrial, generación de energía, parque automotriz, uso de leña en invierno e incendios forestales en verano. (Espíndola 2012, Olivera 2016) La siguiente imagen Figura 48, explica las causas y los causantes de la contaminación atmosférica y sus efectos.

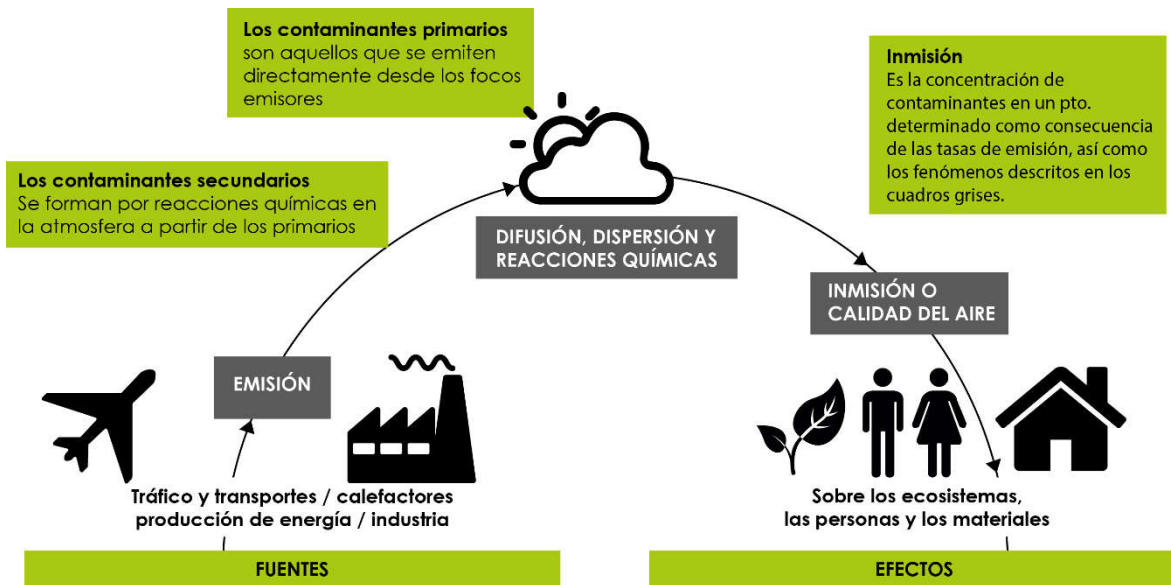


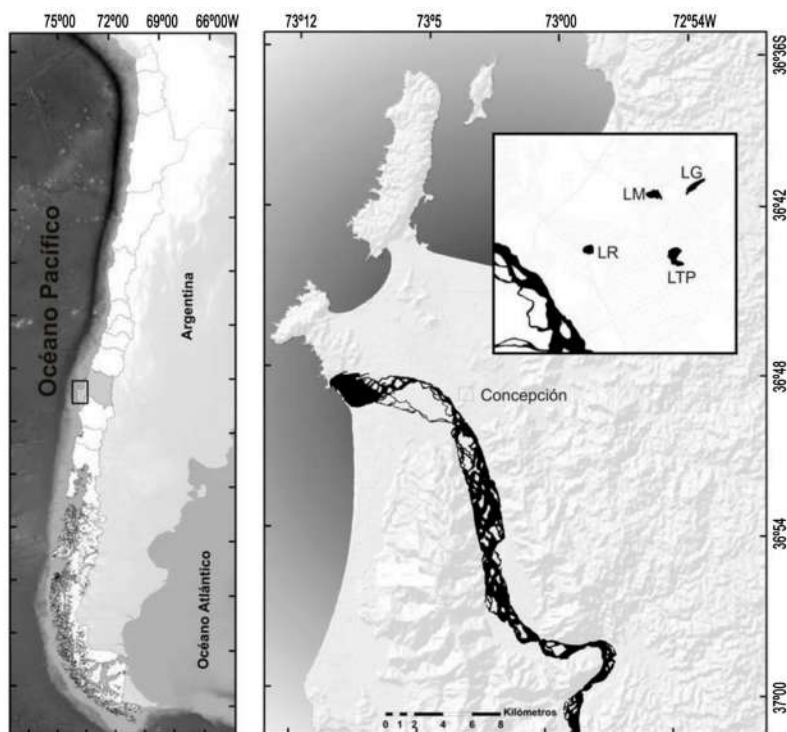
Figura 48 Contaminación atmosférica.

Fuente: Elaboración propia.

#### 4.8 El caso de la Laguna Tres Pascualas.

La laguna tres pascualas forma parte de los cinco cuerpos de agua urbanos presentes en Concepción, de origen fluvial y alguna vez meandro del río Bío Bío, la laguna actualmente presenta un estado de eutrofización de sus aguas (alto contenido de nutrientes y falta de oxígeno) Figura 50 producto de muchos factores dentro de los que destaca la acción del entorno, el aumento del crecimiento urbano y evacuación de aguas servidas, por mencionar algunas. Esto trae como consecuencia el aumento de algas, turbiedad de aguas y mortandad de peces. El EULA en Concepción (centro de ciencias ambientales) ha trabajado en la limpieza y conservación de estos importantes cuerpos de agua que aportan identidad territorial, plusvalía al sector,

amortiguamiento en caso de inundación por lluvia, y lo más importante, constituyen un importante ecosistema para muchas especies que habitan en ellas. (Almanza – Marroquín 2016, Parra 2009, Ramírez 2008) La imagen de a continuación muestra la ubicación de las lagunas urbanas de Concepción, junto al río Bío Bío. Figura 49.



**Figura 49: Bases limnológicas para la gestión de los lagos urbanos de Concepción, Chile.**

Fuente: Bases limnológicas para la gestión de los lagos urbanos de Concepción, Chile 2016.



**Figura 50: “Mortandad de peces por eutrofización del agua”**

Fuente: EULA situación ambiental de las lagunas de Concepción. Correspondiente a “Mortandad de peces por eutrofización del agua” Laguna Tres Pascualas, 2009.



## Capítulo 5 Pruebas y análisis.

### 5.1 Introducción.

El siguiente capítulo comenzó con un análisis de terminologías relacionadas a energía solar y generación fotovoltaica con sus consideraciones de instalación Figura 50. Se llevaron a cabo pruebas en terreno para medir la radiación solar, capacidad de entrega de voltaje (sin carga= $V_0$  y con carga= $V_L$ ) y potencia suministrada de la celda fotovoltaica de capa delgada en corriente continua, bajo distintas condiciones de radiación solar Figura 56. Los ensayos se realizaron en el módulo MPST “Módulo de Pruebas Solares y Térmicas” del CITEC (Centro de Investigación y Tecnologías de Construcción) perteneciente a la Universidad del Bío-Bío. Se utilizó un piranómetro Kipp and Zonen CMP3, encargado de medir la radiación solar instantánea, mediante los datos de voltaje de salida ( $U_{s1}$ ) e irradiancia ( $E_{solar}$ ), condicionada por una sensibilidad propia del sensor (S). Los que fueron apoyados paralelamente por la estación meteorológica *Davis instruments vantage PRO2*) Figura 55. Con respecto a la posición se trabajó con un ángulo azimut de orientación  $0^\circ$  hacia el Norte magnético definida por un compás digital, ángulo de elevación del panel varía entre  $30^\circ$  y  $80^\circ$  con un ángulo de inclinación promedio de la superficie de  $45^\circ$  con respecto a la horizontal y un radio de curvatura de 1,5 m. El ángulo de elevación  $30^\circ$  a  $80^\circ$  coincide con el ángulo de elevación del sol con respecto a un observador en la tierra entre los solsticios (invierno, 21 de Junio y verano, 21 de diciembre aprox.)

Luego se describió la experimentación realizada mediante un módulo cubierto por un material textil tipo black out. Sobre el cual se instaló la celda fotovoltaica de capa delgada. El ejercicio se dividió en dos partes. Una de ellas se basó de tres jornadas de medición de voltaje e intensidad de corriente sobre la carga, a través de un multímetro eléctrico de medición y paralelamente se utilizó una herramienta análoga correspondiente a un sistema registrador de datos por medio de un software del fabricante *Opto22* (PAC Control + PAC Display) que registró el voltaje sobre la resistencia carga ( $V_L^*$ ). Centrándose la otra parte principalmente en la medición de dos parámetros.

**Temperatura sobre la celda fotovoltaica de capa delgada:** Con la finalidad de determinar los efectos en la respuesta de ésta y en bajo qué condiciones pierde eficiencia el sistema fv,

**Resistencia variable:** Para definir el punto de máxima potencia y la corriente de cortocircuito. Con la finalidad de desarrollar un análisis experimental para estimar la capacidad energética del panel de capa delgada bajo las condiciones ambientales del momento.

## 5.2 Conceptos básicos de una instalación Fotovoltaica



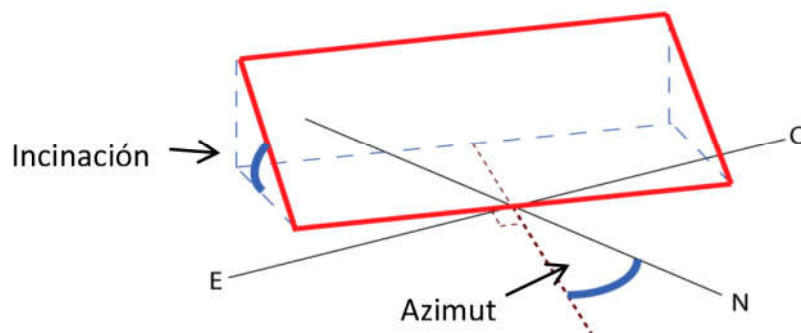
**Figura 51: Conceptos para comprender la energía solar fotovoltaica.**

Fuente: Elaboración propia.

### 5.2.1 Temperatura ambiental y coeficiente de sensibilidad

Las instalaciones fotovoltaicas dependen de diversas condicionantes que inciden en su óptima eficiencia tales como la orientación respecto al sol y su azimut solar Figura 52. Otro factor importante es la cantidad de energía capaz de generar ya que en la mayoría de los casos según fabricante, los datos de eficiencia son obtenidos mediante pruebas de laboratorio en condiciones ideales. Sin considerar aspectos como la temperatura ambiental o *coeficiente de sensibilidad a la temperatura* que puede variar entre  $-0,16$  [%/°C] hasta  $-0,68$  [%/°C]. Existe una temperatura máxima de servicio en los paneles solares que es entre  $20$  y  $25$  [°C] (*temperatura de ensayo comercial*) existiendo una temperatura máxima real que no debe superar los  $70$  [°C] en las juntas de silicio de los paneles comerciales; y que al ser sobrepasada o disminuida, como consecuencia produce, según sea el caso, un aumento de su coeficiente de sensibilidad y disminución de su potencia a generar. Por ejemplo a  $30$  [°C] con un coeficiente de temperatura de  $-0,4$  [%/°C], la celda producirá un 2% menos de energía.

La temperatura de la celda, varía de acuerdo a la temperatura del ambiente, la velocidad del viento, radiación y ventilación del panel. Es importante mencionar que la intensidad de corriente también aporta al calentamiento, consecuencia de las pérdidas propias (Resistencia Interna de la celda solar [Ri]).



**Figura 52: Esquema de un panel solar donde se señalan los ángulos de inclinación y azimut que definen su posición.**

Fuente: Explorador solar para autoconsumo. Versión 2016.

### **Factor de Pérdidas**

Son diversas las causas que producen pérdidas en la generación de corriente eléctrica de los sistemas fotovoltaicos, representando en promedio un 14% del total. Para definir el factor de pérdida se consideran elementos como la suciedad acumulada, las sombras del entorno, imperfecciones del panel y tiempo apagado por mantenciones.

### **5.3 Características del panel fotovoltaico de silicio amorfo según fabricante.**

Tipo de Célula: 5 unidades de tres uniones de silicio amorfo de película delgada de células solares en serie (356\*239mm).

Cumple con Norma: IEC61646.

Máximo sistema de voltaje es 1000 V CC

<b>Datasheet</b>						
<b>Model</b>	<b>Size (mm)</b>	<b>Voc(V)</b>	<b>Isc(A)</b>	<b>Vmp(V)</b>	<b>Imp(A)</b>	<b>N.W</b>
31W	1410X394X4	10.5	5.1	7.5	4.13	1.85KG
33W	1410X394X4	10.5	5.3	7.5	4.36	1.85KG
68W	2849X394X4	23.1	5.1	16.5	4.1	3.9KG
72W	2849X394X4	23.1	5.3	16.5	4.36	3.9KG
136W	5486X394X4	46.2	5.1	33	4.1	7.7KG
144W	5486X394X4	46.2	5.3	33	4.36	7.7KG
Note: these data is tested under standard condition:1000W/m <sup>2</sup> , AM1.5, battery temp 25°C						

Figura 53: Data sheet de la celda fotovoltaica de capa delgada según fabricante.

