



Proyecto Final de Ingeniería Industrial

Tejas para el Aprovechamiento de la Energía Solar

Autor: Tufro, Christian

Tutor: Rancan, Claudio

2017

Tejas para el Aprovechamiento de la Energía Solar

Tejas para el Aprovechamiento de la Energía Solar

Dedicado a mis viejos, por todo, por lo que saben y por lo que no.

Resumen Ejecutivo

El siguiente trabajo tiene como fin el desarrollo de un producto que ataque el problema de falta de generación eléctrica en Argentina. Este es uno de los problemas mas graves que tiene el país en cuanto a infraestructura, siendo el punto mas critico el hecho de que la demanda crezca de forma mas rápida que la oferta.

La solución propuesta es un producto que integra una pantalla solar con una teja. De esta forma, se busca minimizar el costo y trabajo de la colocación de paneles solares en un hogar. Además, al incentivar la autogeneración, se deja en manos de la sociedad la posibilidad de brindar una solución. Al integrar a los hogares la generación eléctrica, se tiende a la independencia energética y a la reducción de carga de la red.

El desarrollo se lleva a cabo en cinco puntos:

- Introducción

Apertura del tema e identificación de la oportunidad en el escenario actual. Definición a priori de los criterios de éxito.

- Estado actual del problema eléctrico y bases de la generación solar

Investigación sobre la base física de la generación solar, los inicios de la tecnología y el estado actual de las tecnologías en generación solar.

- Desarrollo del producto: Teja para el aprovechamiento de la energía solar

Selección de materiales y proveedores, como así también diseño del producto, proceso productivo y planta.

- Análisis comercial

Definición del mercado a través de segmentación y targeting. Estimación de la demanda, modelo de negocios y estrategia comercial.

- Análisis de factibilidad económico-financiera

Estudio económico, financiero y criterios de evaluación de proyectos. Como también análisis de sensibilidad sobre variables criticas.

Luego del desarrollo en los puntos mencionados, se llega a la conclusión de que el proyecto de fabricación de la teja fotoeléctrica no solo es altamente rentable sino que logra poner en manos del publico un producto que genera energía de una fuente totalmente renovable.

Tejas para el Aprovechamiento de la Energía Solar

ÍNDICE

1	– LINEAMIENTOS GENERALES DEL PROYECTO FINAL	1
1.1	– Objetivo del proyecto	1
1.2	– Objetivos Personales	1
2	– INTRODUCCIÓN	2
2.1	– Situación Actual	2
2.2	– Identificación de Oportunidad	2
2.3	– Pasos a Seguir	4
2.4	– Criterios de Éxito	4
3	– ESTADO DE LA CUESTIÓN	5
3.1	– Base Física de la Generación Solar	5
3.1.1	– Efecto Fotoeléctrico	5
3.1.2	– Unión PN	5
3.1.3	– Generación Eléctrica a Través del Efecto Fotovoltaico	7
3.1.4	– Inversores	7
3.2	– Inicios de la Generación Solar	9
3.3	– Tecnología Solar Actual	9
3.4	– Generación Eléctrica en Argentina	10
3.4.1	– Matriz de Generación	10
3.4.2	– Ley 27.191	14
4	– DEFINICIÓN DEL PROBLEMA	16
4.1	– Origen del problema	16
4.2	– Objetivos	17
4.2	– Recursos	18
5	– SOLUCIÓN PROPUESTA	19
5.1	– Tejas para el Aprovechamiento de la Energía Solar	19
5.1.1	– Requerimientos del Producto	19
5.1.2	– Conexionado	19
5.1.3	– Instalación	24
5.1.4	– Materiales a Utilizar	26
5.1.4	– Planos del Producto	38
5.1.5	– Proceso Productivo	42
5.1.6	– Ubicación y Lay Out de Planta	45
5.2	– Análisis Comercial	51
5.2.1	– Calculo del Costo de la Teja	51
5.2.1	– Segmentación y Targeting	53
5.2.2	– Estimación del Mercado y Demanda	54
5.2.3	– Ventajas Competitivas	58
5.2.4	– Modelo de Negocios	58
5.2.5	– Estrategia Comercial	60
5.3	– Estudio Económico – Financiero	61
5.3.1	– Estudio Económico	62
5.3.2	– Análisis de Factibilidad Financiera	65
5.3.3	– Criterios de Evaluación de Proyectos	67

5.3.4 – Análisis de Sensibilidad	69
6 – RESULTADOS Y CONCLUSIONES	74
7 – BIBLIOGRAFÍA.....	75
8 – ANEXO	83
8.1 – Proveedores de Celdas Solares	83
8.2 – Proveedores de Microinversores	86
8.3 – Planos con medias del cuerpo de la teja	89
8.4 – Opciones de Ubicación Geográfica de Planta	92
8.5 – Tablas del Análisis Económico-Financiero	94

1 – LINEAMIENTOS GENERALES DEL PROYECTO FINAL

1.1 – Objetivo del proyecto

El objetivo del proyecto es atacar el problema energético actual. Este tiene 2 problemas principales. Por un lado el consumo crece a una tasa mayor que la producción. Esto se debe a que el consumo crece de forma paralela a la población, mientras que la generación depende en gran medida de grandes inversiones tanto estatales o en conjunto con el sector privado, que no suelen acompañar los aumentos de consumo. Por otro lado, actualmente existe la necesidad de generar energía de fuentes renovables. Las formas de generación actuales son altamente contaminantes para el medio ambiente, como la quema de hidrocarburos o los residuos generados por centrales nucleares.

La posibilidad de que cada hogar pueda autoabastecer aunque sea parte de su consumo con alguna fuente de energía renovable, atacaría ambos problemas. Por un lado, la posibilidad de atomizar la inversión en ves de grandes obras para la generación, bajaría la barrera de acceso a energía y podría lograrse una mayor generación que consumo en el mediano a largo plazo. Por otro lado, si esta inversión se hace en fuentes renovables de energía, este proceso puede llevarse a cabo de manera sustentable para el medio ambiente. Sumado a esto, la autogeneración evita el transporte ya que el consumo se da en el mismo lugar. Esto genera menores perdidas por transporte y evita recargas de la red.

1.2 – Objetivos Personales

A nivel personal, el objetivo del proyecto es encontrar una solución sustentable y totalmente aplicable a uno de los problemas mas grandes que enfrenta nuestro país y el mundo. La energía mueve el mundo y es, en todas sus formas, la herramienta mas importante que tiene el ser humano.

Utilizando los distintos conceptos y conocimientos aprendidos a lo largo de la carrera de Ing. Industrial, se podrá dar forma a un proyecto con las bases tecnológicas y con todo el análisis pertinente para lograr una solución factible y ejecutable.

2 – INTRODUCCIÓN

2.1 – Situación Actual

Uno de los puntos mas críticos a nivel país es el de la energía eléctrica. Luego de una década de subvenciones, el costo para los hogares se disparo. Por otro lado, un problema importante a nivel mundial es la sustentabilidad, debido a que los recursos son finitos. Ha habido mucho desarrollo en el sector de energías renovables, y es una solución para ambos problemas recién expuestos. La posibilidad de autogeneración eléctrica a través de fuentes renovables en hogares ataca tanto el problema del costo como de sustentabilidad.

De encontrarse una solución que aproveche una fuente de energía renovable, los hogares podrían tener beneficios económicos con respecto al gasto eléctrico, siendo además responsables con el medio ambiente. Dentro de energías renovables, contamos principalmente con energía eólica y solar. La primera no solo necesita grandes cantidades de viento durante periodos prolongados, sino que los molinos necesitan tener una altura considerable. La energía solar solamente requiere una superficie expuesta a la luz del sol, por lo que es la solución mas acertada para atacar la problemática.

Dado que la generación esta directamente relacionada con la superficie expuesta al sol y el consumo eléctrico esta relacionado con la densidad poblacional, el mayor provecho se dará donde haya una densidad poblacional media. Un ejemplo simple es comprar un edificio de 10 pisos y uno de 3 pisos. Asumiendo la misma superficie de planta de 4 departamentos por piso, el de 10 pisos puede albergar 40 familias, mientras que el segundo alberga 12. En este caso, la capacidad de generación de energía solar es la misma, pero el edificio mas grande tiene un consumo que es mas de 3 veces el del edificio de 3 pisos. Teniendo esto en cuenta, el mejor campo de aplicación es en casas y pequeñas propiedades horizontales, donde se maximiza la superficie expuesta al sol vs cantidad de ocupantes/consumo.

2.2 – Identificación de Oportunidad

Actualmente, no hay grandes desarrollos en el país en cuanto a la generación de energía solar. Afortunadamente y debido a nuevas legislaciones, hay cambios a futuro en pos de lograr una mayor sustentabilidad medioambiental. Un ejemplo de esto es la ley 27.191, sancionada el 30/3/2016, que busca inversión en el campo de energías renovables.

Si nos enfocamos en la generación de energía solar para hogares, rápidamente notamos tiene una gran desventaja: el momento del día que se

genera. El pico de generación es durante el día, mientras que el pico de consumo energético de un hogar es durante la tarde/noche. La histórica solución para esto fue la utilización de baterías para el almacenamiento durante los periodos de exceso de generación, para utilizar esta energía durante los periodos de exceso de consumo. El problema es que las baterías tienen varias desventajas, como el límite de carga, costo de adquisición, el mantenimiento, espacio y vida útil. Además de esto, aunque se encuentre bien dimensionado, el banco de baterías tiene un límite de carga que una vez superado, toda energía extra que se genera, se pierde.

Sin embargo, esto está por cambiar. Se encuentra pronto a aprobarse una ley, la cual permitiría que cada hogar opere como prosumidor (productor y consumidor en simultáneo). Es la llamada Ley de Generación Distribuida y apunta directamente a la generación a través de fuentes renovables. Lo que permitiría es que durante la parte del día que hay exceso de generación, el hogar tome el rol de productor y alimente la red, recibiendo un pago por el servicio. Durante la noche toma el rol de consumidor, tomando energía de la red. De esta forma, no existe necesidad de un banco de baterías. En un futuro cercano, esta ley regiría en todo el país. Actualmente cuenta con un antecedente, desde el año 2013, en la provincia de Santa Fe, ya existe la figura de prosumidor eléctrico, donde el hogar que genera energía y la inyecta a la red recibe compensación. Para que pueda ocurrir esto, deben tenerse medidores bidireccionales del consumo eléctrico. Actualmente se está migrando a este tipo de medidores¹.

La mayor desventaja de las instalaciones actuales, es el banco de baterías. Hasta que se apruebe la ley de generación distribuida, la única forma de aprovechar la energía generada por el sol es almacenarla en un banco de baterías para su posterior uso. Las baterías son la parte más cara de la instalación, la única parte que ocupa un espacio físico en algún lugar del hogar, la única pieza de la instalación que necesita mantenimiento y la única pieza potencialmente peligrosa por el contenido interno de estas. Todos estos problemas no existirán cuando se apruebe la generación distribuida.

Todo esto genera un escenario de oportunidad para un producto que genere energía solar, siendo accesible a la población para lograr una rápida implementación. Actualmente la única opción es la compra de paneles solares para instalar sobre los techos de las viviendas. Esto tiene dos desventajas principales. Por un lado, es una doble inversión, ya que se debe construir un techo y sobre este montar las pantallas. A su vez, no se puede aprovechar el 100% del área del techo ya que las pantallas solares tienen tamaños estándar y difícilmente se cubran las superficies usualmente irregulares de un techo.

Lo que se propone es integrar ambas cosas, techo y pantalla. De esta forma, solo se haría una inversión al momento de la construcción, ya que el techo estaría formado por tejas interconectadas que formarían un circuito en donde cada teja aporta energía. Es ahí donde nace el concepto de teja solar, que no es más que una integración de una pantalla solar a una teja, para que las funciones de generación eléctrica y aislamiento del medio ambiente sean cumplidas por una misma unidad constructiva.

2.3 - Pasos a Seguir

Se comenzara con el desarrollo del producto y su fabricación, que se podría resumir de la siguiente manera:

- Requerimientos del Producto
- Materiales a utilizar
- Planos del Producto
- Proceso Productivo
- Ubicación y Lay Out de Planta

Luego, se dimensionara el mercado y validara un modelo de negocio, llevando a cabo el análisis económico-financiero del proyecto.

Puntos a tener en cuenta:

- Segmentación y Targeting
- Estimación del Mercado y Demanda
- Ventajas Competitivas
- Modelo de Negocios
- Estrategia Comercial
- Estudio de Económico-Financiero

2.4 - Criterios de Éxito

Para un seguimiento acorde y una medición de alcance de objetivos, se deberán establecer previo al comienzo del proyecto, ciertos criterios de éxito.

- Desarrollar un producto que integre las funciones de una teja y una pantalla solar
- Poder fabricarlo y venderlo de forma tal que sea accesible al público en general
- Lograr la producción de energías renovables de forma generalizada en hogares.

3 – ESTADO DE LA CUESTIÓN

3.1 – Base Física de la Generación Solar

3.1.1 - Efecto Fotoeléctrico

El fenómeno físico sobre el cual se basa la tecnología de las pantallas solares es llamado “Efecto Fotoeléctrico”, que consiste en la emisión de electrones cuando un material es alcanzado por una fuente de luz.

Para entender mejor la luz, tenemos que entender el concepto de radiación electromagnética y fotón. La radiación electromagnética no es mas que una combinación de campos eléctricos y magnéticos que se propagan a través del espacio. De esta forma, se transmite la energía de un lugar a otro. Un fotón es una partícula elemental portadora de radiación electromagnética. Ahora, si tenemos en cuenta que la luz solar es una radiación electromagnética, podemos entender que la energía que sale del sol y llega a la tierra lo hace en forma de fotones.

Asumiendo que tenemos un material en la tierra que es alcanzado por luz solar, los fotones llegan a los átomos. En estos se encuentran con algún electrón que absorbe la energía y pasa a un estado de excitación mayor. Si la energía aportada por el fotón es suficiente, el electrón escapa de su orbita, pasando a ser una partícula libre y dejando un “hueco” en su lugar. En un material común, estos electrones libres encuentran huecos en átomos del mismo material y al ocupan esos lugares. En ese momento, la energía aportada por el fotón se transforma en calor. Es por esto que los materiales dejados al sol se calientan.

3.1.2 – Unión PN

En electrónica se utilizan materiales “dopados P o N”. Estos materiales cuentan con una base de semiconductor puro, como el silicio, al que se le agregan impurezas. Si la impureza agregada es un átomo de fosforo por ejemplo, el material tendrá un electrón no ligado que será fácil de liberar. En este caso, al tener la relativa facilidad de liberar electrones, se lo llama dopado N o negativo. Con un átomo con tres electrones en la capa exterior, como el aluminio, quedara un hueco en la estructura cristalina tendiente a tomar electrones. Así se da el dopado P o positivo.

Tejas para el Aprovechamiento de la Energía Solar

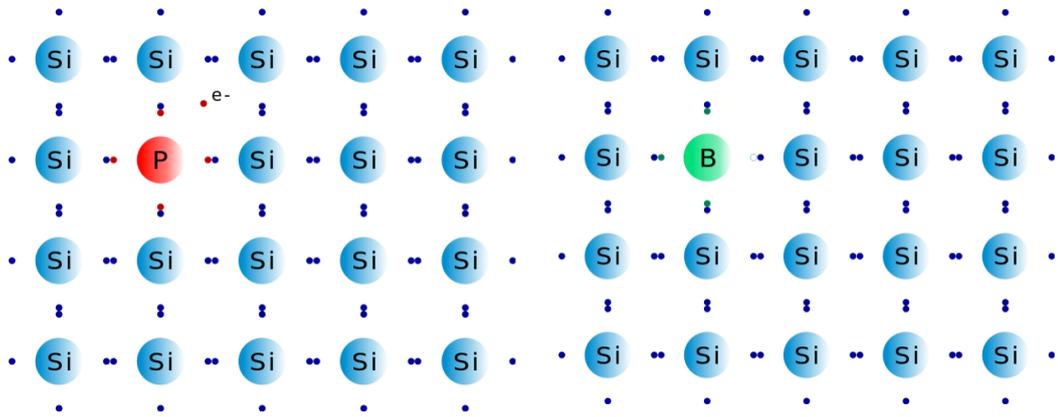


Figura 3-1 : Ejemplo de Estructura cristalina N y P

Si se toman dos partes una dopado P y otra dopado N y se forma una sola pieza, se genera lo que se conoce como unión PN. Dado que un lado tiene tendencia a liberar electrones y el otro a tomarlos, en la zona de frontera existe una diferencia de potencial. Esta a su vez genera un campo eléctrico permanente.

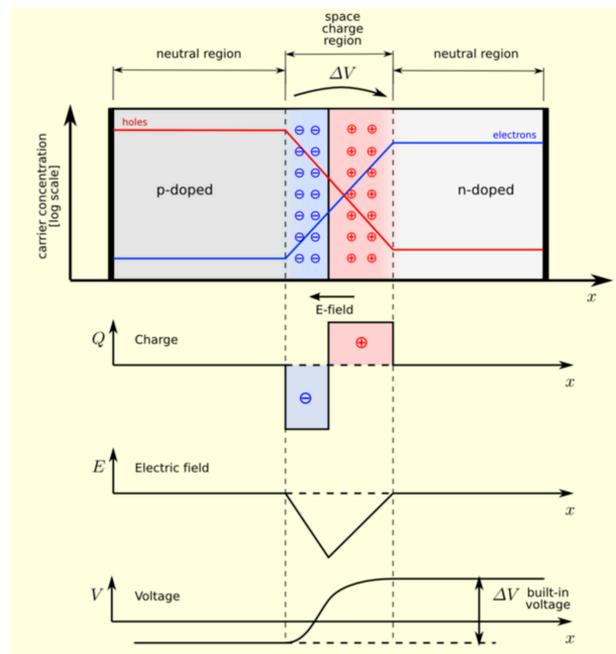


Figura 3-2: Unión PN y el campo eléctrico resultante

3.1.3 – Generación Eléctrica a Través del Efecto Fotovoltaico

Teniendo en cuenta lo ya expuesto, veremos el caso en que se expone a la luz solar una unión PN. La luz solar comenzara a generar electrones libres y huecos, pero esto se dará en un material en donde esta presente un campo eléctrico permanente. Esto hace que los electrones y los huecos avancen hacia lados opuestos dentro del material, generando una diferencia de potencial y por lo tanto tensión.

3.1.4 – Inversores

Un punto importante a tener en cuenta, es que las celdas solares generan corriente continua. Sin embargo, los hogares consumen corriente alterna. Es por esto que siempre que se utilicen celdas solares, se deberá tener también un conversor de corriente continua (CC) a corriente alterna (CA).

Un ejemplo seria tener un banco de baterías de 12 volt, conectado a un inversor para poder utilizar algún aparato que consuma CA. Sin embargo, estos inversores son muy simples, ya que tienen una alimentación estable. Las baterías podrán entregar 14 volt si tienen mucha carga y caerán hasta los 10 volt en caso de quedarse sin carga. Esta variación se da a lo largo de un periodo de tiempo extendido. Además de esto, la batería siempre entrega una potencia constante igual a la requerida hasta quedar sin carga o que la potencia requerida exceda la entregable por la batería.

En el caso de las celdas solares, estas no son tan lineales como las baterías. La potencia entregada varia como también la tensión de salida. A pesar de ser corriente directa, esta es variable debido a que puede variar la cantidad de sol que llega a las pantallas (con un hecho tan simple como una nube que pasa por sobre las pantallas). Sin embargo, el problema mas grande es que la eficiencia de transmisión de energía de las celdas solares no es lineal y depende de la temperatura y resistencia de los paneles. Es por esto que en inversores para generación solar se utiliza algo llamado “Seguimiento del punto de máxima potencia” (MPPT por sus siglas en ingles -“Maximum Power Point Tracking”) La función de este sistema, es simular una carga tal a las pantallas que le permita obtener la mayor potencia para la situación dada. ²

Como segundo punto importante, podemos tomar la salida del inversor. A pesar de que la salida es CA, existen varios tipos de onda. La conversión mas simple es pasar de CC a CA de onda cuadrada. Simplemente se conmuta la tensión entre positivo y negativo. La conversión mas compleja seria una salida sinusoidal pura. Las diferencias frente a esta se miden como distorsión armónica (THD, total harmonic distortion por sus siglas en ingles).

Cuanto mas parecida a un senoide es la salida, mas complejo es el inversor. Sin embargo, hay equipos que requieren salidas de este tipo. Aunque una lámpara puede trabajar con una onda cuadrada, un equipo de audio o un motor eléctrico trae aparejados ciertos problemas. En una instalación hogareña, debe utilizarse un inversor que tenga como salida una onda lo mas parecida a un senoide, debido a la gran cantidad y variedad de elementos eléctricos presentes.

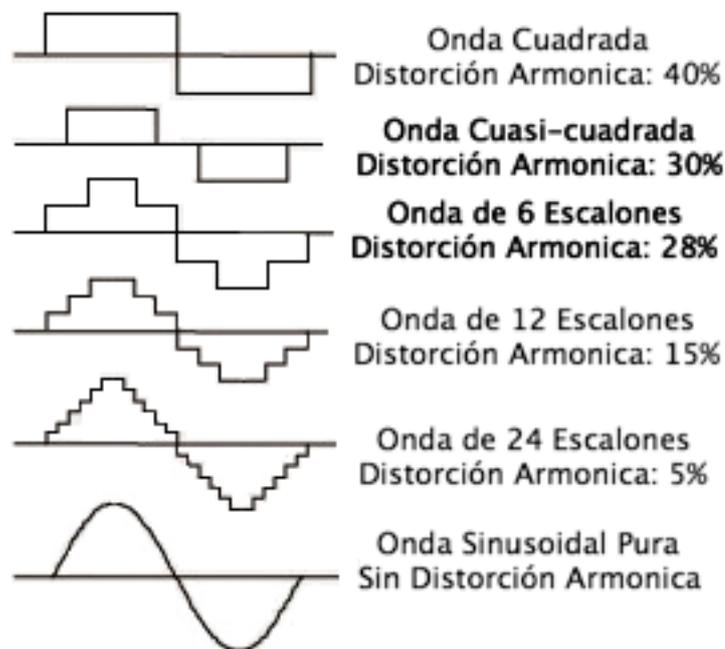


Figura 3-3: Tipos de Onda y su distorsión frente a una onda sinusoidal pura³

También es importante considerad si el inversor es autónomo o esta conectado a la red. Un inversor autónomo no tiene ninguna limitación en cuanto a la fase de la CA ni tampoco necesita ninguna medida de seguridad especifica. Si el inversor esta conectado a la red, forzosamente debe tener la capacidad de igualar la fase y tensión de la red. Si no puede mantener la salida aparejada, no podrá utilizarse la energía generada ya que la resultante entre la salida del inversor y la red no seria una onda sinusoidal, habrían problemas de armónicos e incluso reversión de corriente en el inversor en todo momento que la tensión de red exceda la salida.

Además de esto, si en algún momento hay un corte de energía de la red, el sistema debe aislarse por cuestiones de seguridad. De no hacerlo, se mantendría alimentada la red cuando no debería haber energía, por lo que cualquier trabajo sobre la línea seria inseguro ya que esta se encuentra alimentada sin conocimiento de la persona que vaya a operar sobre esta.

Podría considerarse también otro tipo de inversor que no es necesariamente distinto en su función, pero sí en su diseño. Estos son los micro-inversores diseñados para operar de forma unitaria con un solo panel. Debido a las potencias mucho menores, del orden de los 200W, existen muchas ventajas en este tipo de inversores. No hay necesidad de grandes transformadores, la baja potencia evita refrigeración forzada por lo que no hay piezas móviles y se evita la utilización de capacitores electrolíticos que tienden a fallar mucho más que los capacitores normales de film. Todas estas ventajas hacen que la tasa de falla de este tipo de inversores sea muy baja, con una media de tiempo entre fallas de cientos de años.⁴

3.2 – Inicios de la Generación Solar

El efecto fotovoltaico fue demostrado por primera vez en el año 1839 por Alexandre Edmond Becquerel, aunque faltarían más de 100 años de desarrollos para que pueda ser algo aplicable. Fue recién en el año 1954 que los Laboratorios Bell presentaron la primera pantalla solar moderna⁵.

El físico Gerald Pearson, el químico Calvin Fuller y el ingeniero Daryl Chapin fueron los que la crearon. Utilizando una base de silicio dopado con arsénico y boro como impurezas para crear la junta PN, crearon cadenas de estas juntas o células para formar la primera pantalla solar. Esta tenía una eficiencia del 6%, muy superior a los intentos anteriores que rondaban el 1%.

Esto marco el puntapié inicial de la generación de energía solar. Aunque en un principio eran caras de fabricar y no tuvieron un éxito comercial, se comenzó a utilizar la tecnología en satélites y de a poco comenzó a masificarse la tecnología.

3.3 – Tecnología Solar Actual

En los más de 60 años posteriores a las pantallas desarrolladas por Laboratorios Bell, las pantallas solares pasaron a ser una tecnología de alcance global. Tanto su eficiencia mejoró como el costo de fabricación bajó. El costo, medido en USD/Watt, pasó de USD 76,67 a USD 0,30 en menos de 40 años. Es decir, el costo de generar un watt de energía solar actualmente, es menos de un 0,4% del costo en el año 1977.

A su vez, aumentó tremendamente la eficiencia, lo que se traduce en mejor aprovechamiento de la superficie. Esto es especialmente importante en aplicaciones como satélites, donde cada kilo que va al espacio representa un costo altísimo. También es una gran ventaja en hogares, donde es limitada la superficie del techo de la vivienda.

Una de las formas en que se aumentó la eficiencia es utilizando celdas multijuntura. Si recordamos que la forma simple de una celda es una unión PN, se pueden elaborar múltiples uniones PN entre distintos materiales P y N. Cada

unión PN responde mas a una cierta longitud de onda. Al tener varias juntas distintas, se puede captar mejor todo el ancho de banda de la luz.

Otra forma de mejorar la eficiencia es utilizar concentradores ópticos, como lentes y espejos, para concentrar la luz sobre una celda. Sumando concentradores ópticos y celdas multijuntura, se ha logrado llegar a una eficiencia del 46% en el año 2014. Si lo comparamos con el 6% de 1954, en 60 años la eficiencia aumento casi 8 veces.

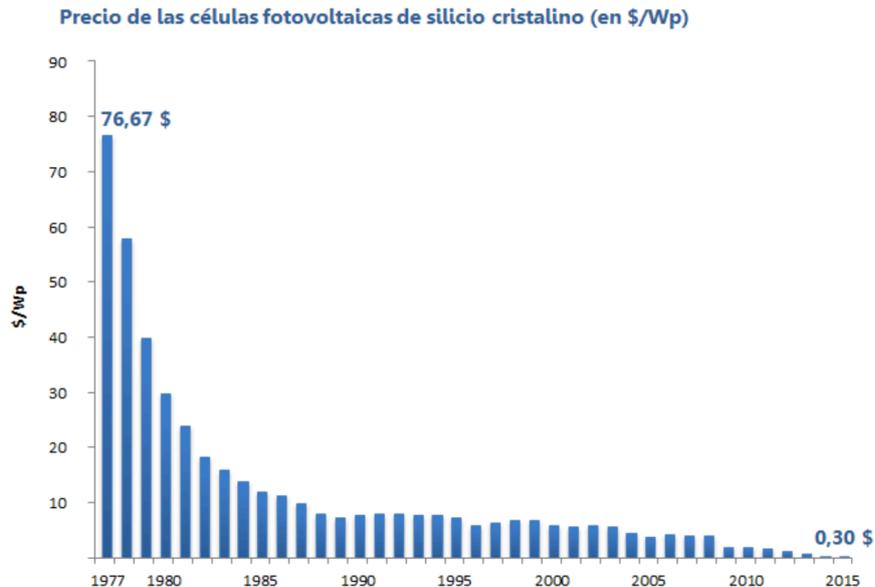


Figura 3-4: Costo histórico de células fotovoltaicas ⁶

3.4 – Generación Eléctrica en Argentina

3.4.1 – Matriz de Generación

La generación eléctrica argentina no tiene un componente importante de energías renovables. Tomando en cuenta datos del informe de CAMMESA⁷, durante el año 2016 las fuentes de generación fueron, en porcentaje:

Fuente	%
Térmica	66%
Hidráulica	26%
Nuclear	6%
Renovable	2%
Total	100%

Tabla 3-1: Fuentes de Generación Eléctrica de Argentina para el año 2016

Se ve entonces que la fuente mas importante es la térmica, que representa dos tercios del total. Esta viene de la quema de gas, gasoil, fuel oil o carbón. Este es el problema mas grande del país, ya que depende de recursos no renovables para abastecerse de energía eléctrica. Además, la utilización de estos recursos genera una gran cantidad de contaminación.