Fuente: Data Sheet según fabricante *cfw new energy co.*

Donde:

**Voc:** Voltaje en vacío (I=0) [V]

**Isc:** Intensidad de corriente en corto circuito (V=0) [A]

**Vmp:** Voltaje de máxima potencia [V]

**Imp:** Intensidad de corriente de máxima potencia [A]

#### 5.4 Ensayos. Parte I: Instalación

Imágenes correspondientes a los tres días de ensayo, de izquierda a derecha: sábado 26 de noviembre, martes 29 de noviembre y lunes 02 de diciembre Figura 54.



**Figura 54: Fotografías de la instalación para los tres casos estudiados.**

Fuente: Fotografías personales.

Esquema de instalación en terreno con piranómetro:

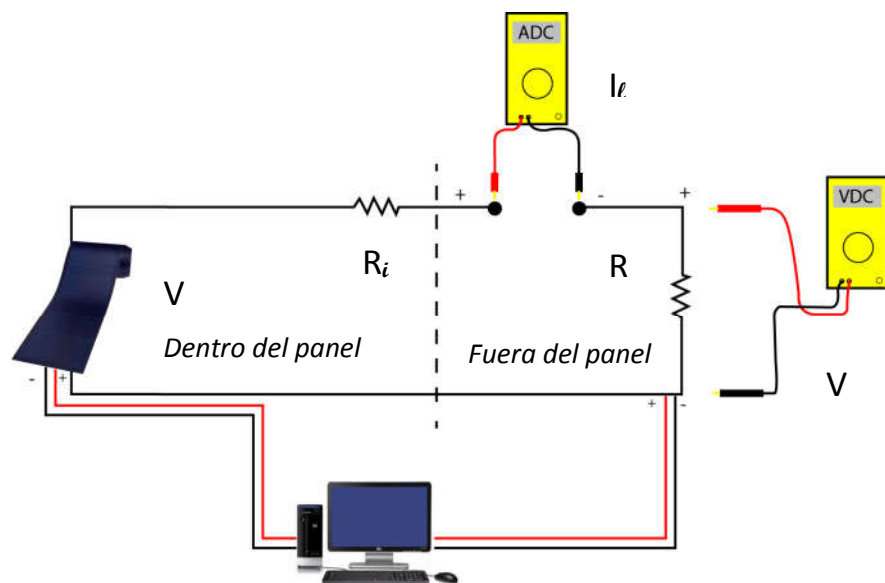


**Figura 55: Esquema de instalación de la celda fotovoltaica de capa delgada.**

Fuente: Elaboración propia.



Diagrama general de medición:



**Figura 56: Diagrama de medición para los tres casos estudiados, con sus respectivas herramientas de medición.**

Fuente: Elaboración propia.

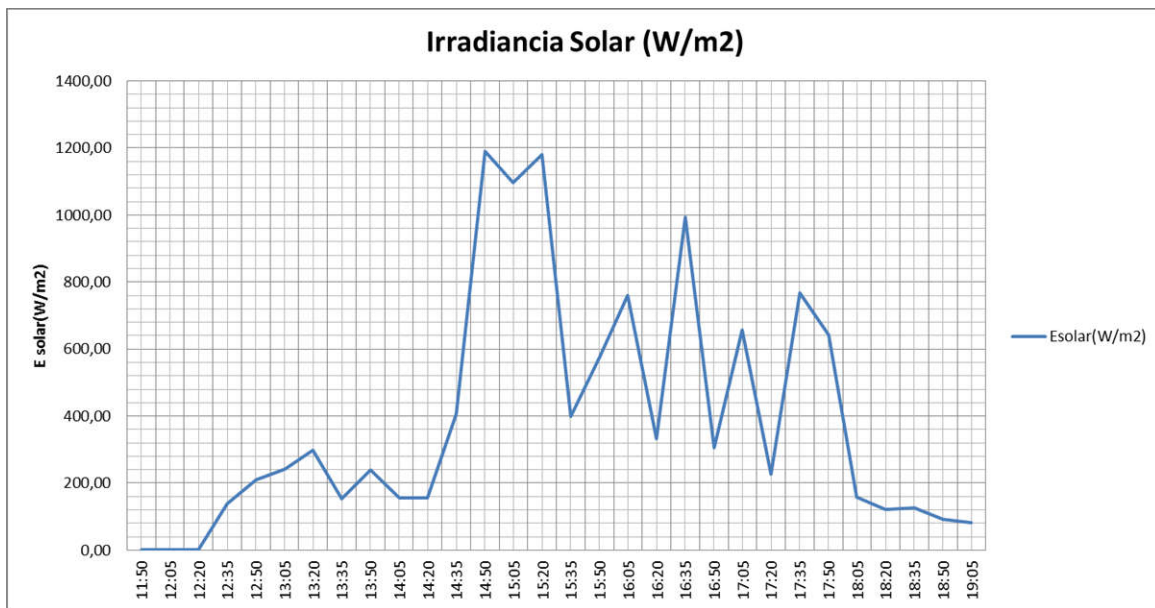
**5.4.1 Ensayo en terreno, día 26 de Noviembre de 2016, desde las 11:50 AM. Hasta las 19:05 PM.**

Para esta experiencia se utilizaron dos multímetros, uno midió la variable voltaje ( $V_e$ ) sobre la carga ( $R_e$ ), formada por dos resistencias de 20 [W] 2,5 [ $\Omega$ ] cada una conectadas en serie. Y el otro para medir la variable intensidad de corriente ( $I_e$ ) originada por el panel solar.

*A continuación se presentan los resultados gráficos del ensayo N°1*

En el Gráfico 3 Se presenta la irradiancia solar instantánea de acuerdo a los datos registrados del piranómetro, cada 15 min. Se presentaron valores con una máxima de 1188,93 [W/m<sup>2</sup>] a las 14:50 hrs. y una mínima de 83,14 [W/m<sup>2</sup>] a las 19:05 hrs. Los valores fueron oscilantes debido a las condiciones climáticas propias de un día nublado con chubascos breves de primavera. Con una mínima de 13 [°C] y una máxima de 19 [°C].

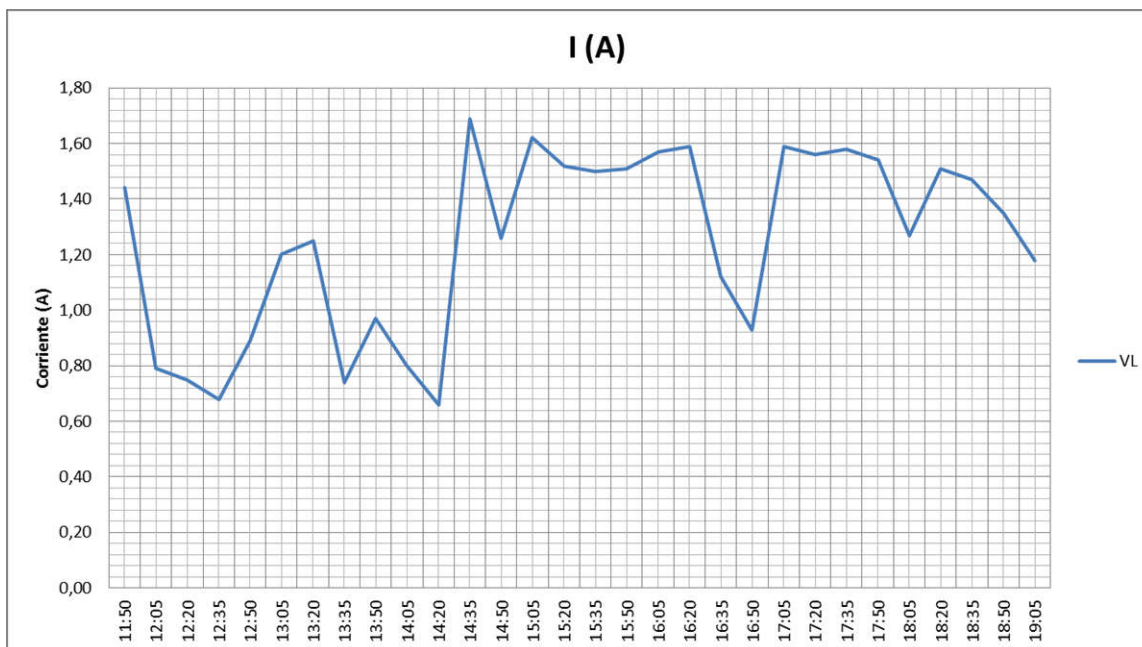
**Gráfico 3 Irradiancia Solar**



Fuente: Elaboración propia

En el Gráfico 4 se presenta la intensidad de corriente medida directamente con un multímetro, cada 15 min. Del cual podemos inferir que la mayor intensidad de corriente  $I$  [A] fue a las 14:35 hrs. Con un valor de 1,69 [A] bajo una irradiancia solar de 407,17 [W/m<sup>2</sup>]. Mientras que la mínima fue a las 12:35 hrs. Con una entrega de corriente de 0,68 [A] y una irradiancia de 138,44 [W/m<sup>2</sup>].

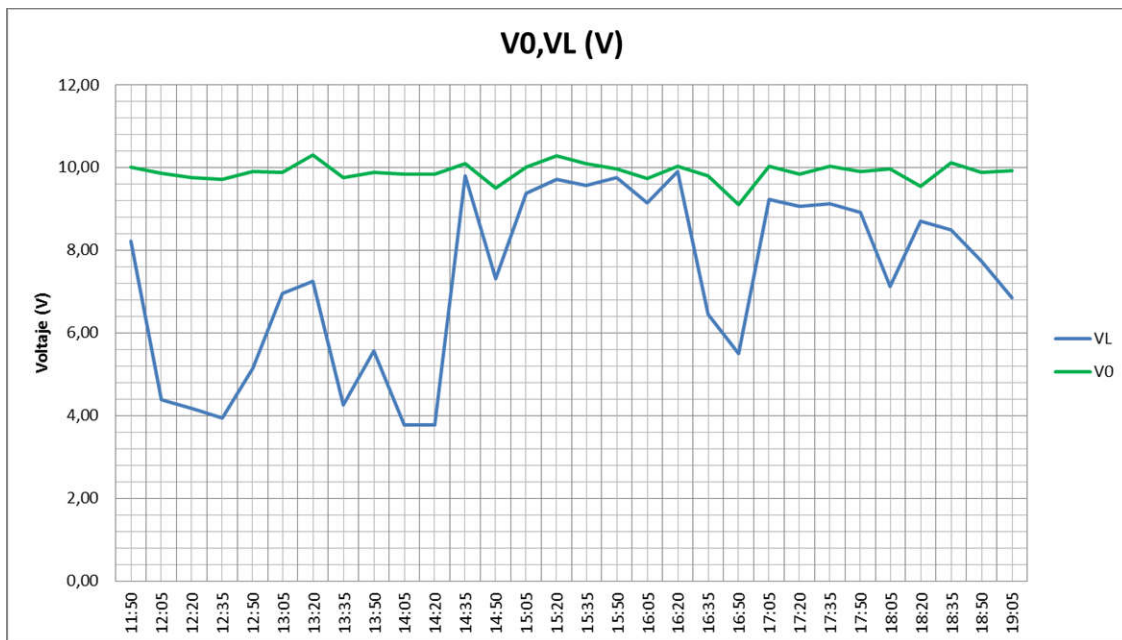
**Gráfico 4 Intensidad de Corriente**



Fuente: Elaboración propia.

Así mismo, se presenta en el Gráfico 5, el voltaje [V0], medido a la salida del panel fotovoltaico, en vacío y el voltaje (VL), medido sobre la carga o resistencia (RL). Ambos valores fueron registrados directamente desde el multímetro, de manera manual, cada 15 min. Y arrojan resultados, para el caso del (V0), que demuestran un comportamiento con pocas variaciones en el tiempo siendo su mayor entrega a las 13:20 hrs. con 10,30 [V] y la mínima a las 16:50hrs. con 9,10 [V] En cuanto al (VL) entregó un máximo de 9,79 [V] a las 14:35hrs. y un mínimo de 3,77 [V] entre las 14:05 y las 14:20 hrs.

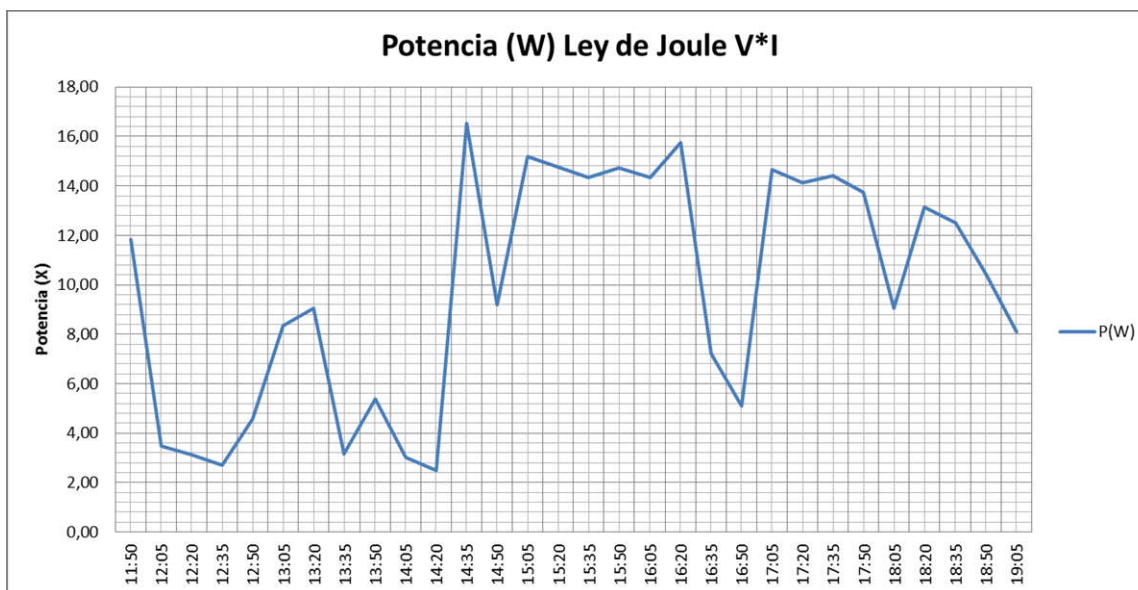
**Gráfico 5 Voltaje en vacío (V0) y Voltaje sobre la carga (VL)**



Fuente: Elaboración propia.

Finalmente, en el Gráfico 6 se muestra la potencia [P] generada por el panel, determinada de acuerdo a la Ley de Joule sobre la resistencia de carga (RL) por medio de la expresión que considera la intensidad de corriente que pasa por la carga (IL) y el voltaje sobre la carga (VL) de donde tenemos:  $P = I \cdot V$  [W]. Siendo el punto de máxima potencia entregada a las 14:35 hrs., con un valor de 16,55 [W], con una irradiancia solar de 407,17 [W/m<sup>2</sup>] y el punto de mínima potencia a las 14:20 hrs, con un valor de 2,49 [W], con una irradiancia de 156,68 [W/m<sup>2</sup>].

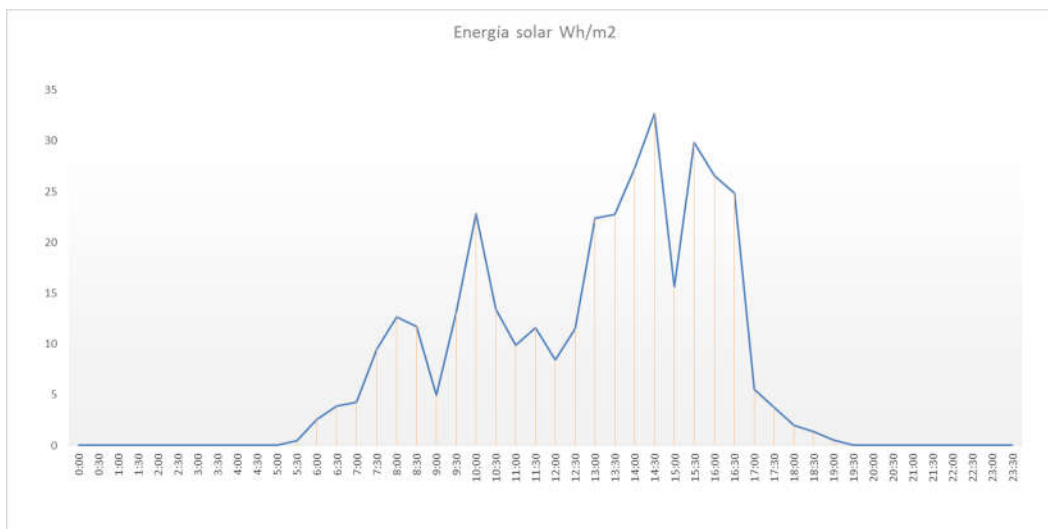
Gráfico 6 Potencia



Fuente: Elaboración propia.

Datos de energía solar Gráfico 7 para cálculo de Radiación diaria 355,96 [Wh/m<sup>2</sup>día] obtenidos a través de la estación meteorológica *Davis instruments vantage PRO2*. Proporcionados de manera colaborativa por profesionales del CITEC UBB. Datos coincidentes con análisis anterior de irradiancia en cambios abruptos de radiación propios de un día nublado.

**Gráfico 7 Energía solar**



Fuente: Elaboración propia a partir de datos entregados por estación meteorológica *Davis instruments vantage PRO2*. CITEC UBB.

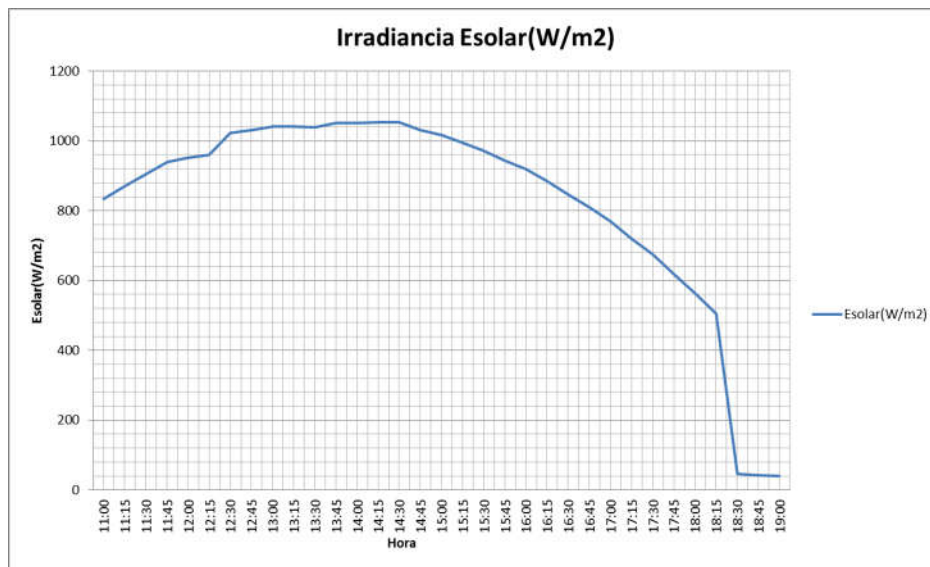
**5.4.2 Ensayo en terreno, día 29 de Noviembre de 2016, desde las 11:00 AM. Hasta las 19:00 PM.**

En este ensayo se trabajó con una metodología de medición mixta, utilizando un multímetro para medir el voltaje en vacío de la celda (V0) y el voltaje sobre la carga (VL) también medido a través de un sistema análogo registrador (VL\*). El ensayo se realizó en un día con cielo despejado con una temperatura máxima de 32 [°C] y una mínima de 12 [°C], representando el día más caluroso registrado durante los ensayos.

*A continuación se presentan los resultados gráficos del ensayo N°2*

En el Gráfico 8 Se presenta la irradiancia solar medida de acuerdo a los datos registrados del piranómetro, cada 15 min. La interpretación del gráfico de la irradiancia mediante los datos captados por el piranometro, indican que desde las 11:30 hrs. Comenzó a aumentar de 905,53 [W/m<sup>2</sup>] hasta llegar a la máxima de 1052,93 [W/m<sup>2</sup>] registrada a las 14:30 hrs. Luego comienza a descender gradualmente hasta las 18:15 hrs. Donde se produce una baja abrupta de la irradiancia percibida a 46,42 [W/m<sup>2</sup>]. Debido a factores como el efecto sombra.

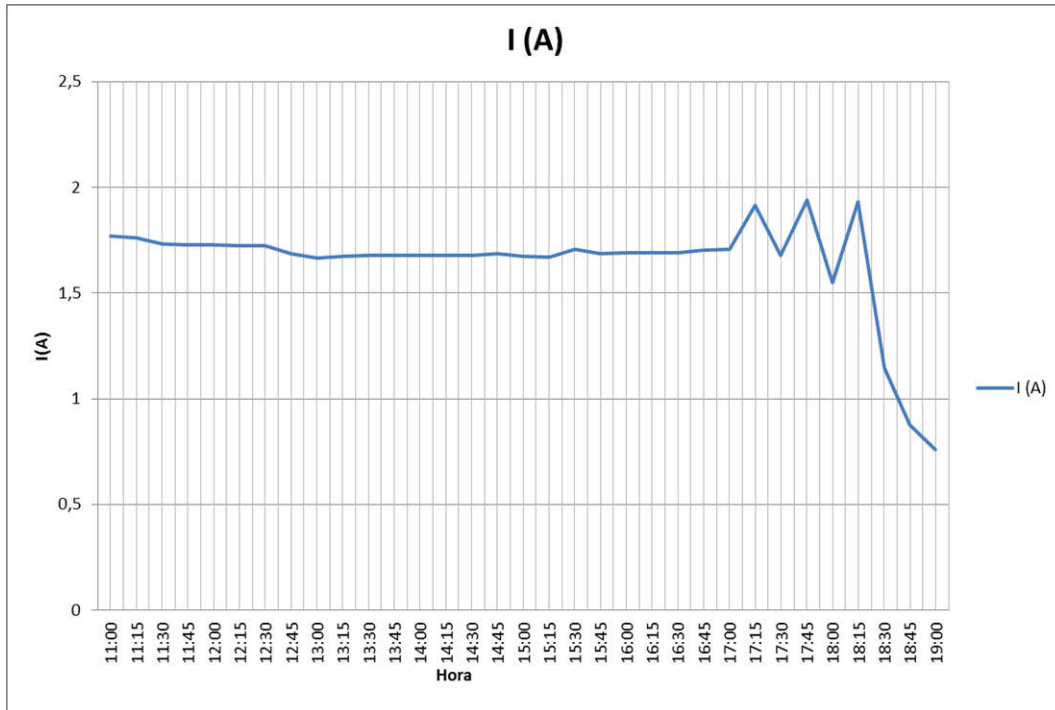
**Gráfico 8 Irradiancia**



Fuente: Elaboración propia.

En el Gráfico 9 se presenta la intensidad de corriente calculada a través del cociente entre el voltaje sobre la carga (VL) y la resistencia (RL), desarrollando la siguiente expresión  $V_L / R_L = I$  [A]. De esta manera se calculó la máxima intensidad de corriente I [A] a las 17:45hrs, con 1,94 [A] y la mínima a las 19:00 hrs. con 0,76 [A].

**Gráfico 9 Intensidad de corriente**

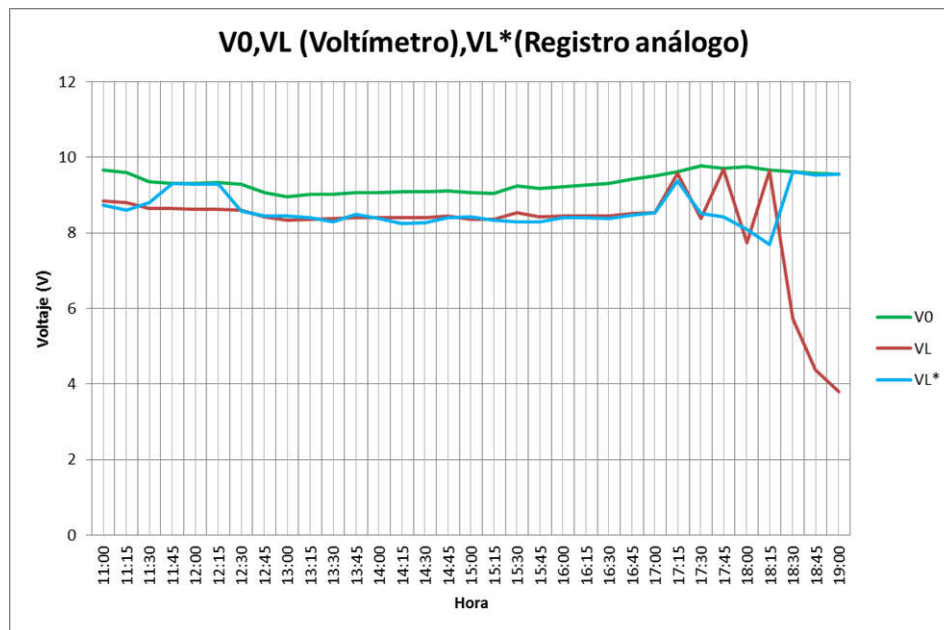


Fuente: Elaboración propia.



Al analizar el Gráfico 10 de voltaje tenemos que los valores correspondientes a voltaje en vacío de la celda (V0) se mantuvieron con pequeñas variaciones durante el tiempo de ensayo registrando una mínima de 8,96 [V] a las 13:00 hrs. y una máxima de 9,77 [V] a las 17:30 hrs. Al observar el comportamiento del (VL\*) voltaje sobre la carga medido con herramienta de registro análogo, y el de registro con multímetro (VL), tenemos diferencias notables en los datos obtenidos con momentos donde el (VL\*) se iguala al (V0) para luego mantenerse con variaciones bajas y hacia el final volver a presentar discordancias en relación a los otros parámetros. De ésta medición podemos inferir que debido a fallas de conexión el cálculo realizado para el (VL\*) presenta estas incompatibilidades con el sistema manual mediante multímetro. La máxima para el (VL\*) se dio a las 18:30 hrs. con 9,61 [V] mientras que la mínima fue a las 18:15 hrs. con 7,69 [V]. Para el caso del (VL) la máxima registrada fue a las 17:45 hrs. con 9,70 [V] y una mínima registrada a las 19:00 hrs. con 3,8 [V]. También es importante mencionar que después de las 17:00 hrs, comenzó una disipación de la temperatura por efecto del viento inestable.