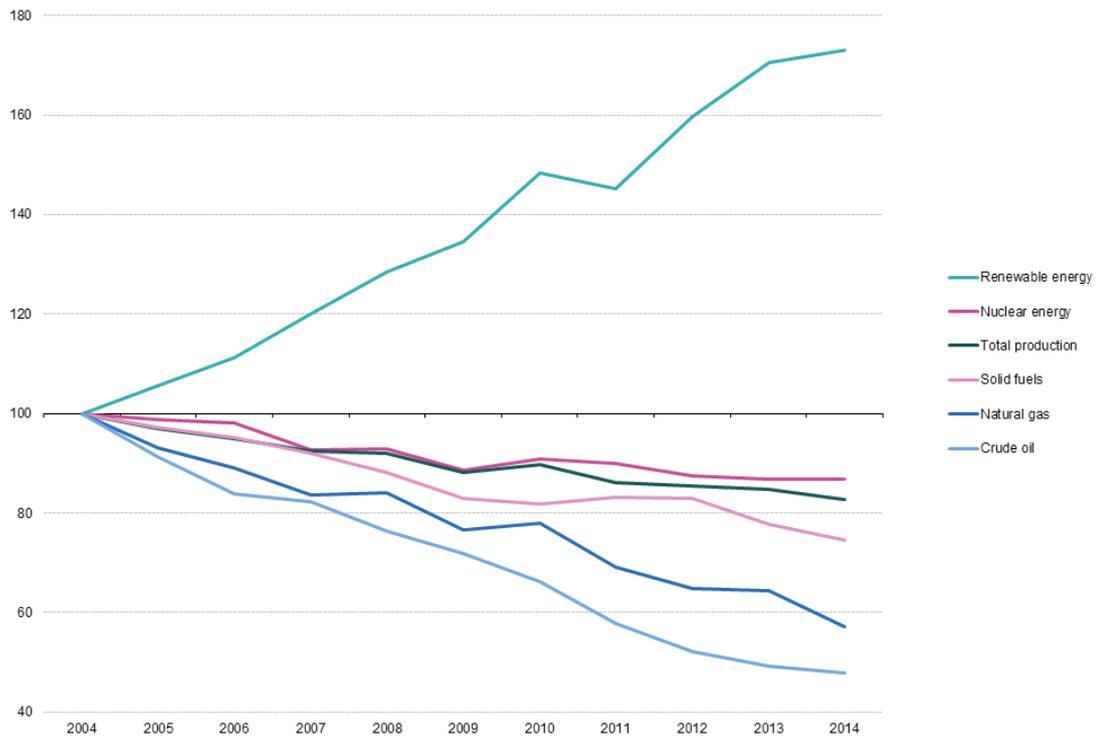
Le sigue la energía hidráulica, con un cuarto del total. A pesar de no ser considerada renovable en el análisis de CAMMESA, las represas hidráulicas no consumen recursos no renovables. La contra mas grande es que tienen un impacto ambiental alto al momento de la instalación por las inundaciones que generan.

En tercer lugar se encuentra la nuclear con un 6% del total, habiendo en el país tres centrales generadoras. Se encuentran dos en el noroeste de la provincia de Buenos Aires y una en Córdoba. A pesar de que se pueden considerar una fuente bastante limpia, ya que no emite ningún tipo de contaminación a la atmosfera o al agua, genera una gran cantidad de residuos nucleares. Estos deben ser gestionados con suma cautela y dispuestos de tal forma que se garantice su aislamiento ya que tienen radioactividad residual que puede ser muy peligrosa.

Finalmente, en cuarto y ultimo lugar se encuentran las energías renovables, con solamente un 2% sobre el total. Claramente lo generado por fuentes renovables es prácticamente despreciable frente al resto. Esto no puede ser así, se debería tender a la situación diametralmente opuesta, debido a que los recursos no renovables son finitos. En un escenario futuro donde no haya mas petróleo y/o gas, el país, con la estructura actual, quedaría prácticamente desabastecido eléctricamente.

Si se compara la situación del país con otros mas desarrollados, se nota una gran diferencia. Europa por ejemplo, tiene aproximadamente un 40% asociado a recursos no renovables (solamente un 9% de derivados del petróleo). Un 30% es energía nuclear y mas de un 25% es energías renovables. Sin embargo, la demostración mas clara de la estrategia de los distintos países es el crecimiento por fuente de los últimos 10 años:

Tejas para el Aprovechamiento de la Energía Solar



Source: Eurostat (online data code: nrg_100a)

Grafico 3-1: Evolución porcentual de las fuentes de energía en Europa⁸

Se aprecia en el grafico que la única fuente que creció sostenidamente fue la de energías renovables. En el otro extremo, la fuente que mas cayó fue la de derivados del petróleo, seguida por gas natural.

Crecimiento de la Capacidad Instalada de Fuentes Energeticas

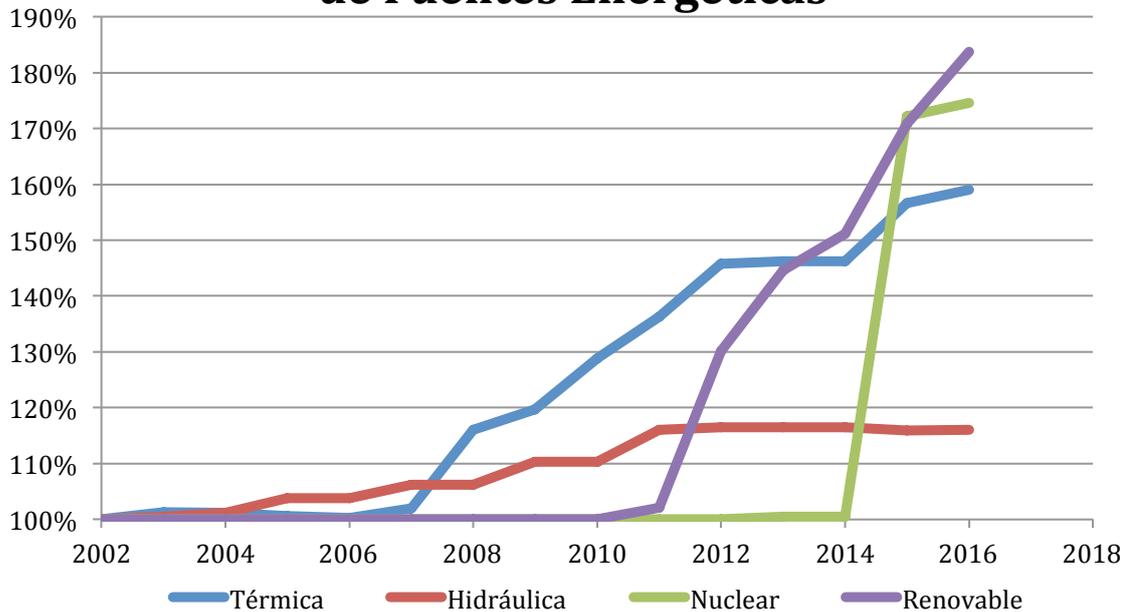


Grafico 3-2: Evolución porcentual de las fuentes de energía en Argentina (sobre capacidad instalada, tomando 2002 como año base)

Analizando el grafico correspondiente de Argentina, se aprecia rápidamente que no hubo caída en la producción de ninguna fuente. Se observa un crecimiento notable en 2014 de la energía nuclear, mas del 70% respecto del año anterior. Esto se debe a que en ese año entro en servicio la planta Atucha II, tercera del país.

Haciendo foco en energías renovables, recién comenzó a crecer en el año 2010. No fue sino hasta el 2014 que paso a ser la de mayor crecimiento. Sin embargo, teniendo en cuenta que actualmente representa el 2% de la generación, para que llegue a ser significativo el aporte a la red, debería crecer de forma mucho mas rápida.

Es en este punto en el que se debe hacer el mayor esfuerzo. Mientras las fuentes renovables no crezcan lo suficientemente rápido, seguirán creciendo el resto. El caso mas critico es el de la generación térmica, la cual constituye dos tercios de la generación, depende de recursos no renovables y es la de mayor impacto al medio ambiente. Esta creció un 60% en los últimos 10 años. Si tenemos en cuenta MW de potencia instalada en ves de porcentajes, se ve que el impacto del crecimiento de la energía renovable de 80% en este periodo es casi despreciable. La capacidad instalada de generación térmica creció en 7.670 MW, mientras que durante el mismo lapso de tiempo las fuentes

renovables crecieron en 319 MW. En valores absolutos, el crecimiento de renovables solo representa un 4% del crecimiento de fuentes térmicas.

3.4.2 – Ley 27.191

Recién en el año 2016 el gobierno Argentino comenzó con iniciativas para revertir esta situación. La ley 27.191 es la que establece beneficios impositivos como rebajas en el impuesto al valor agregado y al impuesto a las ganancias para inversiones en el sector. Ya sea un nuevo proyecto de infraestructura o la modificación o ampliación de una planta actualmente en funcionamiento. Sin embargo, el planteo mas importante el consumo de fuentes no renovables por los usuarios de energía eléctrica. La ley establece:

ARTÍCULO 8° — Establécese que todos los usuarios de energía eléctrica de la República Argentina deberán contribuir con el cumplimiento de los objetivos fijados en la ley 26.190, modificada por la presente, y en el Capítulo II de esta ley, del modo dispuesto en este Capítulo.

A tales efectos, cada sujeto obligado deberá alcanzar la incorporación mínima del ocho por ciento (8%) del total del consumo propio de energía eléctrica, con energía proveniente de las fuentes renovables, al 31 de diciembre de 2017, y del veinte por ciento (20%) al 31 de diciembre de 2025. El cumplimiento de estas obligaciones deberá hacerse en forma gradual, de acuerdo con el siguiente cronograma:

1. Al 31 de diciembre de 2017, deberán alcanzar como mínimo el ocho por ciento (8%) del total del consumo propio de energía eléctrica.
2. Al 31 de diciembre de 2019, deberán alcanzar como mínimo el doce por ciento (12%) del total del consumo propio de energía eléctrica.
3. Al 31 de diciembre de 2021, deberán alcanzar como mínimo el dieciséis por ciento (16%) del total del consumo propio de energía eléctrica.
4. Al 31 de diciembre de 2023, deberán alcanzar como mínimo el dieciocho por ciento (18%) del total del consumo propio de energía eléctrica.
5. Al 31 de diciembre de 2025, deberán alcanzar como mínimo el veinte por ciento (20%) del total del consumo propio de energía eléctrica.⁹

De esta forma, la ley busca que en un periodo de 10 años, el 20% del consumo eléctrico provenga de fuentes renovables de energía. Si tenemos en cuenta lo visto anteriormente respecto al crecimiento de las distintas fuentes energéticas, esta claro que deberá haber una inversión mas que importante en infraestructura y producción de energía de fuentes renovables.

Algo interesante a resaltar es que pone en juego el consumo y no la generación. Esto significa que es el usuario el que deberá encargarse de cumplir los objetivos de consumo propio de fuentes renovables. Esta claro que esto llevara a un aumento de la oferta al aumentar la demanda, pero queda en el usuario la elección de la fuente. Hoy en día las distintas generadoras se están comunicando con empresas para ofrecer energía. En el corto plazo, ocurrirá lo mismo con los hogares.

4 – DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

4.1 – Origen del problema.

Un gran problema que enfrenta el país es el crecimiento de la demanda energética. Se puede apreciar muy claramente en el siguiente gráfico:

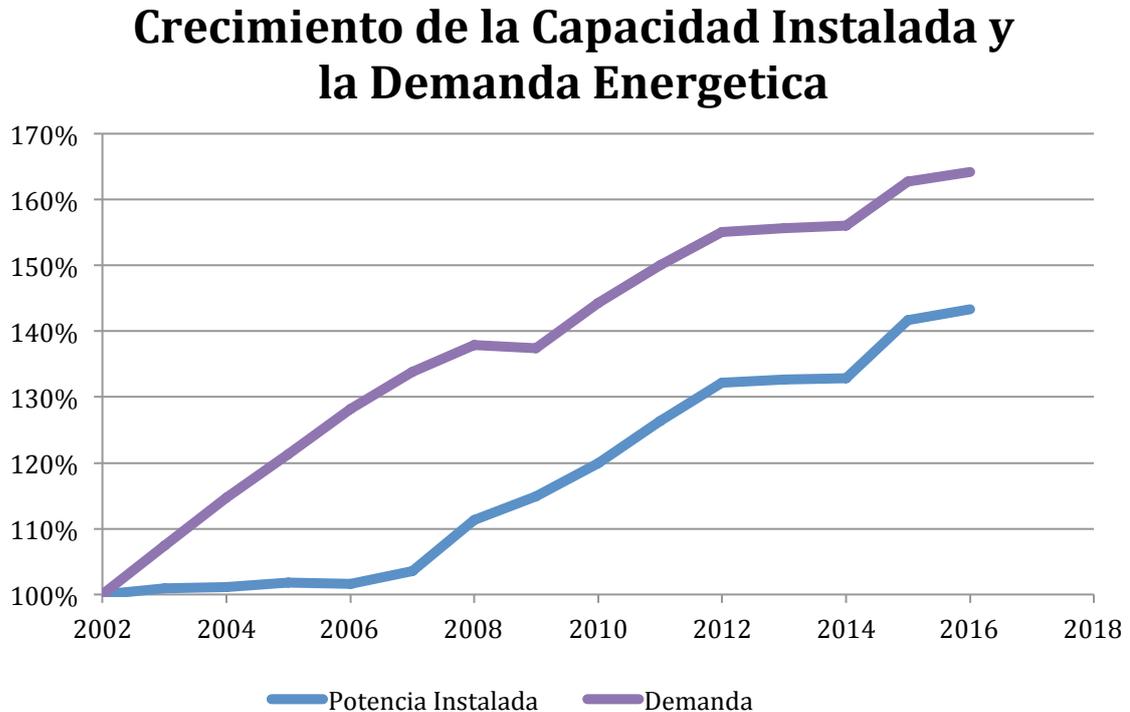


Gráfico 4-1: Evolución porcentual de la capacidad instalada y la demanda energética del país, tomando de base el año 2002.

Se ve claramente que en los últimos 15 años, creció más la demanda que la capacidad instalada. Esto trae aparejado varios problemas. El más importante es el desabastecimiento en momentos de gran consumo, como puede ser una ola de calor en verano, donde se utilizan mucho equipos de alto consumo como aires acondicionados. Estos cortes de energía por zonas, lo cual suele ser un asunto recurrente.

Un segundo problema se da debido a que la generación está lejos de los puntos de consumo, lo que obliga al transporte de energía. Esto hace que haya pérdidas por transporte y además aparecen sobrecargas de la red en picos de consumo.

En cuanto a gasto público en energía, fue el año 2010 el que marcó el cruce entre importación y exportación de energía. Esto significó que el país dejó de autoabastecerse y pasó a ser importador neto de energía. Desde el 2010 al 2015, Argentina gastó en importaciones de energía más de USD 50.000

millones, lo que representa aproximadamente el 1,5% del PBI de esos años¹⁰. El problema energético puede considerarse el peor problema que enfrenta el país actualmente, ya que la energía es realmente la columna vertebral del país. Es la que mueve la industria, los hogares e incluso el transporte.

Es por esta razón que este trabajo busca una solución a la crisis energética. Es una forma de atacar de raíz una gran cantidad de problemas. Al ser algo tan básico y tan abarcativo, una solución de raíz de los problemas energéticos puede tener un impacto muchísimo mayor que ir atacando individualmente problemas aguas abajo.

Una solución posible sería disminuir la demanda. Esto se ha hecho migrando iluminación de filamento incandescente a LED, utilizando aires acondicionados inverter que son más eficientes, etc. Sin embargo, el crecimiento demográfico fuerza un crecimiento en el consumo

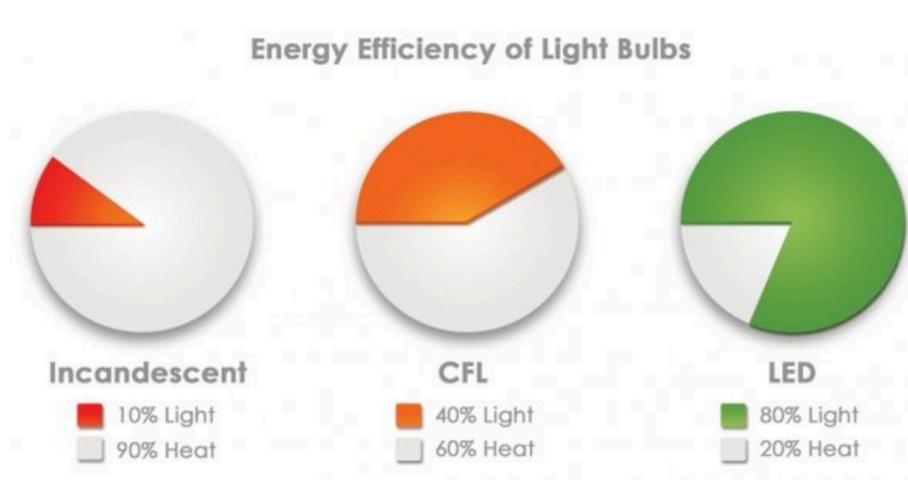


Figura 4-1: Comparación de eficiencias de distintos tipos de lámparas.

Una mejor solución es la de autogeneración. Esta resuelve el problema de la demanda que crece con el crecimiento demográfico, ya que acompaña de la misma forma. Además de esto, la autogeneración no depende de la red y evita sobrecargas de la misma.

4.2 – Objetivos.

El siguiente proyecto tiene como objetivo el desarrollo de un producto, su modelo de negocios y una evaluación de factibilidad financiera que busca encontrar una solución al problema expuesto. No busca la instalación de un parque solar o una estación generadora para acortar la brecha entre capacidad instalada y demanda. El objetivo es que a través de inversiones atomizadas se logre un aumento conjunto de la capacidad de generación solar del país.

Aprovechando la ley de generación distribuida y las nuevas y mejores tecnologías en cuanto a generación solar, se busca que el producto sea lo mas rentable como inversión por el usuario medio del país. De esta forma, en el mediano a largo plazo se podrá volver a contar con la autogeneración eléctrica a nivel país, independientemente de la instalación de nuevas plantas generadoras. De lograrse una excelente penetración de mercado, la autogeneración no solo se lograra a nivel país, sino que también son los usuarios los que tienen la capacidad de generar mas de lo que consumen.

4.2 – Recursos.

La estructura del capital será 30% aportada por el inversor y 70% financiada. Se tomara financiamiento de una entidad bancaria para el proyecto, puntualmente del Banco Nación. El crédito a tomar es un producto llamado “Créditos para PyMEs Nación 125º Aniversario¹¹”. Las condiciones para el crédito son las siguientes:

- En AR\$ exclusivamente.
- Hasta AR\$ 10.000.000 (pesos diez millones).
- Inversiones: Hasta el 100% del valor de compra o tasación, de ambos el menor, incluido el IVA.
- Plazo único de 36 meses.
- Régimen de amortización alemán, periodicidad de pago de amortizaciones semestral y pago de intereses trimestral.
- Periodo de gracia fijo de 12 meses. El vencimiento de la primera cuota de amortización tendrá lugar el semestre posterior a la finalización del periodo de gracia. En ningún caso habrá periodo de gracia para el pago de intereses.
- TNA: 15% Fija.

5 – SOLUCIÓN PROPUESTA

5.1 – Tejas para el Aprovechamiento de la Energía Solar

La solución propuesta consiste en la fabricación de tejas para viviendas que integren una placa para generar energía solar. De esta forma, se aprovechan las siguientes oportunidades y se atacan los siguientes problemas:

- Aprovechamiento de la ley de generación distribuida
- Ahorro en el gasto en energía
- Un solo gasto/inversión al estar la teja y la pantalla integradas
- Aumenta la capacidad de generación a nivel país
- La generación distribuida evita sobrecargar la red

5.1.1 – Requerimientos del Producto

Para comenzar con el desarrollo del producto, se establecen los requerimientos a cumplir:

- Cumplir los requerimientos de una teja común
 - Aislar el ambiente del clima (sol, viento, lluvia)
 - Ser resistentes al granizo
 - Canalizar el agua de lluvia
- Generar electricidad con células fotovoltaicas
- Aprovechar la mayor cantidad de superficie para generación
- Tener la capacidad de conectarse para formar un circuito entre todas las tejas
- Tener un diseño estético
- Buscar el costo mas bajo que no comprometa el resto de los requerimientos

5.1.2 – Conexión

El circuito estándar de celdas solares que este conectado a la red incluye principalmente cuatro elementos. Las celdas, un inversor de corriente directa a alterna, tablero eléctrico y el medidor de consumo. Un quinto elemento opcional seria un banco de baterías, que dependerá si se puede alimentar a la red desde las celdas solares o no.

Tejas para el Aprovechamiento de la Energía Solar

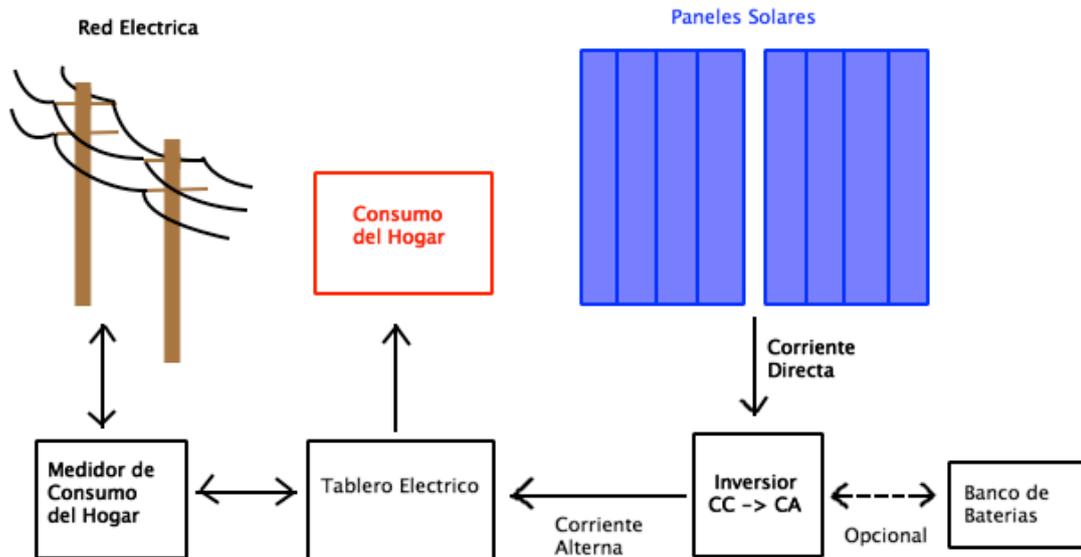


Figura 5-1: Diagrama de instalación estándar.

Además de esto, hay que tener en cuenta elementos de seguridad como fusibles y cortes de energía. Estos son los mismos que en cualquier hogar común, simplemente se agregan disyuntores del lado de corriente continua.

Un segundo punto a tener en cuenta al momento de hacer la conexión del circuito es la conexión entre los paneles solares. Estos pueden conectarse en paralelo, en serie o combinando ambas formas. Cada forma tiene sus ventajas y desventajas.

En una conexión en paralelo se tiene una tensión de salida igual a la tensión individual de cada celda y la corriente resultante es la suma de las corrientes. La gran ventaja de la conexión en paralelo es que de fallar una celda, el resto continúan alimentando normalmente. La principal desventaja es que al sumarse las corrientes, un circuito armado completamente en paralelo generaría corrientes altísimas a valores de tensión muy bajos. Debido a que las pérdidas por efecto joule dependen exclusivamente del valor de corriente (I^2R) un circuito en paralelo maximiza estas pérdidas.

En una conexión en serie, se tienen como problemas las ventajas del paralelo, es decir, de romperse una celda, el circuito completo queda fuera de servicio. Por otro lado, el circuito en serie suma las tensiones de cada placa, resultando en un valor de tensión alto y un valor de corriente bajo. Por consiguiente, minimiza las pérdidas por efecto joule. Debido a los pros y contras de cada tipo

de conexionado, lo que se utiliza en la practica es una combinación entre paralelo y serie.

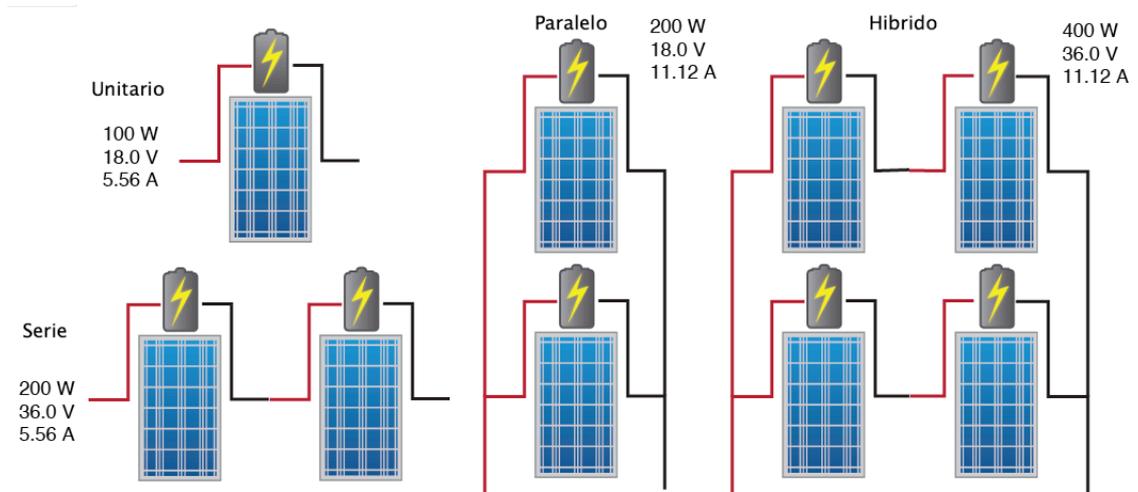


Figura 5-2: Tipos de conexión y salida generada, con placas de 100W, 18V y 5.56A cada una¹²

Otro punto muy importante que respecta el conexionado esta relacionado con un problema fundamental al momento de armar un circuito con varios paneles solares. Este problema es la sombra, que tiene un gran impacto sobre el conjunto de celdas. Pongamos como ejemplo paneles solares en serie, donde la tensión del circuito es la suma de las tensiones de todas las celdas pero la corriente es la misma para todas.

Si tapamos una celda, esta dejara de producir energía y su corriente pasaría a ser 0. Al estar conectada en el circuito en serie, pasa a actuar como carga resistiva. De esta forma, el circuito pierde eficiencia y la celda tapada comienza a calentarse. Esto puede incluso llevar a la destrucción de este panel por exceso de temperatura. En el caso de que la conexión sea en paralelo, se tiene que la tensión es la misma para todas las celdas y al tapar una, esta pasa a ser carga resistiva, generando un efecto similar.

El impacto en cuestiones de eficiencia es muy alto, mucho mas de lo que uno podría imaginarse. Con un área sombreada de solamente un 9%, el panel completo puede perder hasta un 54% de su capacidad de generación.¹³

Una forma de minimizar esto, es utilizando diodos de bypass. Utilizando diodos en paralelo con cada panel, estos quedan fuera del circuito si dejan de generar energía. En ves de convertirse en carga resistiva, la corriente pasa a través del diodo. Esto sin embargo tampoco es una solución perfecta, ya que no deja de existir una caída de tensión en el diodo. De esta forma, los diodos de bypass cumplen una doble función: por un lado actúan de protección a las celdas para

evitar sobre temperatura y por otro lado evitan que una pequeña área sombreada genere perdidas de eficiencia a la instalación completa.

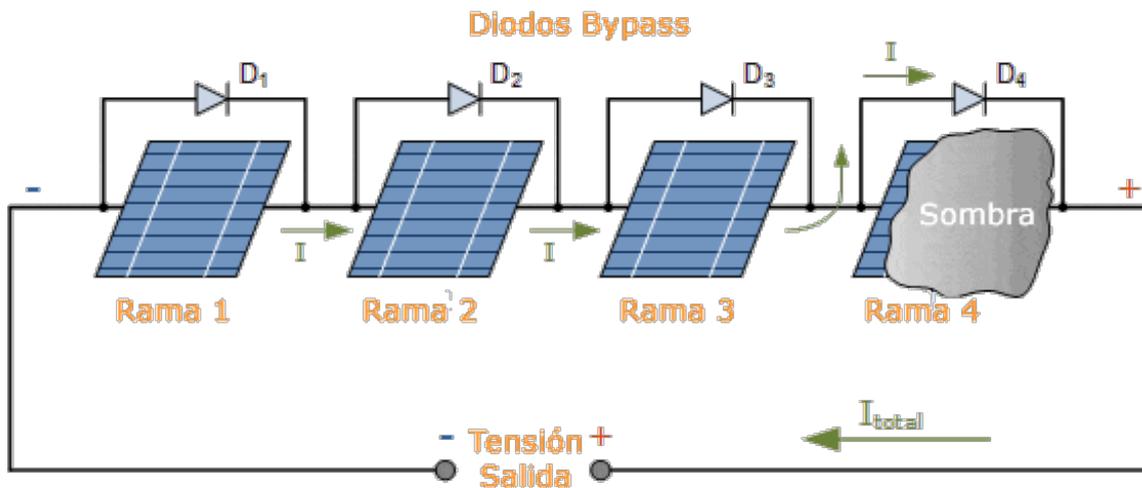


Figura 5-3: Funcionamiento de un diodo de bypass. ¹⁴

En caso de que la conexión sea en paralelo o híbrida, deben utilizarse diodos de bloqueo. Esto hace que si un panel o una serie de paneles pierde tensión por una sombra o rotura, no actúe de carga resistiva al resto de los paneles. En la imagen se pueden apreciar los 4 diodos de bypass (D1, D2, D3 y D4) y los dos diodos de bloqueo (D5 y D6). En este ejemplo, el diodo D5 bloquea la corriente que se generaría debido a que la diferencia de potencial de la serie superior es menor a la de la serie inferior.