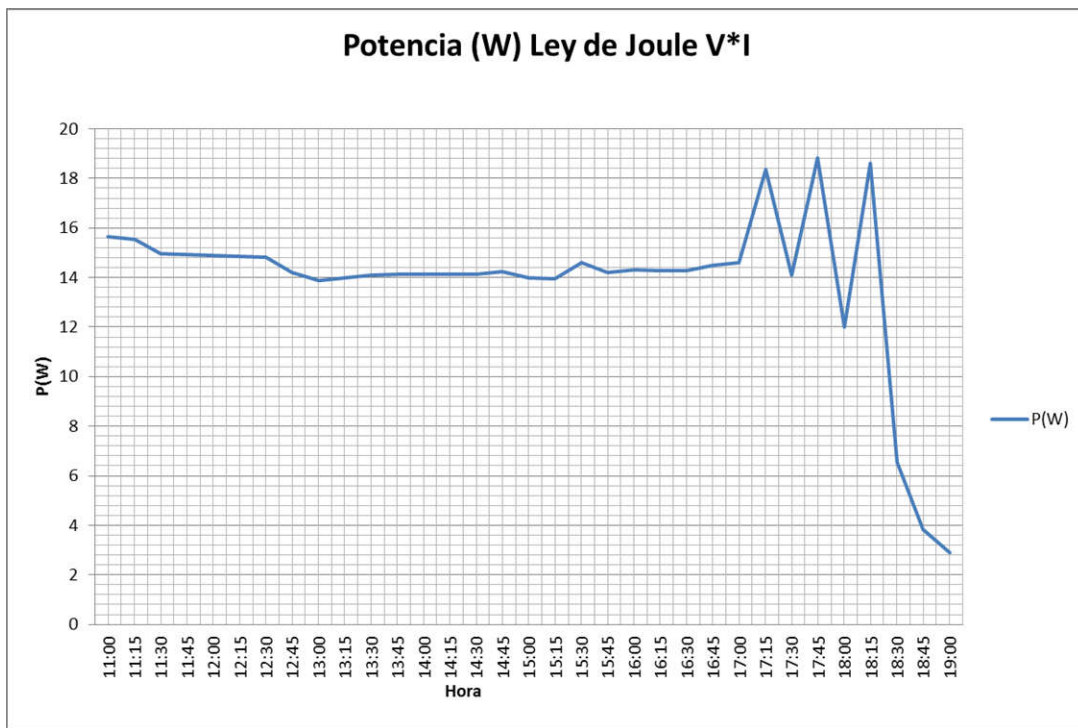
**Gráfico 10 Voltaje en vacío (V0), Voltaje sobre la carga con multímetro (VL) y con herramienta análoga (VL\*)**



Fuente: Elaboración propia.

Podemos inferir que de acuerdo a la variable potencia [W] Gráfico 11 su máximo registro fue a las 17:45 hrs. con 18,81 [W] y una mínima a las 19:00 hrs. de 2,88 [W]. Luego del análisis general de este ejercicio se observa que a partir de las 17:00 hrs. se produjo un desorden abrupto y oscilante de los datos debido a que a esa hora comienza a disminuir la temperatura ambiental y a aumentar la brisa, lo que ayudó a disipar la temperatura sobre el panel, generando peak de corriente debido al comportamiento térmico del panel ya que el panel fue evaluado según fabricante a temperatura de 25 [°C].

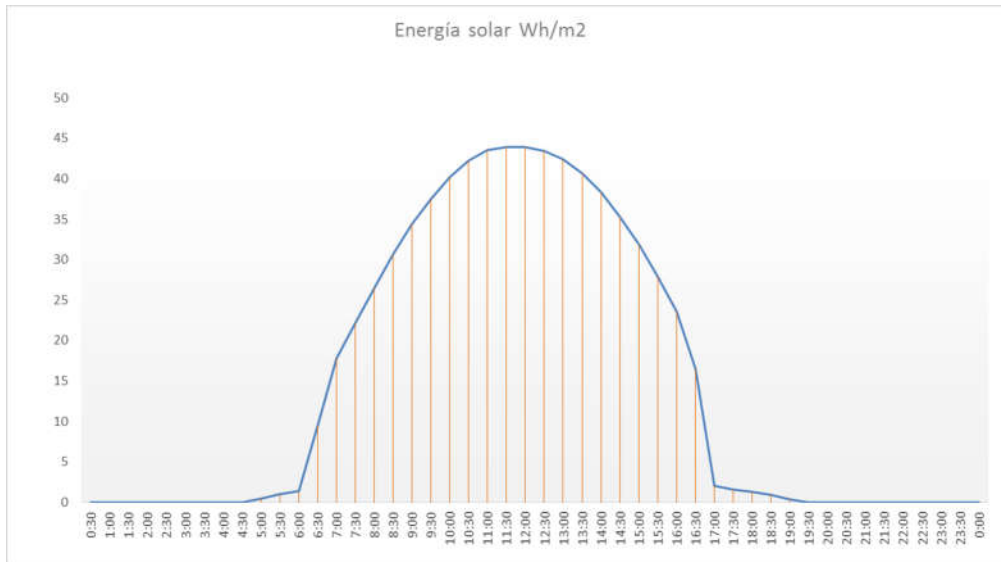
Gráfico 11 Potencia



Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo al Gráfico 12 se ve una distribución normal de datos registrados desde las 00:00 hrs. Del día 29-11-2016 hasta las 23:30 hrs. Marcándose un alza en la energía solar percibida durante las horas 09:30 y 14:30 hrs. con una máxima de 872 [W/m<sup>2</sup>] a las 11:30 de la mañana. Y con un promedio de radiación diaria de 700,89 [Wh/m<sup>2</sup>día].

**Gráfico 12 Energía solar**



Fuente: Elaboración propia a partir de datos entregados por estación meteorológica *Davis instruments vantage PRO2. CITEC UBB.*

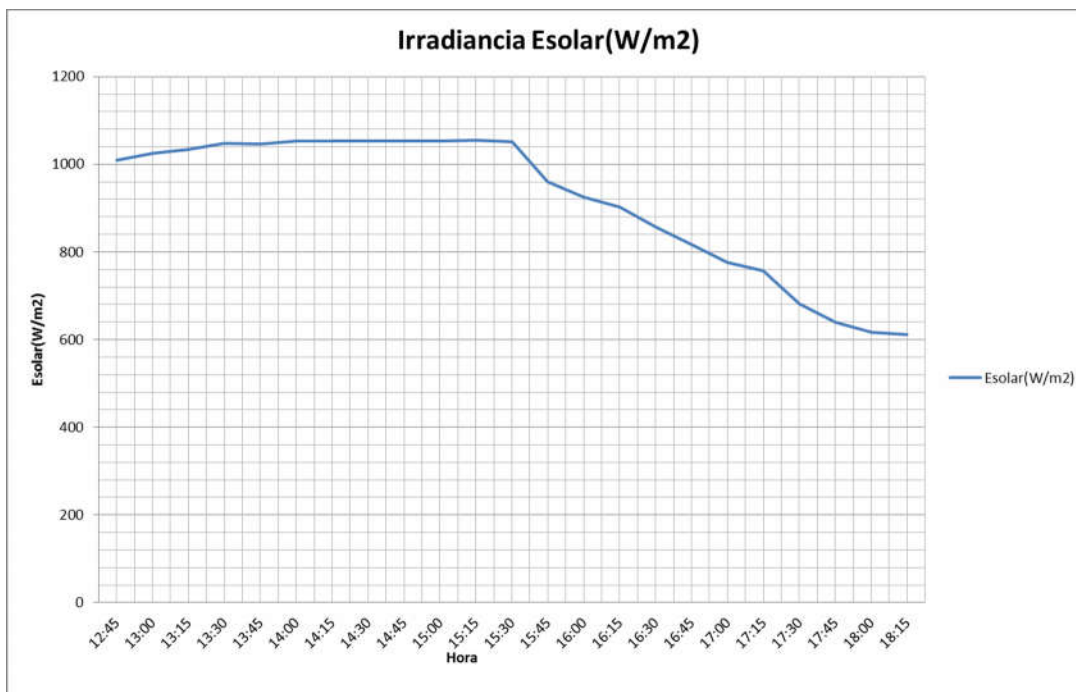
#### **5.4.3 Ensayo en terreno, día 02 de Diciembre de 2016, desde las 12:45 PM. Hasta las 18:15 PM.**

Este ensayo corresponde a mediciones de (VL), (VL\*), (V0), I (A), P (W) e irradiancia (W/m<sup>2</sup>). En un contexto de día despejado con una máxima de 23 [°C] y una mínima de 13 [°C]. En este ejercicio se adicionaron la variable temperatura [°C], además de dos ejercicios de transferencia de potencia a distintas resistencias para deducir el punto de máxima eficiencia de la placa fotovoltaica.

A continuación se presentan los resultados gráficos del ensayo N°3

En el Gráfico 13 Se presenta la irradiancia solar medida de acuerdo a los datos registrados del piranómetro, cada 15 min. Registrando la máxima a las 15:15 hrs. con 1054,80 [W/m<sup>2</sup>] y la mínima a las 18:15 hrs. con 611,08 [W/m<sup>2</sup>]. De acuerdo al gráfico se aprecia una curvatura descendente hacia horas de la tarde. Lo que refleja un día normal despejado sin subidas o bajadas abruptas de temperatura.

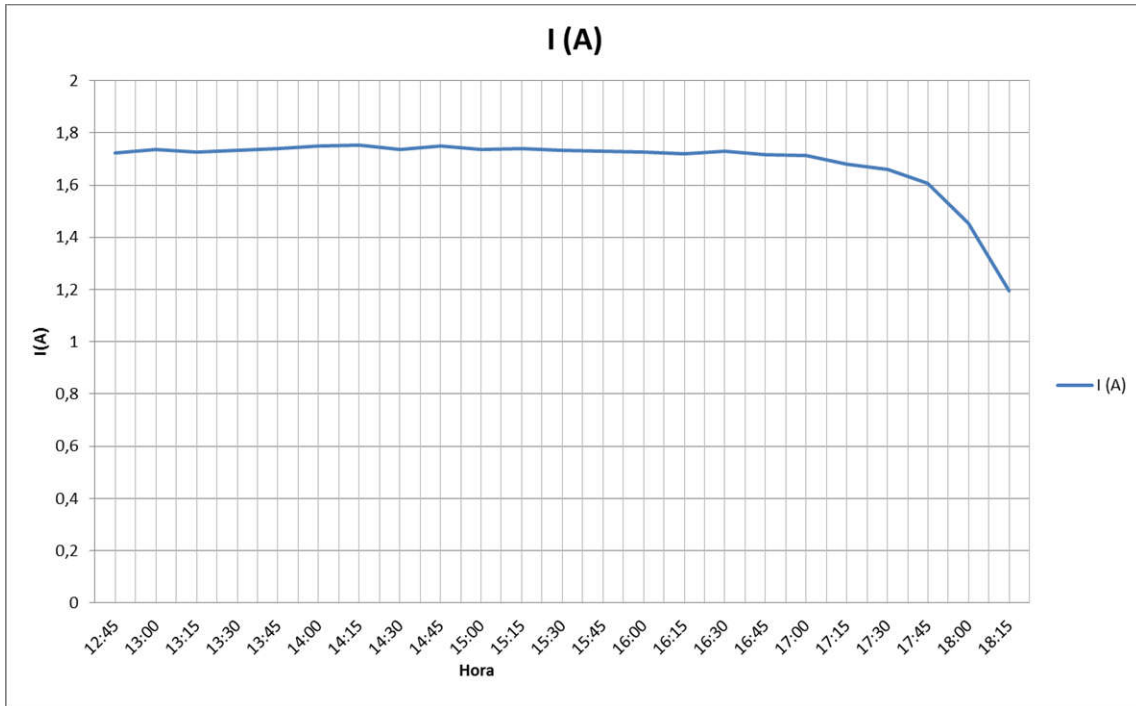
**Gráfico 13 Irradiancia**



Fuente: Elaboración propia.

En el Gráfico 14 se presenta la intensidad de corriente calculada a partir de los datos del voltaje sobre de la carga (VL) multiplicado por la resistencia (RL) 5 [Ω], a través de la expresión  $V_L / R_L = I$  [A]. Del cual podemos inferir que la máxima intensidad de corriente I [A] se registró a las 14:00 hrs, con 1,75 [A] y la mínima a las 18:15 hrs. con 1,51 [A].