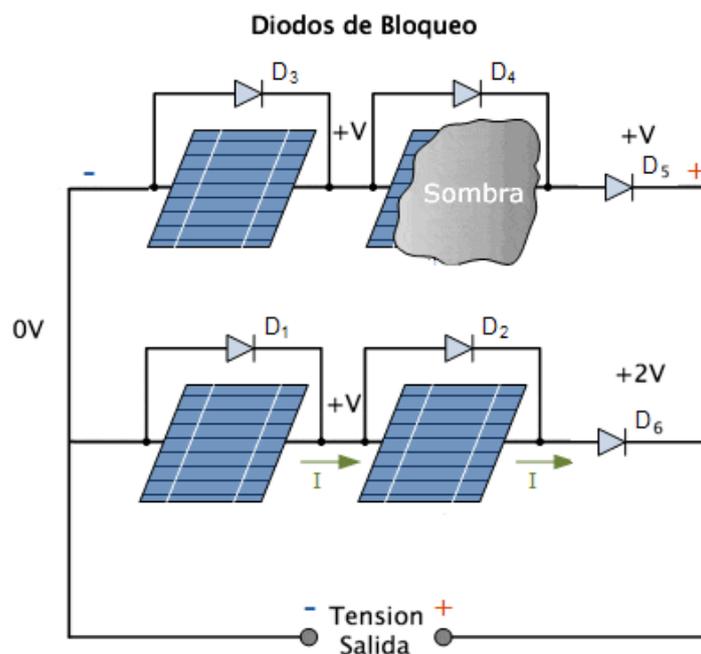


Figura 5-4: Funcionamiento de diodos de bloqueo.

Debido a que las celdas deben conectarse en serie, paralelo o híbrido, hay cierta inflexibilidad al momento del armado de un circuito. Esta inflexibilidad se debe a la imposibilidad de armar un circuito irregular. Con la misma lógica que genera el problema cuando la sombra tapa un panel, no se puede tener en paralelo paneles o serie de paneles con distinta tensión de salida.

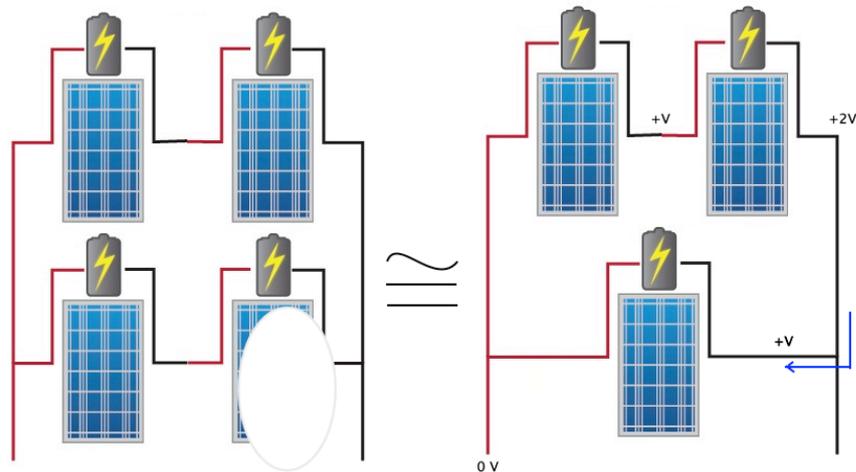


Figura 5-5: Similitud de circuitos.

Las dos celdas superiores generan una tensión 2V mientras que la inferior solamente genera V. El circuito resultante haría que la celda inferior trabaje como resistencia y disipe calor. Si en este circuito se instalan diodos de bloqueo, en el único momento en que la celda inferior entregaría potencia es cuando una de las celdas superiores deja de funcionar, ya sea por una sombra o una falla. Este ejemplo simple demuestra que de tenerse tres celdas solares conectadas de esa forma, en ningún momento podrían operar las tres al mismo tiempo.

Puede plantearse como única solución real al problema de sombreado y de irregularidad del circuito, el aislar cada panel, utilizando un microinversor por panel. De esta forma cada panel tiene ya una salida 220V CA, que de estar en fase con todo el resto de las celdas, pueden unificarse todas las salidas, independientemente de que un panel genere o no. Haciendo esto no hay pérdida alguna, como si ocurre cuando la corriente circula por el diodo de bypass o una celda no entrega potencia por la disposición del circuito. La única desventaja de esto, es el costo superior ya que en ves de un solo inversor grande, debe haber un inversor por panel.

Se ve entonces que en circuitos irregulares, de no hacerse una gran inversión en inversores individuales, no se aprovecha la capacidad instalada de generación. Esto es un problema si se tiene en cuenta el proyecto de

fabricación de una teja solar. En un techo, las áreas no suelen ser siempre regulares. Un ejemplo simple es cuando hay una ventana en el medio del techo o dos techos con caída se encuentran a 90 grados, algo muy común en una casa. Las filas superiores están compuestas por mas tejas que las inferiores o filas con menos tejas por la ventana. Esto tendría una solución simple, que sería utilizar tejas fotovoltaicas en conexión hibrida tomando como serie base la fila de menor cantidad de tejas. Esta solución puede considerarse de compromiso, ya que no se maximiza el área expuesta al sol.



Figura 5-6: Techo común que ilustra la dificultad de hacer un conexionado homogéneo.

La utilización de micro-inversores, agrupando una pequeña cantidad de paneles en ves de un inversor por panel, puede ser una solución al problema de la irregularidad del techo sin incurrir en altos costos. Esto haría que la inversión inicial sea un poco mayor que teniendo un inversor central, pero con la ventaja de que indistintamente de la geometría del techo, el 100% de las tejas puedan aportar energía al sistema. Se minimizaría además el impacto de la sombra ya que de afectar una celda, afectaría solamente un pequeño grupo. El conexionado sería entonces de N pequeños grupos de tejas, cada uno con su inversor y luego todas las salidas se unen para dar una única salida.

5.1.3 – Instalación

Un punto importante a tener en cuenta al instalar paneles solares, es su orientación. Esto se debe a que la orientación juega un papel muy importante con respecto a la cantidad de luz solar irradiada en una superficie. Los paneles siempre deben apuntar hacia el ecuador, es decir, si se encuentran en el hemisferio sur, estos deben orientarse mirando al norte y viceversa. También afecta el ángulo respecto al horizontal en que se encuentra el panel solar. Además de esto, el ángulo óptimo de inclinación varía según la época del año.

Tejas para el Aprovechamiento de la Energia Solar

Monthly Averaged Radiation Incident On An Equator-Pointed Tilted Surface (kWh/m²/day)

Lat -34.35 Lon -58.22	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Annual Average
SSE HRZ	7.05	6.09	4.93	3.64	2.75	2.22	2.46	3.32	4.54	5.35	6.44	6.97	4.64
K	0.58	0.56	0.55	0.52	0.52	0.49	0.51	0.53	0.56	0.53	0.55	0.56	0.54
Diffuse	2.31	2.09	1.69	1.28	0.94	0.82	0.87	1.11	1.47	1.99	2.31	2.46	1.61
Direct	7.05	6.15	5.41	4.56	4.17	3.58	3.87	4.58	5.38	5.27	6.18	6.68	5.24
Tilt 0	7.01	6.06	4.86	3.61	2.70	2.20	2.42	3.21	4.49	5.22	6.41	6.92	4.59
Tilt 19	6.83	6.17	5.30	4.28	3.48	2.95	3.20	3.94	5.06	5.44	6.31	6.68	4.96
Tilt 34	6.30	5.90	5.33	4.55	3.88	3.37	3.62	4.28	5.21	5.30	5.89	6.11	4.97
Tilt 49	5.47	5.35	5.10	4.59	4.08	3.60	3.84	4.38	5.09	4.91	5.18	5.26	4.73
Tilt 90	2.54	2.86	3.24	3.48	3.46	3.20	3.35	3.48	3.49	2.78	2.53	2.42	3.07
OPT	7.02	6.19	5.35	4.60	4.09	3.64	3.87	4.38	5.21	5.44	6.43	6.92	5.26
OPT ANG	3.00	14.00	28.00	44.00	54.00	59.00	57.00	48.00	35.00	19.00	6.00	1.00	30.70

Tabla 5-1: Radiacion incidente promedio para una superficie inclinada apuntada al ecuador, para Buenos Aires¹⁵

En la tabla 5-1 se ve claramente como varia el ángulo optimo (OPT ANG), desde 1 grado en diciembre a 59 en junio. Es decir, en verano el ángulo debe ser menor que en invierno. Un techo de tejas debe tener una pendiente de entre 30% y 60%¹⁶, lo que representa un ángulo de entre 16.7° y 31°. Si vemos el ángulo optimo promedio, este es de 30.7°. Es decir que el techo queda muy cercano al ángulo optimo, y en todo caso, si el ángulo del techo es menor a 30°, será mas eficiente en verano, donde la energía es mayor.

La energía total se puede dividir en dos componentes: la energía solar directa, la que representa los rayos directos del sol y la solar indirecta que es la reflejada por el cielo. La energía indirecta representa aproximadamente el 30% del total y es indiferente a la dirección en que estén orientados los paneles solares. La directa por otro lado, depende totalmente de la orientación de los paneles y representa el 70% del total de energía.

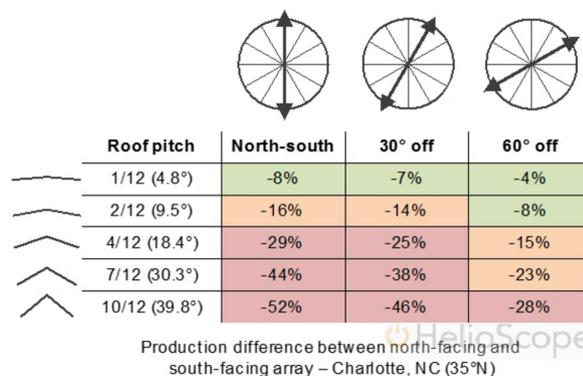


Figura 5-7: Diferencias en la Incidencia solar¹⁷

En el ejemplo de la figura 5-7, se ve la caída de eficiencia de un panel según dos variables. Por un lado, la orientación norte – sur y por otro lado, la inclinación con respecto al horizontal. El ejemplo dado es para la ciudad de Charlotte, USA, que se encuentra a una latitud de 35°N. Esto es equivalente a Buenos Aires, que se encuentra a una latitud 35°S. Viendo la figura, si se orienta un panel solar en buenos aires, mirando al sur, en un techo de 30.3°, la pérdida de eficiencia es del 44%. Puede ser un caso un poco crítico, pero así se consideren 18.4° de inclinación y una orientación 30° corrido del sur, la pérdida es del 25%. Recién cuando se orienta a 60° del sur, lo que es igual a 30° corrido del norte, la pérdida baja a un 15%.

Teniendo en cuenta estos valores de pérdidas, al momento de colocar tejas fotovoltaicas en un techo, solamente se colocaran en superficies que apunten al norte +/- 30°. A pesar de que dependerá en gran parte de la arquitectura, es lógico asumir que en líneas generales la superficie apta para cubrir tejas fotovoltaicas el 50% del techo de una casa.

Sobre este 50%, y asumiendo una inclinación de 30°, las tejas tendrán una radiación incidente promedio anual de 4,97 kWh/m²/día. Además de esto, un corrimiento de +/- 30° del norte puede hacer caer este numero hasta un 23%.

5.1.4 – Materiales a Utilizar

Se deberán elegir materiales correspondientes a cada parte de la teja. Como figura simplificada de las distintas partes se tiene la siguiente figura:

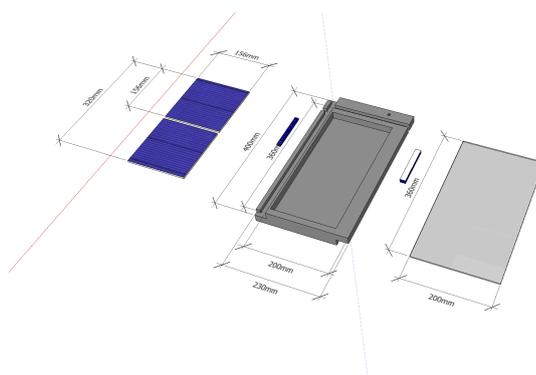


Figura 5-8:Partes propuestas de la teja solar.

Se ve entonces que se tiene por un lado las pantallas solares, que incluye todo lo que sea conexionado eléctrico, por otro lado el cuerpo portante de la teja y por ultimo una cubierta protectora.

Como parte central de la teja, se encuentra la pantalla solar y su inversor. Debido a que la fabricación de una celda solar y los microinversores requieren

de una gran inversión en maquinaria y tecnología, se compraran directamente a un productor.

Si tomamos como referencia una teja francesa común, esta tiene una superficie expuesta al sol de aproximadamente 20cm x 30cm. En cuanto a tamaños estándar de paneles solares que puedan servir a la aplicación, encontramos los de 125mm*125mm y los de 156mm*156mm. Se utilizaran entonces dos paneles de 156mm*156mm, con lo que cada teja tendrá un área útil de generación de 156mm*312mm, muy similar a la superficie expuesta al sol de una teja común.

Es sabido que China es un país industrial por excelencia y debido a economías de escala, los costos de producción suelen ser muy baratos. De los 10 productores de pantallas solares mas grandes del mundo, 5 se encuentran en china¹⁸. Es por eso que al momento de la compra de los paneles, la mayoría de los proveedores se encuentra ahí.

Se buscaron proveedores para paneles, de los cuales se busco precio y especificaciones técnicas. Ver Anexo 1.

Se puede ver, según lo buscado, que independientemente del proveedor, hay ciertos rangos acotados para las especificaciones. Las potencias máximas rondan entre 4.3W y 5W, con tensiones de salida entre 0,52V y 0,55V. En cuanto a costo, salvo el producido en Europa, todos rondan USD 1,60 por unidad.

Para definir proveedor, toman como criterios para la elección la potencia, el precio y el tiempo de entrega. Se le da una mayor importancia a la potencia y al precio, siendo el tiempo de entrega una variable secundaria. Se define que el proveedor con el mejor atributo obtiene puntaje perfecto y luego se calculan puntajes porcentuales.

	Puntaje	Representa
Potencia	4	5.00 W
Precio	4	USD 1.57
Tiempo de entrega	2	15 Días

Figura 5.1: Criterios de elección y valores máximos.

	Potencia	Precio	TdE	P.Pot	P.Precio	P. TdE	Total
Huizhou	4.70 W	USD 1.57	25 Días	3.76	4.00	1.20	8.96
Black 21	5.00 W	USD 1.63	50 Días	4.00	3.85	0.60	8.45
Genérico Chino	4.33 W	USD 1.62	25 Días	3.46	3.88	1.20	8.54
Direct Voltage	4.19 W	USD 2.89	3 Días	3.35	2.17	2.00	7.53
Genérico EEUU	4.30 W	USD 1.59	3 Días	3.44	3.95	1.50	8.89

Tabla 5-2: Puntaje de cada proveedor por criterio y total.