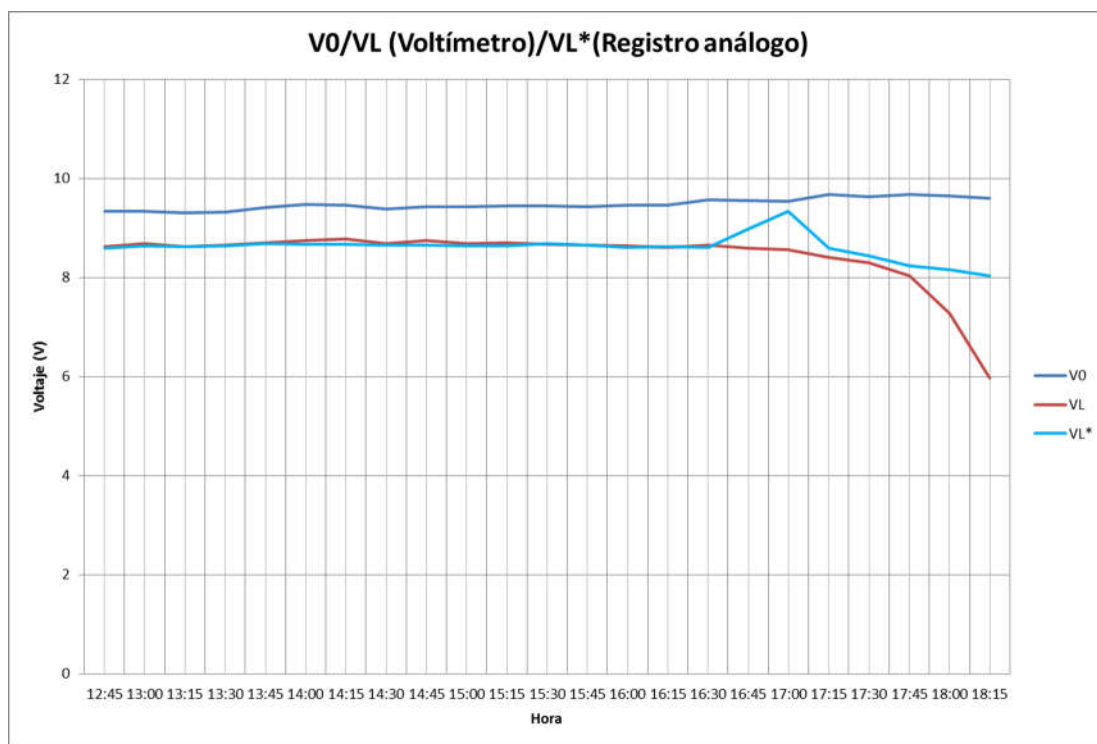
**Gráfico 14 Intensidad de corriente**



Fuente: Elaboración propia.

En cuanto al (VL) y (VL\*) para este caso se obtuvo una máxima de 8,77 [V] a las 14:15 hrs. Gráfico 15 y una mínima de 7,56 [V] a las 18:15 hrs. Comparativamente los resultados obtenidos del (VL\*) registran su máxima a las 17:00 hrs. con 9,34 [V] y su mínima a las 18:15 hrs. con 8,03 [V], de lo que se desprende que entre ambos sistemas sigue existiendo discordancias menores, en este caso, ya que si bien los valores no son coincidentes en el tiempo, tienen una tendencia similar. Para los (V0) su máxima fue a las 17:15 hrs. con 9,68 [V] y su mínima a las 13:15 hrs. con 9,3 [V].

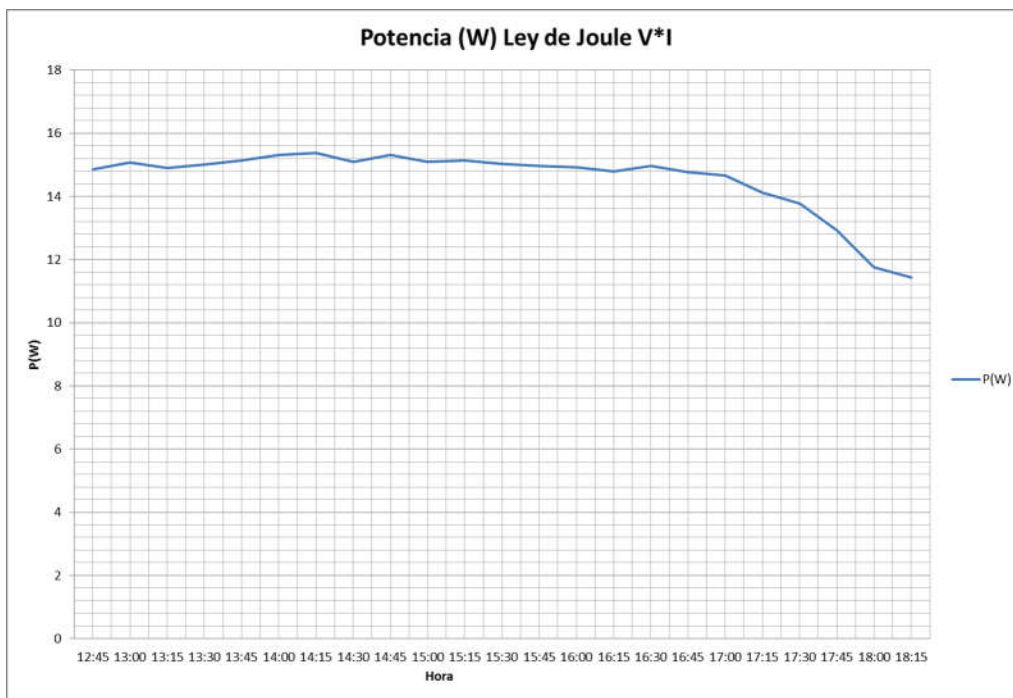
**Gráfico 15 Voltaje en vacío (V0), Voltaje sobre la carga con multímetro (VL) y con herramienta análoga (VL\*)**



Fuente: Elaboración propia.

Del Gráfico 16 podemos inferir que de acuerdo a la variable potencia [W] su máximo registro fue a las 14:15 hrs. con 15,38 [W] y una mínima a las 18:15 hrs. de 11,43 [W]. Luego del análisis general de este ejercicio se observa que a partir de las 17:30 hrs. se produjo un descenso paulatino directamente relacionado a las condiciones ambientales.

**Gráfico 16 Potencia**



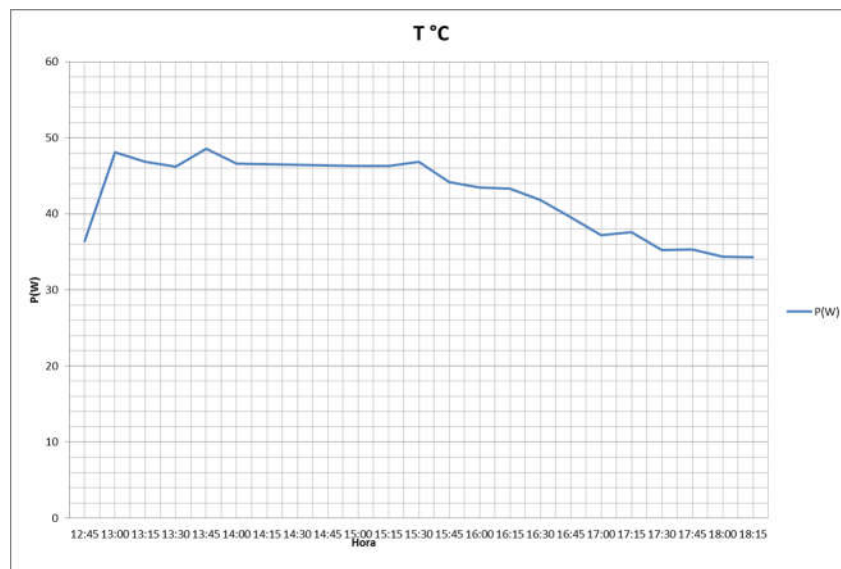
Fuente: Elaboración propia

Del Gráfico 17 se analizó la variable T [°C] mediante un sensor RTD, para superficies, tipo PT100, marca Omega. Con la finalidad de observar el efecto de las pérdidas dentro del rango de horas estudiadas. Con una máxima temperatura sobre el panel de 48,09 [°C] a las 13:00hrs. y una mínima de 34,27 [°C] a las 18:15 hrs. Para estos casos, donde ambos superan los 25 [°C] usados por el fabricante para funcionar en óptimas condiciones de eficiencia, se hizo el cálculo sobre la diferencia entre la máxima y la recomendada  $48,9 [^{\circ}\text{C}] - 25 [^{\circ}\text{C}] = 23,9 [^{\circ}\text{C}]$  este resultado se multiplicó por el factor de sensibilidad típico  $(0,45 [\%/^{\circ}\text{C}])$   $23,9 [^{\circ}\text{C}] * 0,45 [\%/^{\circ}\text{C}] = 10,75 [\%]$  Lo que arrojó para el caso de la máxima una pérdida de 10,75 [%] menos energía eléctrica en ése punto. Y para la mínima una pérdida de 4,17 [%] a través del siguiente cálculo:

$$34,27 [^{\circ}\text{C}] - 25 [^{\circ}\text{C}] = 9,27 [^{\circ}\text{C}]; 9,27 [^{\circ}\text{C}] * 0,45 [\%/^{\circ}\text{C}] = 4,17 [\%]$$

Este efecto de pérdidas por temperatura se ve reflejado en el (V0) ya que al disminuir ésta a las 18:15 hrs. aumentó a 9,6 [V] en relación a la máxima temperatura, donde el V0 fue de 9,41 [V]. Influyendo directamente en el funcionamiento de las celdas solares.

**Gráfico 17 Temperatura**

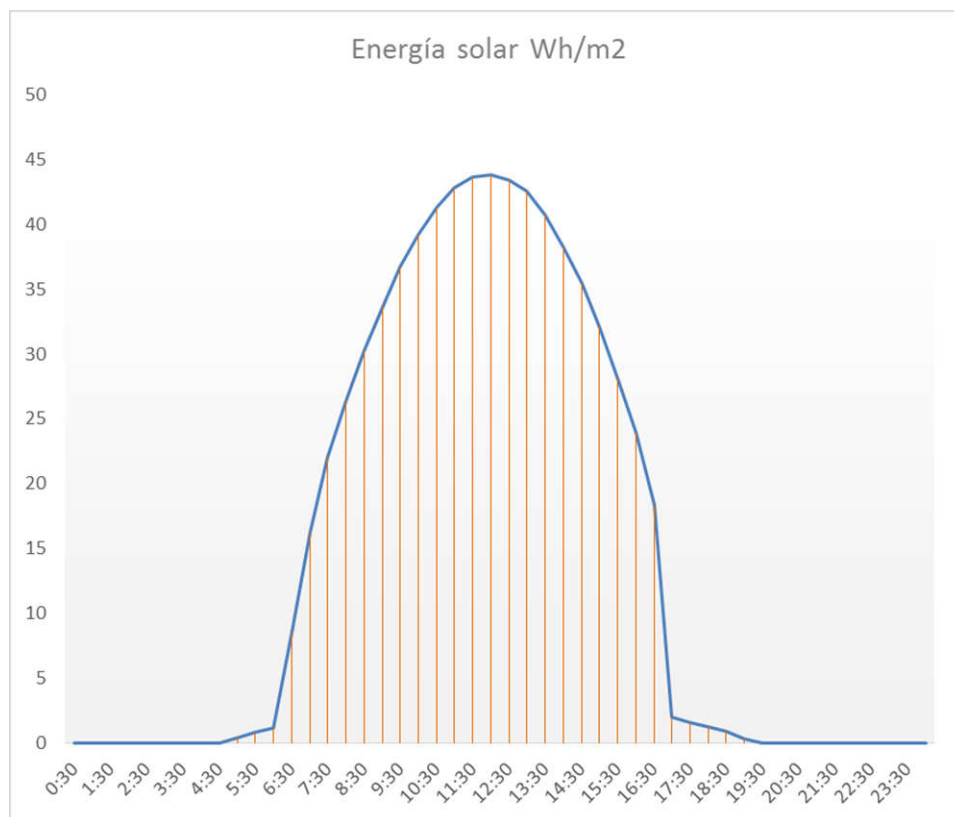


Fuente: Elaboración propia.



El Gráfico 18 de datos correspondiente a registros de energía solar de un día, para cálculo de radiación total diaria. Donde podemos ver que la concentración de máxima radiación se dio entre las horas 09:30 y 14:30hrs con valores de 1018 [W/m2] a las 12:00 hrs. Con una radiación diaria total promedio de 695,99 [Wh/m2día].