Queda entonces como proveedor con mayor puntaje Huizhou. En segundo lugar, queda el genérico EEUU. Queda entonces seleccionado Huizhou como proveedor principal, con el genérico EEUU como proveedor de respaldo.

Dado que la celda de Huizhou produce 4,7W por panel, tiene una tensión de salida de 0,55V y que la teja tiene 2 paneles, cada teja tendrá una potencia instalada máxima de 9,4W con una tensión de salida de 1,1V.

En cuanto al microinversor, este debe cumplir los siguientes requerimientos:

- Baja potencia, menor a 300W
- Salida 230V CA onda sinodal
- Capacidad de unificar salidas en tensión y fase
- Aislación de exterior (Cumplir como mínimo con la norma IP67)
- Trabajar con MPPT

Se busca entonces proveedor, ver Anexo 2.

De la misma forma que con las pantallas, se arma una matriz de decisión basada en criterios. En este caso la potencia de salida no es un factor crítico, ya que solamente define cuantas tejas deberá tener cada grupo por inversor. Se define entonces las siguientes variables:

	Puntaje	Representa
Eficiencia	4	96.5%
Precio	4	USD 50.00
Rango MPPT	2	28 V

Tabla 5-3: Variables de decisión

	Eficiencia	Precio	R. MPPT	P.Ef	P.Precio	P. MPPT	Total
Enphase	96.5%	USD 159.00	12 V	4.00	1.26	0.86	6.12
Sunpower	94.6%	USD 69.00	15 V	3.92	2.90	1.07	7.89
Power Systems	94.6%	USD 68.00	28 V	3.92	2.94	2.00	8.86
KaiDeng	94%	USD 95.63	23 V	3.88	2.09	1.64	7.61
Marsrock	88%	USD 50.00	9 V	3.65	4.00	0.64	8.29

Tabla 5-4: Puntaje de cada proveedor por criterio y total.

Del análisis decanta que el proveedor que cumple con todos los requisitos y supera en puntaje al resto es Power Systems. El equipo tiene una potencia máxima de entrada de potencia de salida máxima de 260W. Teniendo en cuenta que cada teja tiene una potencia máxima de 9,4W, y que cada microinversor tiene una eficiencia de 94.6%, deben estar conectadas un máximo de 30 tejas. Si recordamos que cada teja tiene una tensión de 1,1V, las 30 tejas en serie tienen una tensión total de 33V. Teniendo en cuenta que el

microinversor tiene un rango de trabajo MPPT de 22 – 50 V, vemos que el valor de tensión cae dentro del rango.

En base a las celdas solares seleccionadas y a los microinversores seleccionados, el techo quedaría separado en N grupos de 30 tejas cada uno. Siendo que cada inversor tiene una potencia máxima de salida de 260W, la potencia máxima total del techo se da por $260W * N$. La conexión de las tejas de hará de la siguiente manera:

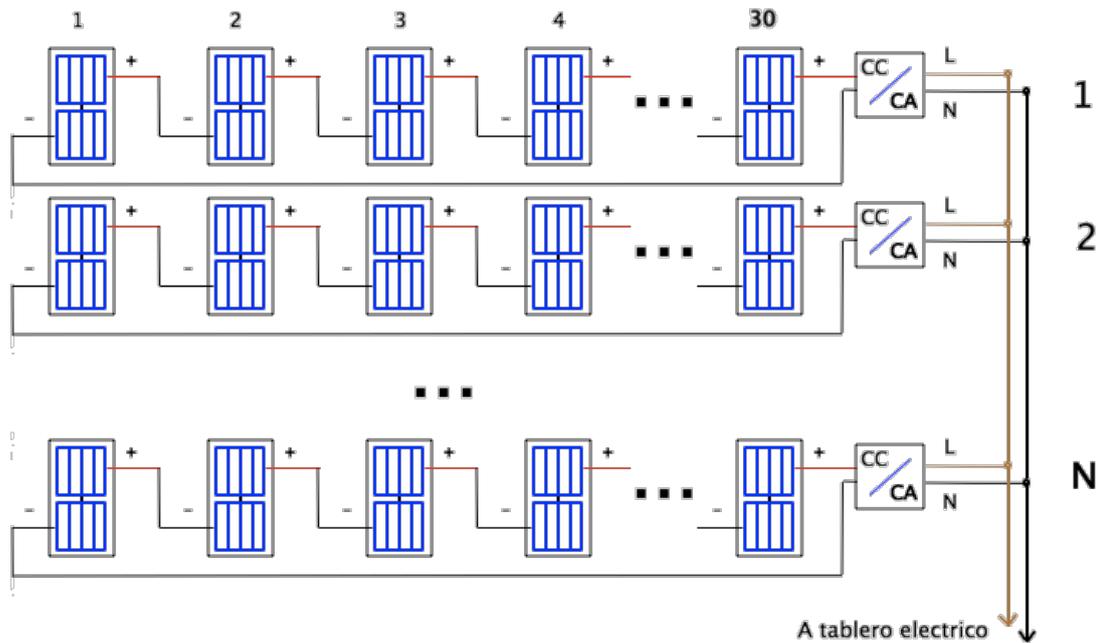


Figura 5-9: Conexión de tejas simplificado (no se grafican diodos de bypass).

Si recordamos que cada grupo de tejas trabaja con 33V y un máximo de 260W, vemos que los cables deben estar dimensionados para 8A. Hay que tener en cuenta que los cables no van a tener refrigeración, ya que se encuentran dentro de la teja, por lo que se busca por tabla para conductor aislado y empotrado.

Tejas para el Aprovechamiento de la Energía Solar

Intensidades máximas admisibles (A) en instalaciones interiores, conductores de cobre, temperatura ambiente 40°C

Norma UNE 20 460-5-

523:2004

Conductores aislados en tubos empotrados en paredes térmicamente aislantes. Método A1.		PVC3	PVC2		XLPE3	XLPE2							
Conductor	mm ²												
Cobre	1,5	11	11,5	13	13,5	15	16	16,5	19	20	21	24	
	2,5	15	16	17,5	18,5	21	22	23	26	26,5	29	33	
	4	20	21	23	24	27	30	31	34	36	38	45	
	6	25	27	30	32	36	37	40	44	46	49	57	
	10	34	37	40	44	50	52	54	60	65	68	76	
	16	45	49	54	59	66	70	73	81	87	91	105	
	25	59	64	70	77	84	88	95	103	110	116	123	140
	35		77	86	96	104	110	119	127	137	144	154	174
	50		94	103	117	125	133	145	155	167	175	188	210
	70				149	160	171	185	199	214	224	244	269
	95				180	194	207	224	241	259	271	296	327
	120				208	225	240	260	280	301	314	348	380
	150				236	260	278	299	322	343	363	404	438
	185				268	297	317	341	368	391	415	464	500
240				315	350	374	401	435	468	490	552	590	

Tabla 5-5: Tabla de selección de área de cable por corriente máxima admisible¹⁹.

Según tabla, con 1,5mm² se estaría sobrado ya que asumiendo PVC como aislante, la corriente máxima admisible es de 11,5 A. Sin embargo, consideraremos un factor de seguridad de 2, por lo que se busca una corriente máxima admisible de 16 A. Es entonces necesaria la selección de un conductor de mayor sección. Asumiendo la menor aislación posible, un cable de 2,5mm² acepta una corriente máxima de 16 A. Se harán entonces los cables con 2,5mm². Estos tienen un costo de \$1,50 el metro²⁰.

Resta la definición del cuerpo de la teja y la protección de las pantallas solares. El cuerpo de la teja debe tener una geometría compleja para poder acoplarse de forma grupal. Cada teja debe empalmar con tejas a cada lado, arriba y abajo, de forma tal que la estructura resultante sea homogénea y cumpla la función de una teja común. Además, debe tener buena tolerancia dimensional, debido a los encastrados entre tejas deben quedar firmes y que internamente irán las conexiones eléctricas y las pantallas solares. Tiene que poseer una resistencia mecánica tal que le permita resistir granizos sin romperse, vientos fuertes y además debe poder tolerar que una persona camine por sobre el techo. Y todo esto, manteniendo el costo lo mas bajo posible.

Dentro de los materiales, podemos considerar cuatro grandes grupos que pueden ser utilizados para la fabricación del cuerpo. Estos son:

- Metales: Hierro, aluminio, chapa, etc.
- Maderas: Bambú, pino, etc.
- Plásticos: Polipropileno, policarbonato, PVC, etc.
- Materiales Compuestos: Fibra de vidrio, plástico reforzado con fibra, etc.

Para hacer una elección primaria dentro de que grupo de materiales estará el elegido a utilizar, se toman en cuenta las siguientes características: precio del material y maquinabilidad (facilidad de procesar el material para llegar a la forma deseada, teniendo en cuenta no solo la cantidad de procesos sino también su costo)

El precio se considerara un promedio del costo por kilo de metales comunes, maderas, etc. Se tendrá en cuenta dentro de este análisis de precio, la resistencia y densidad del material, ya que dependiendo de estas variables, una pieza puede ser mas barata independientemente del precio por kg unitario. Para el calculo de la maquinabilidad por familia, se considerara inversión en maquinaria necesaria.

Para el análisis de maquinabilidad, tomaremos en cuenta las maquinas necesarias para la producción del cuerpo de teja con el material seleccionado, su costo, y la posibilidad de darle la geometría compleja necesaria. En caso de ser plástica, el proceso productivo capaz de producir la geometría compleja necesaria, seria el de inyección. Asumiendo una teja de aproximadamente 25cmx45cmx0,5cm haría falta una inyectora capaz de inyectar una pieza de 563 cm³. La inyectora Haitai HTW250 tiene un volumen de inyección de 600cm³ con lo cual puede ser utilizada. El costo de adquisición es de U\$D 25.500,-²¹, precio FOB en China. Teniendo en cuenta IVA, flete, seguro, aranceles, etc., podemos considerar que en argentina tiene un costo aproximado de U\$D33.000. A esto debería sumarse el costo de matricería, instalación, equipos auxiliares, etc. A los fines de mantener la preselección simplificada, se hará el análisis sobre el costo de adquisición de maquinaria solamente. Luego de la inyección, la pieza debe terminarse eliminando las mazarotas y lijando imperfecciones.

Dentro de los materiales compuestos, encontramos dos sub grupos. Por un lado las fibras, que se tiene una matriz de resina epoxi reforzara con las fibras propiamente dichas, y por otro lado el hormigón. Este ultimo debe ser mezclado en las proporciones correctas y luego moldeado para conseguir la geometría necesaria. Hay que tener en cuenta que para lograr que la pieza este protegida de humedad y otros factores, se deben incluir los aditivos correspondientes a la mezcla. Para esto hace falta una mezcladora con un costo de aproximadamente U\$D 1.000²²,- , un molde y una prensa, la cual tiene

un precio FOB china de U\$D 9.500²³. Teniendo en cuenta costos de importación, el costo sería de U\$D 12.000.

La fabricación con fibra debe hacerse por moldeo por transferencia de resina. Este proceso es similar a la inyección de plástico, pero se coloca la fibra en la matriz, previo a la inyección de resina. Esta es una maquina que tiene un valor FOB en china de U\$D 45.000²⁴, lo que significa que en argentina tiene un costo aproximado de U\$D 60.000.

En cuanto a las maderas, estas deben ser cortadas y luego mecanizadas con CNC. También se puede hacer todo en un solo proceso, teniendo un router CNC con una mesa de trabajo grande que pueda mecanizar las piezas y luego hacer el corte. Una maquina de estas características, con una mesa de 2,5mx1,3mx0,3m cuesta aproximadamente U\$D 27.000²⁵. Luego la pieza debe ser barnizada para protegerla de la intemperie.

Finalmente, analizaremos los metales. En este punto nuevamente haremos una distinción entre dos sub grupos. Por un lado el aluminio y por el otro lado las chapas. Estas ultimas, para alcanzar geometrías complejas, deben ser estampadas. Una estampadora lo suficientemente grande como para la teja planteada con anterioridad es la J23-125, con un costo FOB en china de U\$D 21.000²⁶. Aproximando el precio por costos de importación como en el caso de la moldeadora de resina, el costo aproximado en el país es de U\$D 28.000.

En el caso del aluminio, este puede ser inyectado o por fundición y luego mecanizado. En el caso de inyección, una maquina con la capacidad para piezas de 3.6kg cuesta FOB U\$D 90.000²⁷, lo que se traduce en aproximadamente U\$D 120.000 en el país. De hacerse por fundición, se necesita un horno y crisol (U\$D 2.500²⁸) y un centro de mecanizado de tamaño acorde (U\$D 35.000²⁹). Es entonces mas barato por fundición y mecanizado que por inyección, con un costo total de U\$D 37.500.

Metal	Costo Maq.	Plástico	Costo Maq.
Chapa Inox	USD 28,000	PP	USD 33,000
Aluminio	USD 37,500	PVC	USD 33,000
Chapa Galv.	USD 28,000	P. Carbonato	USD 33,000
Promedio	USD 31,167	Promedio	USD 33,000

Madera	Costo Maq.	Mat. Comp.	Costo Maq.
MDF	USD 27,000	Fibra de vidrio	USD 60,000
Aglomerado	USD 27,000	Fibra de carbono	USD 60,000
Pino	USD 27,000	Hormigón	USD 13,000
Promedio	USD 27,000	Promedio	USD 44,333

Tabla 5-6: Costo de maquinaria necesaria para el procesamiento de los distintos materiales.

El costo de maquinaria es aproximadamente el mismo para todos los materiales. La inversión ronda los U\$D 30.000. Solo los materiales compuestos tienen un costo mas alto, empujado por el costo de maquinaria para materiales de fibra. Por otro lado el hormigón tiene un costo mas bajo, incluso mas bajo que el resto de los materiales. Teniendo en cuenta esta similitud de precios, podemos descartar la inversión en maquinaria como factor de decisión, salvo en el caso de materiales compuestos. Las fibras quedan con el costo de maquinaria como punto en contra al momento de la elección y el hormigón con un punto a favor.

En cuanto a precio, se tienen los siguientes datos:

Metal	Precio por kg	Plástico	Precio por kg
Chapa Inox	87.00 \$/kg ³⁰	PP	15.50 \$/kg ³¹
Aluminio	62.00 \$/kg ³²	PVC	14.50 \$/kg ³³
Chapa Galv.	28.60 \$/kg ³⁴	P. Carbonato	23.00 \$/kg ³⁵
Madera	Precio por kg	Mat. Comp.	Precio por kg
MDF	15.80 \$/kg ³⁶	Fibra de vidrio	69.00 \$/kg ³⁷
Aglomerado	14.00 \$/kg ³⁸	Fibra de carbono	1596.00 \$/kg ³⁹
Pino	27.00 \$/kg ⁴⁰	Hormigón	2.55 \$/kg ⁴¹

Tabla 5-7: Comparativo de precios por kg de distintos materiales.

Sin embargo, debe tenerse en cuenta que una teja de un volumen dado, va a tener diferente peso según la densidad de cada material. El peso depende de la densidad del material y su volumen. En este caso además, el volumen viene dado por la resistencia del material. A mayor resistencia, menor volumen y viceversa. Se toman en cuenta entonces la densidad y la tensión de límite elástico intrínseca de cada material para la generación de un coeficiente de ajuste. Este coeficiente será proporcional al límite de tensión elástica, ya que es deseable una mayor resistencia. En cambio será inversamente proporcional a la densidad, ya que una mayor densidad significa mayor peso y mayor costo.

Metal	Densidad	T. Lim. E	Coef.	Plástico	Densidad	T. Lim. E	Coef.
Chapa Inox	7.93 g/cm ³	520 MPa	66	PP	0.91 g/cm ³	35 MPa	38
Aluminio	2.70 g/cm ³	414 MPa	153	PVC	1.40 g/cm ³	50 MPa	36
Chapa Galv.	8.00 g/cm ³	250 MPa	31	P. Carbonato	1.20 g/cm ³	65 MPa	54
Madera	Densidad	T. Lim. E	Coef.	Mat. Comp.	Densidad	T. Lim. E	Coef.
MDF	0.72 g/cm ³	25 MPa	35	Fibra de vidrio	1.60 g/cm ³	250 MPa	156
Aglomerado	0.65 g/cm ³	20 MPa	31	Fibra de carbono	1.75 g/cm ³	4500 MPa	2571
Pino	0.60 g/cm ³	40 MPa	67	Hormigón	2.70 g/cm ³	3 MPa	1

Tabla 5-8: Densidades, tensiones de límite elástico y factor de corrección (T. Lim. E / Densidad).

Tejas para el Aprovechamiento de la Energía Solar

Se ve claramente que materiales como la fibra de carbono tienen valores muy altos, debido a su alta resistencia y baja densidad. Teniendo en cuenta que se busca el menor costo posible, se divide el coeficiente por el precio por kilo y se hace un promedio entre los materiales por familia, para la toma de decisión.

Metal	Factor *100	Plástico	Factor *100
Chapa Inox	75	PP	248
Aluminio	247	PVC	246
Chapa Galv.	109	P. Carbonato	236
Promedio	144	Promedio	243

Madera	Factor *100	Mat. Comp.	Factor *100
MDF	220	Fibra de vidrio	226
Aglomerado	220	Fibra de carbono	161
Pino	247	Hormigón	44
Promedio	229	Promedio	144

Tabla 5-9: Factor dado por el coeficiente dividido precio por kilo, para la toma de decisión.

Según la ponderación, queda como el grupo con mayor puntaje el de los plásticos. Esto no solo se da en promedio sino que individualmente todos los plásticos tienen excelentes puntajes, solo el aluminio y el pino tienen valores similares. Se hará entonces una segunda selección, entre plásticos, aluminio y pino. Dado que ya se efectuó un análisis cuantitativo, este segundo análisis será cualitativo.

	Ventajas
Plásticos	Rápida producción Excelente exactitud dimensional con un solo proceso Posibilidad de fabricar geométricas complejas Reutilización de scrapie Alto grado de automatización Buen aislante térmico
Aluminio	Muy buena estabilidad dimensional Durabilidad de la pieza Excelente exactitud dimensional con un solo proceso
Pino	Bajo riesgo laboral, no se trabaja con temperatura ni maquinas móviles

Tabla 5-10: Ventajas por material.

En cuanto a las ventajas, tanto el aluminio como el plástico tienen excelente exactitud dimensional, lo que permite un buen diseño de pieza. Esto es importante, teniendo en cuenta que el cuerpo deberá contener las placas solares y circuitos correspondientes. Una pieza inyectada podrá tener todos los

soportes y canales necesarios para el pasaje de cables y demás componentes. Los plásticos son además buenos aislantes térmicos, cualidad necesaria en un techo. El pino en cambio, tiene como ventaja mas importante la simplicidad y bajo riesgo del proceso.

	Desventajas
Plásticos	Alto costo de matriceria si se tienen varios productos o cambios en el tiempo A pesar de no sufrir deformaciones permanentes, flexiona con esfuerzos bajos
Aluminio	Alto costo operativo por el consumo energético Riesgos por el trabajo con altas temperaturas Alto costo de matriceria si se tienen varios productos o cambios en el tiempo
Pino	Es un excelente conductor térmico, por lo que no cumple la función de aislante Un router CNC tiene limitaciones en cuanto a la geometría tridimensional de la pieza Durabilidad de la pieza en el tiempo Alto scrapie

Tabla 5-11: Desventajas por material.

De las desventajas mas criticas, tenemos la falta de aislación térmica del aluminio y las limitaciones de geometría del pino. El aluminio queda descartado ya que una de las funciones mas importantes de un techo es proveer aislamiento térmico al hogar. En cuanto al pino, se limita bastante el diseño de pieza en comparación con un proceso de inyección, ya sea plástico o aluminio.

Del análisis cualitativo surge entonces que son los plásticos los materiales mas adecuados para la fabricación del cuerpo de la teja. Dentro del grupo de los plásticos, el que mayor puntaje obtuvo fue el polipropileno. Se tendrá entonces una inyectora como maquinaria, con una inversión de USD 33.000,- aproximadamente.

Finalmente, solo resta la definición de la cubierta protectora de las placas solares. Esta debe cumplir con dos requisitos excluyentes. El primero es que debe ser lo mas transparente posible. Cuanto mas transparente sea, mayor será la energía generada por los paneles. Por otro lado, debe ser lo mas resistente posible, ya que debe ser capaz de resistir un granizo o cualquier cosa que pueda caer sobre el techo. Como requerimiento secundario, hay que tener en cuenta la estética, ya que es esta cubierta la única parte de la teja que se vera.

Hay gran cantidad de materiales transparentes, como el vidrio, resinas epoxi o varios plásticos, como el PET o acrílico. Se procede a hacer un análisis cuantitativo similar al hecho con el material para la base.

Cuando se habla de transparencia, existe una variable cuantitativa para su medición. Esta es la transmisión de luz y es la capacidad de un material de dejar pasar la energía del sol. Dado que se busca generar energía solar, a

mayor transmisión de luz, mayor será la eficiencia de los paneles solares. Para esto se busco este índice para los materiales propuestos.

	Transmisión de Luz
Vidrio Común 5mm	88% ⁴²
Vidrio Templado 6mm	87% ⁴³
Vidrio Templado 10mm	84% ⁴⁴
PET	89% ⁴⁵
Acrílico	92% ⁴⁶
Resina Epoxi	88% ⁴⁷
Polycarbonato	88% ⁴⁸

Tabla 5-12: Índice de transmisión de luz de materiales transparentes.

La mayoría de los materiales tienen un índice del 88% +/- 1%, mientras que el acrílico tiene un valor superior, del 92%, y el vidrio templado de 10mm tiene un valor inferior, del 84%. Instintivamente parecieran valores muy bajos, ya que uno puede ver casi sin cambios perceptibles a través del vidrio de una ventana. Sin embargo, hay que tener en cuenta que estos valores corresponden a la energía total que atraviesa el material, no solamente la correspondiente al espectro visible. Teniendo en cuenta esta paridad en cuestiones de transmisión, se continua con el análisis del resto de variables.

Al momento del calculo de la resistencia al granizo, es de suma importancia la resistencia al impacto del material. Para esto, una variable que podemos calcular es la energía de impacto de un granizo de unos 30mm de diámetro. En caída libre, el granizo viene a una velocidad correspondiente con su velocidad terminal en aire. Esta viene dada por:

$$v_{\infty} = \sqrt{\frac{2F}{\rho A C_d}}$$

Figura 5-10: Ecuación de la velocidad terminal en un fluido turbulento.

Donde F es el peso, en el caso de caída libre masa por gravedad. La masa de una esfera de 30mm de diámetro de hielo, cuya densidad es 916 kg/m³ es de 0,0129kg. ρ es la densidad del fluido, en este caso el aire (1.2 kg/m³). A es la sección transversal, que en el caso de una esfera de 30mm de diámetro equivale a 0.000707 m². Finalmente Cd es el coeficiente aerodinámico, que en el caso de la esfera equivale a 0,47. Estos datos arrojan una velocidad terminal de 25,23 m/s.

Tejas para el Aprovechamiento de la Energía Solar

Asumiendo esa velocidad y la masa, al momento del impacto la energía cinética es de $(1/2)*m*v^2$, es decir 4,1 J.

	Precio por m ²	Densidad kg/m ²	E. de Impacto	Charpy c Entalla	Charpy s. Entalla ⁴⁹	Espesor
Vidrio Común	\$500 ⁵⁰	12.5	2.7 J ⁵¹		0.20 J/cm ²	5 mm
Vidrio Templado	\$850	15.0	6.6 J ⁵²		1.00 J/cm ²	6 mm
Vidrio Templado	\$1,554 ⁵³	25.0	9.8 J ⁵⁴		1.00 J/cm ²	10 mm
PET	\$447 ⁵⁵	2.7		0.36 J/cm ²	No rompe	2 mm
Acrílico	\$1,775 ⁵⁶	7.1	24.5 J ⁵⁷	0.20 J/cm ²	15.00 J/cm ²	6 mm
Resina Epoxi	\$1,207 ⁵⁸	8.5		1.40 J/cm ²		5 mm
Policarbonato	\$632 ⁵⁹	3.6		2.50 J/cm ²	No rompe	3 mm

Tabla 5-13: Tabla de datos de materiales transparentes.

Si vemos la información de los distintos materiales, queda descartado de base el vidrio común, ya que no resiste un impacto de 4,1 J. Para el resto de los materiales se buscaron distintos valores de energía de impacto, test de charpy con entalla y sin entalla. Se ve claramente que los vidrios tienen los valores más bajos, ya que son los más frágiles. El único vidrio que resiste el impacto del granizo con margen de seguridad es el templado de 10mm. Sin embargo, este era el material de menor transmisión de luz. Podemos considerar entonces que los distintos vidrios no son aptos para la función.

Dentro de los más resistentes, se encuentran las resinas epoxi y el policarbonato, seguidos del PET y el acrílico. De estos el más frágil es el acrílico, pero este resiste un impacto 6 veces superior al planteado de 4.1J. Podemos considerar entonces que los cuatro materiales son aptos por su resistencia al impacto.

Se hace entonces un análisis cualitativo:

	Ventajas
PET	Más barato que el resto Reciclable
Acrílico	Mayor transmisión de luz de todos los materiales Posibilidad de rellenar la teja, formando una sola pieza y fijando las placas y todos los circuitos en un bloque protegido
Resina Epoxi	Mayor resistencia de los distintos materiales
Policarbonato	Precio competitivo
	Desventajas
PET	Bajo espesor, si hay flexión cuando alguien camina por un techo puede haber rotura de paneles
Acrílico	Alto precio
Resina Epoxi	Debe protegerse contra el amarillamiento por rayos UV
Policarbonato	Bajo espesor, si hay flexión cuando alguien camina por un techo puede haber rotura de paneles

Tabla 5-14: Ventajas y desventajas de los materiales transparentes.

Dentro de las ventajas, la más importante es la de las resinas epoxi. Al ser un fluido previo a su solidificación, tienen la capacidad de rellenar cavidades. Es decir, si se tiene el cuerpo de la teja, con los paneles y circuitos correspondientes, simplemente se vierte la resina para formar una sola pieza, logrando un nivel de protección a impactos o incluso caídas durante la manipulación que no se logra con ningún otro material.

En cuanto a las desventajas, tanto el PET como el policarbonato, sufren el mismo problema. Tienen buena resistencia al impacto, lo que permite trabajar con espesores más bajos que el resto de los materiales. Esto mismo hace que tengan los precios más bajos por m², ya que hacen falta menos kilos de material por m². Ahora bien, los bajos espesores permiten que estos materiales flexionen, lo cual puede traer problemas en la manipulación de las tejas o incluso roturas si una persona camina por sobre el techo. En caso de buscar mayor espesor para evitar esta desventaja, se incurriría en mayores costos y se perdería la ventaja de precio frente al resto de los materiales. El acrílico por su lado, si tiene un precio más elevado que el resto, siendo su única ventaja real la mayor transmisión de luz.

Por todo lo expuesto anteriormente, se elige a la resina epoxi como elemento de protección, ya que no solo protege contra el impacto de granizo, sino que también protege todos los componentes ante la manipulación y otras caídas, al formar una única pieza.

Con esto finaliza la selección de materiales para la teja. Quedan definidos entonces los proveedores para la parte de celdas solares y microinversores y también los materiales del cuerpo de la teja y la protección correspondiente. También quedó definido el proceso industrial para la fabricación del cuerpo y la inversión correspondiente. A modo resumen:

	Material	Compras 3eros	Proveedor
Cuerpo	Polipropileno Inyectado	Paneles Solares	Huizhou
Protección	Resina Epoxi	Microinversores	Power Systems

Tabla 5-15: Selección de materiales y proveedores para las tejas solares.

El paso siguiente, ya teniendo los materiales definidos, es el desarrollo propiamente dicho del producto, con los planos correspondientes.

5.1.4 – Planos del Producto

La parte más importante de la teja es el cuerpo, y este debe adaptarse a las distintas necesidades dentro de un techo y las necesidades propias del circuito eléctrico. Dada una forma similar a una teja francesa, se cumplen con los

requisitos dentro de un techo, como la forma de instalación y encastrés. En cuanto al circuito eléctrico, debe tener cierta versatilidad. Esto se debe a que los grupos de 30 tejas por microinversor, no siempre pueden estar una al lado de la otra. Por limitaciones de distancias o geometrías propias del techo, puede ser necesario un orden distinto al lineal.

Se plantea entonces un cuerpo rectangular, que aloje dos paneles de 156*156mm en su lomo y sus cuatro lados sean encastrés para las tejas aledañas. Además, debe contener el circuito y conexiones correspondientes para armar el circuito general.

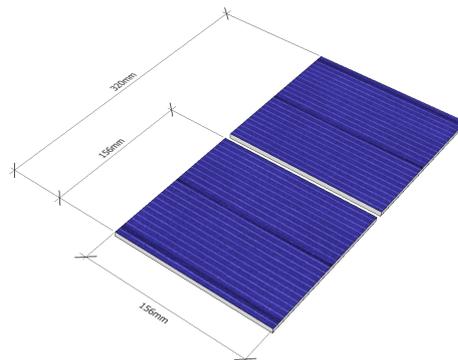


Figura 5-11: Disposición de pantallas.