**Gráfico 18 Energía solar**

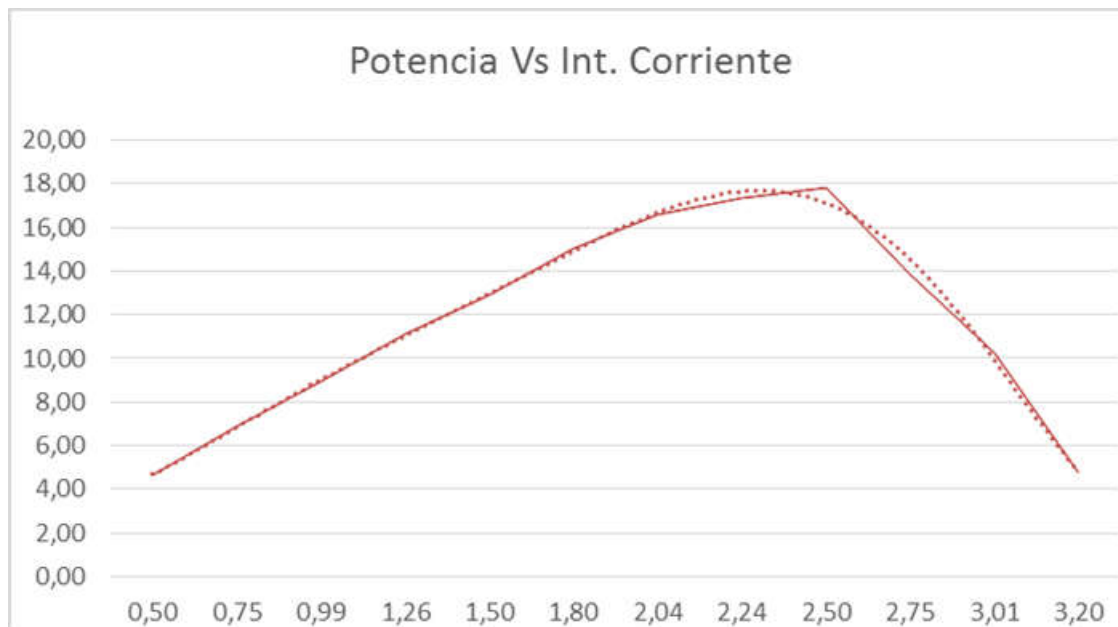


Fuente: Elaboración propia a partir de datos entregados por estación meteorológica *Davis instruments vantage PRO2. CITEC UBB.*

### 5.5 Ejercicio transferencia de potencia

Para realizar esta medición se trabajó en dos horas distintas. La primera fue a las 16:40 hrs. Gráfico 19 con una radiación solar de 427 [W/m<sup>2</sup>], una temperatura de panel de 42,51 [°C] y un voltaje en vacío (VL) de 9,5 [V]. Se utilizaron como herramientas de medición, una resistencia variable de 2,5 [A] y dos multímetros, uno para medir la intensidad de corriente I [A] y el otro para medir el voltaje sobre la carga (VL). Con la finalidad de encontrar el punto de máxima potencia. De lo que se puede inferir que la mayor entrega de potencia fue de 17,83 [W] con 7,13 [V] y 2,50 [A]. Se observa que la intensidad de corriente está directamente relacionada con la potencia ya que al aumentar [I], aumenta [P], no así el voltaje que va disminuyendo en la medida que la intensidad de corriente aumenta.

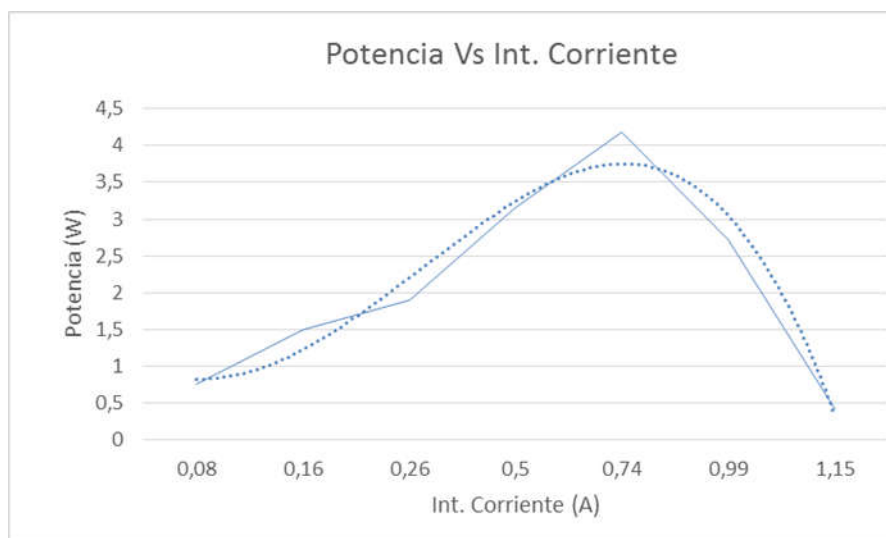
**Gráfico 19 Ejercicio de Potencia vs corriente realizado a las 16:40hrs, el 02 de Diciembre de 2016**



Fuente: Elaboración propia.

El Gráfico 20 representa el estudio del comportamiento del panel en su capacidad de entrega de potencia a través de la medición de dos parámetros, corriente I [A] y voltaje [V]. Bajo condiciones de voltaje en vacío (V0) de 9,5 [V] a las 18:25 hrs. con una radiación de 21 [W/m<sup>2</sup>] y una temperatura de panel de 28,91 [°C]. Se observó que la máxima entrega de potencia fue de 4,18 [W] con 0,74 [A] y 5,65 [V].

**Gráfico 20 Ejercicio de Potencia vs corriente realizado a las 18:25hrs, el 02 de Diciembre de 2016**



Fuente: Elaboración propia.

## 5.6 Conclusiones generales de los ejercicios

Los resultados obtenidos en los ensayos demuestran discrepancias con respecto a los datos entregados por el fabricante:

Se concluye que de acuerdo a el caso real de día viernes 02 de diciembre de 2016 a las 16:40 hrs. se obtuvo la máxima potencia de 17,83 [W], bajo una irradiancia de 816 [W/m<sup>2</sup>], por debajo de los 33 [W] recomendados por el fabricante.

Con 17,83 [W\*h] se obtiene la potencia eléctrica suficiente para cargar un celular con demanda energética de 1,92 [W\*h]. Calculado a través de la expresión  $17,83 [W*h] / 1,92 [W*h] = 9,29$  Unidades durante una hora. Es decir, el panel FV de capa delgada es capaz de suministrar la energía necesaria para 9,29 unidades móviles durante una hora cuando la radiación solar es de 816 [w/m<sup>2</sup>]

En cuanto a la Iluminación perimetral de la base, con una demanda de 12 [W]/ 6 [V], de 1080 [Lm] se concluye que con los 17,83 [W\*h] producidos por el panel y divididos por la demanda energética de la luz 12 [W\*h], **es posible encender 1,49 Unidades de focos LED durante una hora.**  $17,83 / 12 = 1,49$  Con un panel de Capa Delgada Fotovoltaica.

La potencia de panel según Data sheet  $V_0 * I_{sc}$  es igual a  $10,5 * 5,3 = 55,65 [W]$  bajo una Irradiancia de 1000 [W/m<sup>2</sup>]

La energía diaria para el caso estudiado del 02 de diciembre entrega un trabajo por panel calculado a través de la siguiente expresión:  $[E] * [A] = [Wh \text{ día}]$ , donde [E] = energía [Wh / m<sup>2</sup> día] y [A] = área [Wh día]. Su cálculo es  $696 * 0,56 = 389,76 [Wh \text{ día}]$  **Total energía diaria.**

Su capacidad de corriente total es  $389,76 [Wh/día] / 9,5 (V_0) = 41,03 [Ah \text{ día}]$  **capacidad de corriente total para día.**

## 6. Conclusiones

A través de esta investigación de enfoque mixto (cualitativo y cuantitativo), se expusieron una serie de factores incidentes en el proceso de diseño de un objeto urbano de uso temporal. Su origen conceptual responde a una carencia de estrategias socio-culturales y ambientales, aplicados a los espacios recreativos verdes de Concepción, tomando como caso de estudio la Laguna Tres Pascualas. Y la integración de la capa delgada fotovoltaica.

El trabajo respondió secuencial y metodológicamente a los objetivos de la manera descrita a continuación:

1. *Determinar las capacidades y características de la capa delgada fotovoltaica a través del estudio e investigación de referentes.* Se desarrolló una revisión bibliográfica detallada donde se definieron conceptos de uso, eficiencia y composición del material (thin film solar cells), además de definir otras tipologías de sistemas fotovoltaicos on-grid y off-grid, y mencionar aspectos generales de la ley 20.257, para su aplicación en elementos urbanos.
2. *Proponer una estrategia de diseño urbano sustentable mediante la observación de casos reales en la ciudad de Concepción.* Definiendo una estrategia clara a partir de dos casos de estudio observados, el primero correspondiente a un tipo de iluminaria pública donde aplica la integración de celdas colectoras fotovoltaicas y el segundo correspondiente al “Eje bicentenario” dejando clara una falta de criterios urbanísticos sustentables al momento de diseñar. Paralelamente se analizan tres modelos conceptuales basados en una metodología de diseño bajo miradas antagónicas entre un diseño conceptual y otro basado en un bien de consumo y marketing.
3. *Formulación, caracterización y diseño de formas apropiadas, según estudio previo acorde a zona climática y requerimientos coherentes a su emplazamiento.* Se estudiaron conceptos climáticos, de radiación, geográficos, de integración arquitectónica, de temporalidad urbana, formales, de semiótica e integración fotovoltaica. Con la finalidad de definir parámetros y aunar criterios de diseño para dar vida a una propuesta formal.

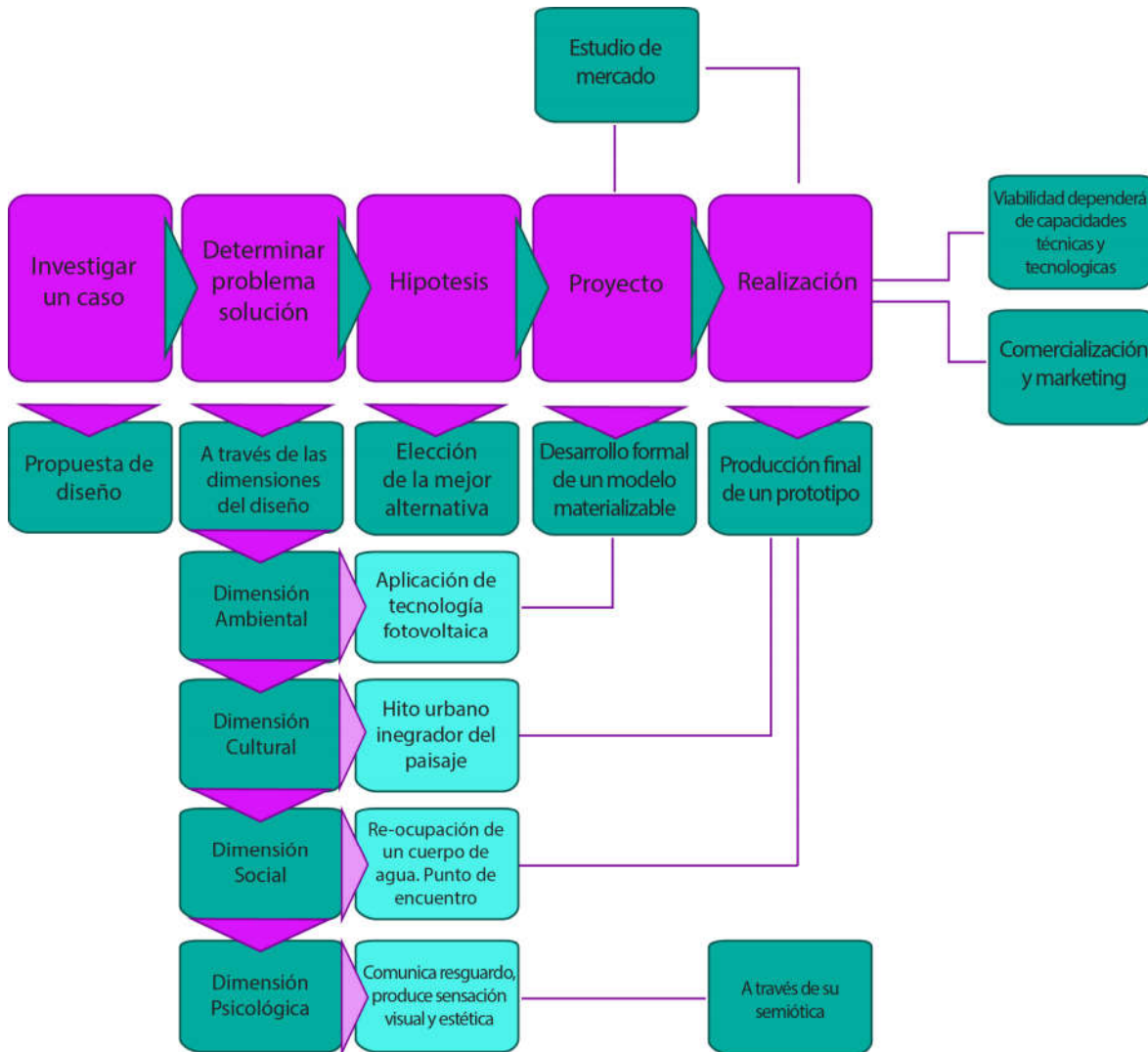
4. *Establecer condiciones y requerimientos de objetos habitables urbanos temporales.* Se define mediante la formulación, caracterización y diseño de formas apropiadas según estudio previo acorde a zona climática y requerimientos coherentes a su emplazamiento.
5. *Configurar el diseño e instalación del objeto habitable con capa delgada fotovoltaica, mediante una propuesta de desarrollo sustentable.* A través del estudio y comprensión de factores sociales incidentes en los procesos de diseño utilizando para su desarrollo entrevistas, tipo grupo focal, a actores involucrados como vecinos del sector, “Laguna Tres Pascualas”. Para dar especial énfasis a la importancia de la participación ciudadana en la toma de decisiones al momento de diseñar. Del ejercicio se desprenden aspectos relevantes como la sensación de inseguridad y miedo gatillado por la falta de iluminación en el sector circundante a la laguna, además de la desinformación relativa a los beneficios y cuidados de los cuerpos de agua interurbanos y la falta de motivación por ocupar el espacio.
6. *Medir la capacidad energética de la capa delgada fotovoltaica.* Otro aspecto relevante estudiado fue el diseño e instalación del objeto y medición de las capacidades energéticas de la capa delgada fotovoltaica v/s características según fabricante cfw new energy co., mediante modelo de ensayo en terreno conformado por una estructura tensada cuya elevación de panel varió entre 30 y 80° con un ángulo de inclinación promedio de la superficie de 45° respecto a la horizontal, radio de curvatura de 1,5 m., y ángulo azimut de orientación 0° hacia el Norte magnético. Demostrando la capa un comportamiento, para el mejor de los tres casos estudiados (viernes 02 de diciembre de 2016 a las 16:40 hrs.), con una máxima potencia de 17,83 [W], bajo una irradiancia de 816 [W/m<sup>2</sup>], por debajo de los 33 [W] recomendados por el fabricante siendo suficiente energía para cargar 9,29 teléfonos durante una hora con demanda energética de 1,92 [W\*h] cada uno. Calculado a través de la expresión  $17,83 [W*h] / 1,92 [W*h] = 9,29$ . Y encender 2 focos perimetrales con una demanda de 12 [W] / 6 [V], de 1080 [Lm]. Donde con 17,83 [W\*h] producidos por el panel y divididos por la demanda energética de la luz 12 [W\*h], es posible encender 1,49 Unidades de focos LED durante una hora.  $17,83 / 12 = 1,49$ .

Se confirma la hipótesis planteada de que es posible desarrollar un objeto urbano habitable temporal con película delgada fotovoltaica que genere un aporte energético, mediante un prototipo tenso-estructurado, para demostrar las posibilidades de aplicación de fuentes limpias para promover la vida urbana al exterior.

De este modo se infiere que el objeto de estudio propuesto posee cierta viabilidad constructiva, considerando mejoras de eficiencia en el sistema fotovoltaico, siempre que la instalación de paneles supere a la unidad. Es así como el presente trabajo de investigación deja un registro experimental de la *capacidad energética* de la capa delgada fotovoltaica y los *procesos de diseño* para un objeto urbano sustentable con consideraciones espaciales, sociales-culturales y funcionales.

Por tanto las estrategias de diseño propuestas por (*Fiori 2006*) y (*CYAD-UAM Azcapotzalco 1988*) sientan las bases metodológicas del trabajo realizado bajo una perspectiva más conceptual y psicológica, tomando ingredientes de modelos más contemporáneos (*Diseño Estratégico 2009*) (*Diseño Metodológico 2005*) donde se ve al objeto como un bien de consumo que responde a parámetros comerciales. Prevalece la Dimensión ambiental de *Fiori 2006* como elemento estructurante sobre el cual se construye la propuesta de diseño urbano sustentable planteado.

Esquema metodológico integrado para un proceso de diseño sustentable.



**Modelo conceptual del proceso de diseño**

Fuente: Elaboración propia. Adaptado de Fiori 2006, CYAD-UAM Azcapotzalco 1988.



## 6.1 Discusión General

Finalmente y a la luz de los antecedentes expuestos, se puede decir con cierto grado de certeza que el prototipo estudiado se podría plantear a futuro bajo una producción masiva de objetos urbanos, significando un aporte si al momento de funcionar lo hacen adecuadamente y en la medida que su emplazamiento y orientación lo permitan. Pudiendo representar una contribución urbanística gracias a la implementación de sistemas solares fotovoltaicos de capa delgada sobre cubiertas textiles, además de innegables beneficios medioambientales y paisajísticos al ser un material con adaptabilidad formal, tanto por su autonomía eléctrica que pudiese mitigar gastos de iluminaria pública, como por su intervención cultural al tratarse de una propuesta que apunta hacia la re-ocupación y rescate de los cuerpos de agua interurbanos de Concepción.

Surgiendo como respuesta al panorama ambiental actual, donde a causas del calentamiento global se vuelve cada vez más necesario encontrar fuentes de producción energética naturales considerando los excelentes niveles de radiación solar que posee Chile, para incrementar el uso e implementación de energía solar fotovoltaica mediante procesos de diseño consientes. Dejando a través de esta investigación registros reales del comportamiento energético que posee una celda solar de capa delgada.

## 6 Referencias bibliográficas

ABERLE, Armin G. Thin-film solar cells. *Thin Solid Films*, 2009, vol. 517, no 17, p. 4706-4710.

ALISTE, Enrique. Territorio y huellas territoriales: una memoria del espacio vivido en el Gran Concepción, Chile. *Desenvolvimento e Meio Ambiente*, 2011, vol. 23, p. 25-38.

ALISTE ALMUNA, Enrique; CONTRERAS ALONSO, Miguel; SANDOVAL MANRÍQUEZ, Valeria. Industrialización, desarrollo y ciudad: transformaciones socio-demográficas y espaciales en la geografía social del gran Concepción (1950-2010). *Revista Invi*, 2012, vol. 27, no 75, p. 21-71.

ALMANZA-MARROQUIN, Viviana et al. Bases limnológicas para la gestión de los lagos urbanos de Concepción, Chile. *Lat. Am. J. Aquat. Res.* [online]. 2016, vol.44, n.2 [citado 2016-10-07], pp.313-326. Disponible en: [http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0718560X2016000200012&lng=es&nrm=iso](http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718560X2016000200012&lng=es&nrm=iso). ISSN 0718-560X. <http://dx.doi.org/10.3856/vol44-issue2-fulltext-12>.

APARICIO, Miguel Pareja. *Energía solar fotovoltaica: cálculo de una instalación aislada [en línea]*, Barcelona. 2010, 2ª edición, p. 06-49. Disponible en: [https://books.google.cl/books?hl=es&lr=&id=rqYaRcRIJFsC&oi=fnd&pg=PT10&dq=APARICIO,+Miguel+Pareja.+Energ%C3%ADa+solar+fotovoltaica:+c%C3%A1lculo+de+una+instalaci%C3%B3n+aislada&ots=5HXEqgnahm&sig=YXggEy4Ap\\_dxgglordwaRYDvwk#v=onepage&q=APARICIO%2C%20Miguel%20Pareja.%20Energ%C3%ADa%20solar%20fotovoltaica%3A%20c%C3%A1lculo%20de%20una%20instalaci%C3%B3n%20aislada&f=false](https://books.google.cl/books?hl=es&lr=&id=rqYaRcRIJFsC&oi=fnd&pg=PT10&dq=APARICIO,+Miguel+Pareja.+Energ%C3%ADa+solar+fotovoltaica:+c%C3%A1lculo+de+una+instalaci%C3%B3n+aislada&ots=5HXEqgnahm&sig=YXggEy4Ap_dxgglordwaRYDvwk#v=onepage&q=APARICIO%2C%20Miguel%20Pareja.%20Energ%C3%ADa%20solar%20fotovoltaica%3A%20c%C3%A1lculo%20de%20una%20instalaci%C3%B3n%20aislada&f=false) [consulta: 10 de abril 2017]

BARTON, Jonathan R. Sustentabilidad urbana como planificación estratégica. *EURE (Santiago)*, 2006, vol. 32, no 96, p. 27-45.

Potencial solar en la arquitectura y la ciudad por Wegertseder “et al”. Concepción. Universidad del Bío-Bío, 2016. 148p

BURGESS, Rod, et al. Ciudad y sostenibilidad: Desarrollo urbano sostenible [en línea]. *Cuadernos de la CEPAL*, 2003, vol. 9, no 88, p. 193-214.

[http://s3.amazonaws.com/academia.edu.documents/37994246/Ciudad\\_y\\_sostenibilidad\\_Desarrollo\\_urbano\\_sostenible.pdf?AWSAccessKeyId=AKIAIWOWYYGZ2Y53UL3A&Expires=1491946496&Signature=rP7lp1%2Fsm2jFOO5zNpPM7h4Qg14%3D&response-content-disposition=inline%3B%20filename%3DCiudad\\_y\\_sostenibilidad\\_Desarrollo\\_urban.pdf](http://s3.amazonaws.com/academia.edu.documents/37994246/Ciudad_y_sostenibilidad_Desarrollo_urbano_sostenible.pdf?AWSAccessKeyId=AKIAIWOWYYGZ2Y53UL3A&Expires=1491946496&Signature=rP7lp1%2Fsm2jFOO5zNpPM7h4Qg14%3D&response-content-disposition=inline%3B%20filename%3DCiudad_y_sostenibilidad_Desarrollo_urban.pdf) [consulta: 12 de diciembre 2016]

BUSTAMANTE GÓMEZ, Waldo, et al. Guía de Diseño para la Eficiencia Energética en la Vivienda Social [en línea]. (Registro de Propiedad Intelectual N°188937 /. Ministerio de Vivienda y Urbanismo, División Técnica de Estudio y Fomento Habitacional (MINVU) y Programa País de Eficiencia Energética (CNE), Santiago de Chile (2009), p. 203 <http://hdl.handle.net/2078.1/91592> [consulta: 11 de abril 2017]

CÁRCAMO, Héctor. Hermenéutica y análisis cualitativo. *Cinta de Moebio. Revista de Epistemología de Ciencias Sociales*, (23): 204-216, 2005.

CATRI, Ignacio. Dimensiones: lo que comunican los objetos. *La jirafa con tacones, Revista de Comunicación*, (11): 1-3, may-jun.2006.

CHIVELET, Nuria Martín; SOLLA, Ignacio Fernández. *La Envolvente fotovoltaica en la arquitectura: criterios de diseño y aplicaciones [en línea] Barcelona, España*. Editorial Reverté, 2007 p. 4-50 <https://books.google.cl/books?hl=es&lr=&id=Gpwzi3zgoUMC&oi=fnd&pg=PA7&dq=La+Envolvente+fotovoltaica+en+la+arquitectura:+criterios+de+dise%C3%B1o+y+aplicaciones&ots=QXcGcdgzUv&sig=HNKVYRrSgZ2Vji98XStnnCBWm2A#v=onepage&q=La%20Envolvente%20fotovoltaica%20en%20la%20arquitectura%3A%20criterios%20de%20dise%C3%B1o%20y%20aplicaciones&f=false> [consulta: 12 de enero 2017]

CORREAL, Francisco Espinel; GÓMEZ, Gonzalo Ramírez. La semiótica en el estudio de los objetos de diseño [en línea]. *Iconofacto*, 2013 Vol 9, no13, <http://search.proquest.com/openview/aa01d80f9a86505d0acd0e7afd44cebc/1?pq-origsite=gscholar&cbl=1666339> [consulta: 12 de enero 2017]

DAMORE, Bruno. La complejidad de la noética en matemáticas como causa de la falta de devolución [en línea]. *Tecné, episteme y didaxis: revista de la Facultad de Ciencia y Tecnología*, 2002, no 11, p. 63-71. <[http://www.pedagogica.edu.co/storage/tes/articulos/tes11\\_07arti.pdf](http://www.pedagogica.edu.co/storage/tes/articulos/tes11_07arti.pdf)> [consulta: 10 de abril 2017]

DE LORENZO, Eduardo. *Silicio cristalino" versus" capas delgadas: retratos de la conexión fotovoltaica a la red (III)* [en línea]. *Era solar: Energías renovables*, 2003, no 117, p. 8-13. <<http://www.fotovoltaica.com/retrato3.pdf>> [consulta: 10 de abril 2017]

DIAS, Gabriel Salazar; CARRION, Diego. *Characterization and modeling of the efficiency of photovoltaic systems* [en línea]. *IEEE Latin America Transactions*, nov.2015, vol. 13, no 8, p. 2580-2586. <<http://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/7332135/>> [consulta: 10 de abril 2017]

ESPÍNDOLA, César; VALDERRAMA, José O. Huella del carbono. Parte 1: conceptos, métodos de estimación y complejidades metodológicas [en línea]. *Información tecnológica*, 2012, vol. 23, no 1, p. 163-176. <<http://dx.doi.org/10.4067/S0718-07642012000100017>> [consulta: 10 de abril 2017]

FIORI, Stella. *Diseño Industrial Sustentable. Una percepción desde las ciencias sociales* [en línea]. Editorial Brujas, 2006, p. 5-49. <[https://books.google.cl/books?hl=es&lr=&id=Z75cGyUP\\_4wC&oi=fnd&pg=PA5&dq=Dise%C3%B1o+Industrial+Sustentable.+Una+percepci%C3%B3n+desde+las+ciencias+sociales&ots=Uf8eTzk\\_X&sig=qK0DDk7LLPr5ejsePz9JNY0ep8#v=onepage&q=Dise%C3%B1o%20Industrial%20Sustentable.%20Una%20percepci%C3%B3n%20desde%20las%20ciencias%20sociales&f=false](https://books.google.cl/books?hl=es&lr=&id=Z75cGyUP_4wC&oi=fnd&pg=PA5&dq=Dise%C3%B1o+Industrial+Sustentable.+Una+percepci%C3%B3n+desde+las+ciencias+sociales&ots=Uf8eTzk_X&sig=qK0DDk7LLPr5ejsePz9JNY0ep8#v=onepage&q=Dise%C3%B1o%20Industrial%20Sustentable.%20Una%20percepci%C3%B3n%20desde%20las%20ciencias%20sociales&f=false)> [consulta: 10 de abril 2017]

GANTER, Rodrigo.; HERRERA, Rodrigo. *Concepción[es] D Concepción. Etnografías e imágenes de vida urbana. Concepción, Chile, Universidad de Concepción, 2014, p.215.*

GARCÍA ALVARADO, Rodrigo, et al. Mapa energético-solar de Concepción: cartografía urbana del consumo energético y captación solar en edificaciones residenciales de Concepción, Chile [en línea]. *Revista de geografía Norte Grande*, 2014, no 59, p. 123-143. <[http://revistanortegrande.cl/wp-content/uploads/2015/01/08\\_59\\_2014.pdf](http://revistanortegrande.cl/wp-content/uploads/2015/01/08_59_2014.pdf)> [consulta: 10 de abril 2017]

GÓMEZ, D., et al. CONCEPTOS INNOVADORES BASADOS EN FOTOVOLTAICA DE CAPA FINA PARA INTEGRACIÓN ARQUITECTÓNICA [en línea], Área de Energía, ITMA Materials Technology, Calafates 11 Parcela L.3.4, Avilés, 33417, (Asturias) España 2012, p. 1-5 [https://www.researchgate.net/profile/David\\_Gomez24/publication/236648455\\_CONCEPTOS\\_INNOVADORES\\_BASADOS\\_EN\\_FOTOVOLTAICA\\_DE\\_CAPA\\_FINA\\_PARA\\_INTEGRACION\\_ARQUITECTONICA/links/55dd62f408ae83e420ee6ac5.pdf](https://www.researchgate.net/profile/David_Gomez24/publication/236648455_CONCEPTOS_INNOVADORES_BASADOS_EN_FOTOVOLTAICA_DE_CAPA_FINA_PARA_INTEGRACION_ARQUITECTONICA/links/55dd62f408ae83e420ee6ac5.pdf) [consulta: 11 de abril 2017]

GUZMÁN, Carlos César Morales. Prototipo de diseño de una cubierta retráctil tensada. *Revista de arquitectura [en línea]*, Revista de Arquitectura, Universidad Católica de Colombia Bogotá, Colombia, vol. 15, enero-diciembre, 2013, pp. 102-110 <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=125130521011> [consulta: 11 de abril 2017]

HATT, Tobias, et al. Alto confort interior con mínimo consumo energético a partir de la implementación del estándar " Passivhaus" en Chile [en línea]. *Revista de la Construcción*, vol. 11, no 2, ago. 2012, p. 123-134. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-915X2012000200011> [consulta: 11 de abril 2017]

HOFFMANN, Winfried; Pellkofer, Thomas. Las películas delgadas en la energía fotovoltaica, tecnologías y perspectivas. *Las películas delgadas sólidas*, 2012, vol. 520, n ° 12, p. 4.094 a 4.100. HOLLARS, Dennis R. *Thin-film solar cells. U.S. Patent No 6,974,976, 13 Dic. 2005.*

INZULZA Contardo, J. (2016). Editorial. *Gentrificación en reconstrucción del paisaje urbano contemporáneo. Revista de Urbanismo. Santiago, Chile. (34) 2016.*

JACKSON, Philip "et al". *Nueva eficiencia récord mundial de Cu (in, Ga) Se<sub>2</sub> de película delgada de células solares más allá del 20%. 7ªed. Valencia, España, © John Wiley & Sons Ltd, 2011. Volumen 19.*

LABARTA, José Luis Valentín. *Instalaciones solares fotovoltaicas [en línea]*. San Sebastián, España. Editorial DONOSTIARRA, 2012, p. 6-46 <https://books.google.cl/books?hl=es&lr=&id=4OUZ9ngL5oEC&oi=fnd&pg=PA8&dq=Jos%C3%A9+Valent%C3%ADn.+Instalaciones+solares+fotovoltaicas&ots=DFLq9Ymdc&sig=WrlYWfu6bxCqi>

[gok5pSmtuq3Rpo#v=onepage&q=Jos%C3%A9%20Luis%20Valent%C3%ADn.%20Instalaciones%20solares%20fotovoltaicas&f=false](http://gok5pSmtuq3Rpo#v=onepage&q=Jos%C3%A9%20Luis%20Valent%C3%ADn.%20Instalaciones%20solares%20fotovoltaicas&f=false) [consulta: 11 de abril]

FUNDACIÓN Prointec. Diseño estratégico, guía metodológica. Centro Tecnológico para el Diseño y la Producción Industrial de Asturias. *España. Prointec*, 2009, p. 140.

FUNDACIÓN Prointec. *Diseño Industrial Guía Metodológica de Diseño Industrial Predica*. Centro Tecnológico para el Diseño y la Producción Industrial de Asturias. *España. Prointec*, 2005, p.113.

LEZAMA, José Luis; DOMÍNGUEZ, Judith. Medio ambiente y sustentabilidad urbana. *Papeles de población [en línea]*. Pap. poblac vol.12 no.49 Toluca jul-sep. 2006, p. 153-176. [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S1405-74252006000300007&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S1405-74252006000300007&script=sci_arttext) [consulta: 4 de abril 2017]

LIRA OLMO, Roberto. NUEVOS PROYECTOS URBANOS DE LA CIUDAD DE CONCEPCION [en línea]. *URBANO*, vol. 10, no 15, 2007, p. 102-104. <http://revistas.ubiobio.cl/index.php/RU/article/viewFile/398/361> [consulta: 14 de febrero 2017]

MANUAL DE DISEÑO PASIVO Y EFICIENCIA ENERGÉTICA EN EDIFICIOS PÚBLICOS. *Parte I. Santiago de Chile 2012. 112p*

MARDONES, María; VIDAL, Claudia. La zonificación y evaluación de los riesgos naturales de tipo geomorfológico: un instrumento para la planificación urbana en la ciudad de Concepción. *EURE (Santiago)*, 2001, vol. 27, no 81, p. 97-122.

MATSUMOTO, Yasuhiro; DEL ESTADO SÓLIDO, Sección de Electrónica. Celdas Solares de Silicio: Fundamento y Tendencia. *Div. Ciencias e Ing. Univ. Quintana Roo*, 2011, p. 44.

MINISTERIO DE ENERGÍA. Explorador del recurso solar en Chile. [en línea] [http://walker.dgf.uchile.cl/Explorador/Solar2/info/Documentacion\\_Explorador\\_Solar.pdf](http://walker.dgf.uchile.cl/Explorador/Solar2/info/Documentacion_Explorador_Solar.pdf) [consulta: 22 de agosto de 2016].

MINISTERIO DE ENERGÍA. Explorador de energía solar para autoconsumo. [en línea] <http://walker.dgf.uchile.cl/Explorador/Solar3/> [consulta: 16 de noviembre 2016]

MINISTERIO DE VIVIENDA Y URBANISMO. *Espacios urbanos seguros. 2° edición. Santiago, Chile. Andros Ltda. 2003. 88p.*

MOYA, Waldo López. *La semántica chilena del urbanismo y el cambio de paradigma. Urbano, vol. 16, no 28, p. 24-33, Nov. 2013.*

MINISTERIO DE ECONOMÍA FOMENTO Y RECONSTRUCCIÓN. Norma técnica que determina algoritmo para la verificación de la contribución solar mínima de los Sistemas Solares Térmicos acogidos a la franquicia tributaria de la Ley N° 20.365, Chile. 2009. 101p.

OBSERVATORIO METROPOLITANO. *Primer Informe Calidad de Vida Urbana Gran Concepción Período 2011-2012. Concepción, Chile. @ Inscripción RPI N° 218.622, Impresos Valverde. Julio 2012. 40p.*

OLIVERA, Iván Muñiz, et al. *El impacto de la forma y estructura espacial urbana sobre las emisiones de CO2 en Concepción (Chile). ¿Es compatible una baja densidad residencial con un bajo nivel de emisiones? Departament d'Economia Aplicada, Facultat d'Economia i Empresa, Universida autónoma de Barcelona, España. Abril 2016. 26p.*

PALMA, Rodrigo; JIMÉNEZ, Guillermo; ALARCÓN, Ignacio. Las energías renovables no convencionales en el mercado eléctrico chileno. *Published by Comisión Nacional de Energía (CNE) and Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ). Marzo 2009. 124p.*

Parra, O. Situación ambiental de las lagunas de Concepción. En SEMINARIO "RECUPEREMOS LAS LAGUNAS PARA LOS HABITANTES DE CONCEPCIÓN". Concepción, Chile: Municipalidad de Concepción, ESSBIO, Universidad de Concepción, Centro EULA, 2009. 20p.

PEDROZA, Ezael, et al CULCyT, *Estructuras: Tenso-estructuras de cubierta. no 56 (12): 1-10, mayo-agosto, 2015.*

RAMÍREZ, Carlos; SAN MARTÍN, Cristina. Flora acuática. *Biodiversidad de Chile, patrimonios y desafíos*, 2008, p. 358-363.

RICKERSON, W., IEA. Residential prosumers - drivers and policy options (re-prosumers) [en línea], Reporte técnico. (June 2014), 132p. <<https://www.osti.gov/scitech/servlets/purl/1163237>> [consulta: 29 de marzo 2017]

RODRIGUEZ MORALES, Gerardo. Manual de diseño industrial [en línea]. Curso básico UAM. México, 3era edic. 1988, p. 22. <<http://www.cua.uam.mx/pdfs/conoce/libroselec/16ManualDI.pdf>> [consulta: 22 de julio 2016]

ROBLES, Mayagüez John D. Madsen, Jacinto de agua (Eichhornia crassipes (Mart.) Solms) [en línea]. Universidad de Puerto Rico, Mayagüez. 2009, 2p. <[http://atlas.eea.uprm.edu/sites/default/files/Jacinto%20de%20aguaEichhornia%20crassipes\\_0.pdf](http://atlas.eea.uprm.edu/sites/default/files/Jacinto%20de%20aguaEichhornia%20crassipes_0.pdf)> [consulta: 10 de octubre 2016]

SANCHEZ, Reinaldo. Energía solar parte IV fotovoltaica. [Diapositivas], Concepción [2016]. 28 p.

SCHLACK, Elke. Espacio público [en línea] ARQ, *En territorio. Santiago*, abril 2007, no 65, p. 25-27. <<http://dx.doi.org/10.4067/S0717-69962007000100006>> [consulta: 29 de marzo 2017]

SMITH GUERRA, Pamela; ROMERO ARAVENA, Hugo. Efectos del crecimiento urbano del Área Metropolitana de Concepción sobre los humedales de Rocuant-Andalién, Los Batros y Lengua. *Revista de Geografía Norte Grande*, 2009, no 43, p. 81-93.

*THIN SOLID FILMS Volumen 517, Número 17, 1 de julio de 2009, páginas 4706 a 4710 4ª Conferencia Internacional sobre Avances Tecnológicos de películas delgadas y recubrimientos de superficies.*

UACH, BOSQUES PROCARBONO. UNIVERSIDAD AUSTRAL DE CHILE.[En línea]. Valdivia.[Citado el 03 de mayo de 2012]. Url disponible en: [http://www.uach.cl/procarbono/huella\\_de\\_carbono.html](http://www.uach.cl/procarbono/huella_de_carbono.html).

UNITED STATES PATENT HOLLARS, 2005, *Thin-film solar cells*. US 6,974,976 B2. 2005. Miasole, san jose, CA (US).

VALLINA, Miguel Moro. *Instalaciones solares fotovoltaicas [en línea]. España Madrid. 202p. Editorial Paraninfo, 2010.*



[https://books.google.cl/books?id=X22CtIVomqC&printsec=frontcover&source=qbs\\_ge\\_summary\\_r&cad=0#v=onepage&q&f=false](https://books.google.cl/books?id=X22CtIVomqC&printsec=frontcover&source=qbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false) [consulta: 10 de marzo 2017]

VILLAREJO, Antonio Doadrio; GARCÍA, María López. Las células fotovoltaicas como alternativa energética. *Monografías de la Real Academia Nacional de Farmacia 11 28004 Madrid. España*, 2007. 19p.

ZALAMEA, Esteban Felipe; GARCÍA, Rodrigo Hernán; ARRIAGADA, Reinaldo Sánchez. Influencia de la geometría de techumbres de vivienda unifamiliar para integración de energía solar activa (BIPVTA). *ACE: architecture, city and environment*, 2016, no 30, p. 57-74.