Colocando ambas pantallas una al lado de la otra y dejando unos mm para evitar contactos, se tiene una superficie de 320x156mm, por lo que el cuerpo debe tener espacio suficiente para albergarlas.

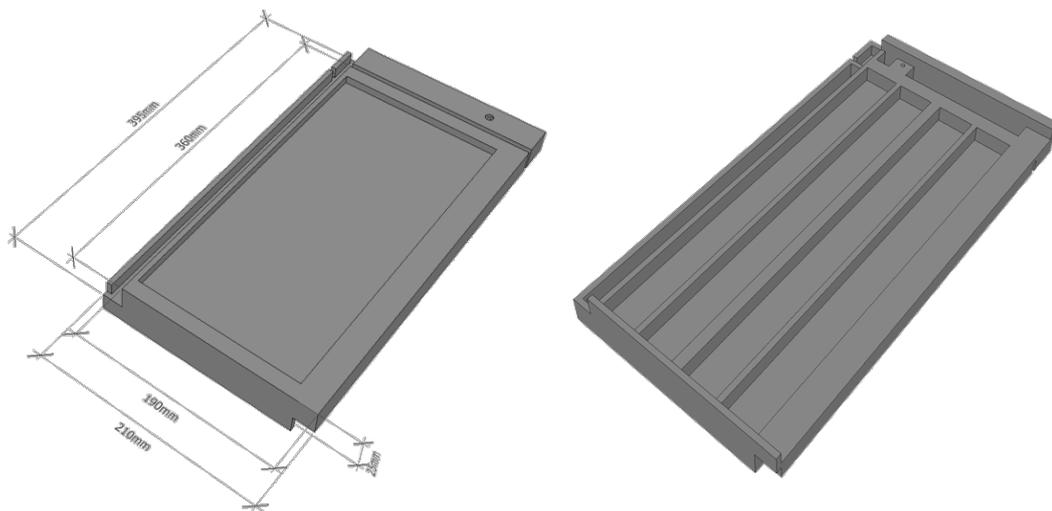


Figura 5-12: Vista superior e inferior del cuerpo.

En la vista superior se observa la cavidad preparada para alojar las celdas solares, mientras que la vista inferior muestra la estructura de la teja para que sea liviana, tenga el menor volumen posible y sea resistente. Las medidas

expuestas a la luz solar son de 360x190mm, mientras que las medidas del cuerpo son 395x210x25mm. Se observa en la esquina superior derecha un agujero, este cumple la misma función que en una teja común, de ser clavada a la estructura del techo. Para un detalle de todas las medidas, ver anexo 9.3.

En cuanto al conexionado, si recordamos como es la conexión vista en la figura 5-8, vemos entonces que cada teja debe contener un circuito como el siguiente:

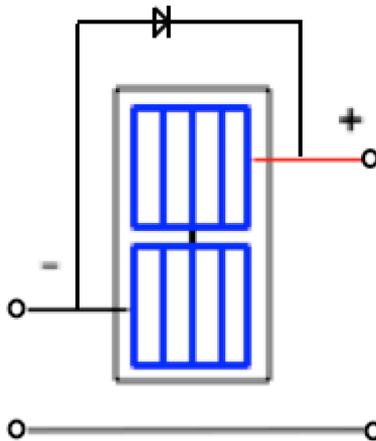


Figura 5-13: Conexionado de una teja.

Están entonces las dos pantallas en serie con su correspondiente diodo de bypass y además se encuentra el tramo de retorno. Este retorno se integra dentro de la teja, ya que una vez armado, se conectan los dos bornes del lado negativo y ya queda cerrado el circuito, sin necesidad de cables externos. Si además se utilizan fichas encastrables, se elimina por completo la necesidad de cables para la conexión entre tejas. Simplemente se encastra una teja con la otra, de forma normal para el armado del techo, encastrando además las distintas fichas y logrando el conexionado.

Por cuestiones de espacio o geométricas del techo, existe la necesidad de por lo menos cuatro tipos de conexionado externo distinto. Por un lado tejas con el borne positivo del lado derecho (tejas derechas) y con el borne del lado izquierdo (tejas izquierdas). Además, habrán tejas de fin de circuito, donde va la conexión con el microinversor, tanto en tejas derechas como izquierdas.

Considerando entonces que lo que cambia no es más que el conexionado, se puede hacer un solo cuerpo común, que brinde la posibilidad de adecuarlo al conexionado necesario. Siguiendo la filosofía del Poka Yoke, se colocaran las fichas de conexión en distintas posiciones, para evitar una conexión errónea.

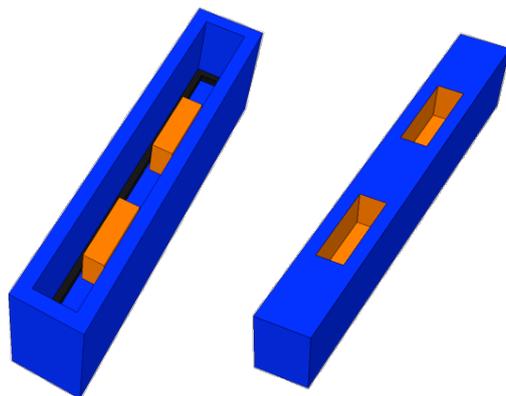


Figura 5-14: Borne macho y hembra.

Se ve en la figura 5.37 los bornes de conexión. Estos irán en el cuerpo de la teja, de tal forma que al ir empalmando las tejas, quedan conectados. El borne macho tiene un burlete, asegurando la estanqueidad de la conexión a la intemperie.



Figura 5-15: Vistas superior e inferior de teja derecha e izquierda.

En la figura 5.38 queda bien clara la diferencia de posición de los bornes. Esto asegura que no se conecten de forma errónea dos tejas con polaridades distintas.

Además de la teja estándar con paneles, deben haber otros modelos de teja, para completar un techo. Estas son:

- Tejas en forma de V invertida, a colocar sobre las aristas del techo.
- Media teja, para un fin lateral del techo
- Teja completa sin panel ni instalación eléctrica, para una zona que no recibe luz o donde sea necesario cortar una teja para ocupar un espacio irregular

- Teja completa sin panel pero con instalación eléctrica pasante (teja puente). Esta teja sirve para poder armar una senda transitable por sobre el techo, sin interrumpir el circuito eléctrico.

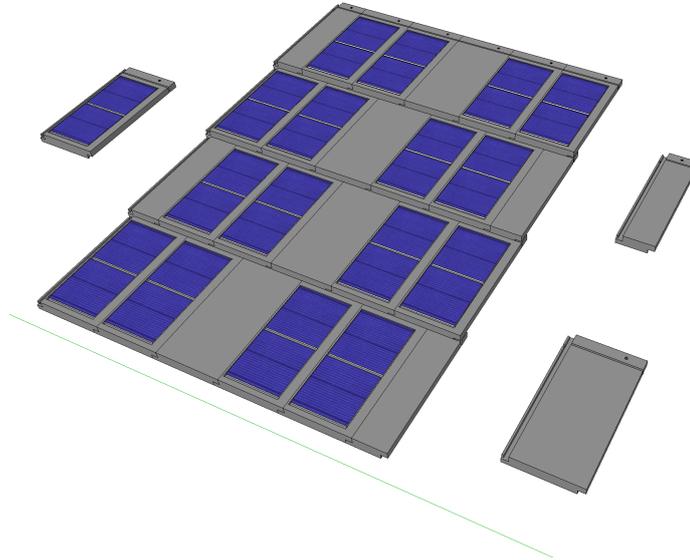


Figura 5-16: Ejemplo de sección de techo con tejas solares, tejas puente formando un camino transitable y medias tejas, como así también cada teja por separado.

5.1.5 – Proceso Productivo

El proceso productivo puede resumirse en cuatro puntos básicos:

- Inyección de piezas
- Armado de circuito eléctrico
- Ensamblado de teja
- Recubrimiento epoxi

Se tienen dos procesos que ocurren de forma paralela, por un lado la inyección de los cuerpos de teja y por el otro el armado de los circuitos. A la salida de ambos procesos, se unifican sus subproductos, en el ensamblado de la teja. Finalmente, se hace el recubrimiento epoxi que le da la forma final.

La inyección es altamente automatizada y alto nivel de producción. El tiempo de enfriado de pieza viene dado por la ecuación:

- $t_{ea} > 0.05 \times (e_{max})^2 / \alpha$ (segundos)⁶⁰

En donde:

- t_{ea} : tiempo de ciclo aproximado (segundos)
- e_{max} : Espesor máximo de la pieza (mm)

- α : Difusividad térmica
 - $\alpha = \text{conductividad térmica} / (\text{calor específico} * \text{densidad})$

Tomando como datos para el polipropileno los siguientes:

- Conductividad térmica: 0,22 W/Km⁶¹
- Calor específico: 1800 J/Kkg⁶²
- Densidad: 0,905 g/cm³
- Espesor máximo de pieza 20mm

Lo que da un tiempo de enfriado de 2,4 minutos. Teniendo en cuenta que el tiempo de enfriado es la mayor parte del ciclo, podemos asumir que el ciclo completo dura 2,5 minutos. Es decir que en 7,5 horas de trabajo, se pueden fabricar 180 cuerpos de teja.

La segunda operación es la de armado y soldado del circuito. Esta es hecha a mano por un operario y consiste en los siguientes subprocesos:

- Soldadura de cable positivo a placa, interplaca y negativo a placa
- Soldadura de terminales del diodo de bypass
- Soldadura de cables positivo y negativo a bornes.

Son en total 10 operaciones de soldado, teniendo en cuenta que toma 5 segundos cada una, y asumiendo un 20% de tiempo adicional por estándar, el tiempo total del armado es de un minuto. A este tiempo debe sumarse el lo que tarda el operador en buscar las piezas de sus respectivos contenedores y depositar el circuito armado en la zona de ensamblado. Esto toma un minuto adicional, por lo que el tiempo total del armado del circuito eléctrico es de dos minutos por teja.

Luego esta el proceso de ensamblado, en el que todo el circuito armado anteriormente es colocado sobre el cuerpo de la teja. Siguiendo la filosofía del pokayoke, el cuerpo inyectado tiene en su geometría calces para los paneles. Esto simplifica el proceso de ensamble y evita errores de cualquier tipo. Debido a esto, el colocar las placas y acomodar los cables dentro del cuerpo toma un tiempo máximo de 1 minuto.

Finalmente, el ultimo proceso es el de la aplicación de la cobertura epoxi. La teja se coloca sobre un apoyo que tiene la forma inferior de la teja para un excelente calce. Este además cuenta con un contenedor para el exceso de resina aplicado (ver figura 5.39). El exceso no debe caer sobre los laterales de la teja, por lo que se le coloca un limitador de excedente. Se le aplica con un cucharón la resina y el exceso es quitado con una espátula. Esta acción toma un minuto.

Tejas para el Aprovechamiento de la Energía Solar

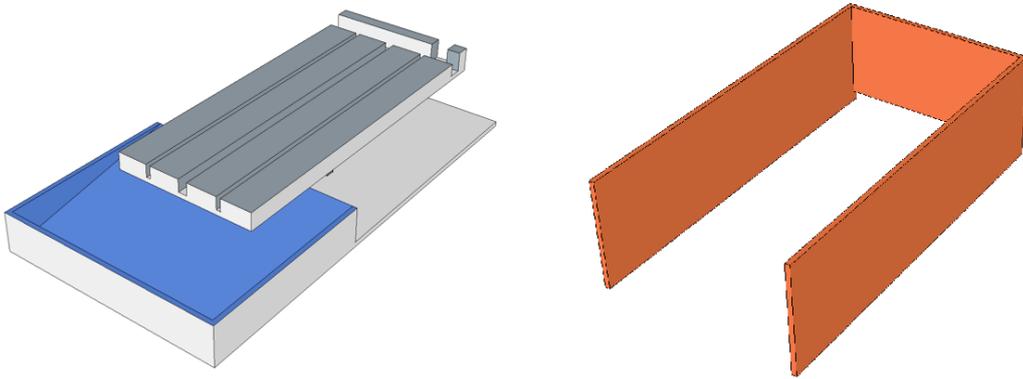


Figura 5-17: Vista del apoyo con la forma inferior de la teja y el contenedor del exceso en azul. En naranja el limitador que evita que el exceso de epoxi caiga lateralmente.

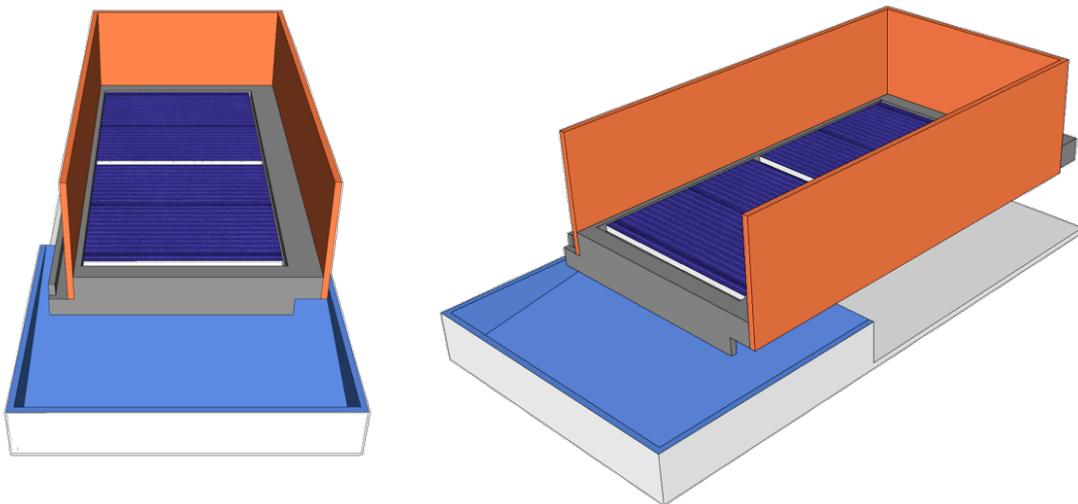


Figura 5-18: Vista frontal e isométrica del apoyo con la teja y limitador colocado.

Luego de esto, la teja simplemente se deja curar en rack una hora hasta solidificarse. En cuanto a tiempos, se ve que el armado de circuito, ensamble y aplicación de la resina epoxi demoran 4 minutos, que es casi el doble del tiempo de ciclo de la inyectora. Esto significa que la planta puede operar con dos personas, una dedicada 100% al armado de circuito, ensamble y aplicación de resina y la otra a la inyección y movimiento de materias primas, producto en proceso y producto terminado dentro de planta.

5.1.6 – Ubicación y Lay Out de Planta

La planta se ubicara en zona norte y se tendrán en cuenta como variables a tener en cuenta las siguientes:

- Precio de venta
- Cercanía a accesos
- Cercanía a zonas urbanas de alto poder adquisitivo
- Posibilidad de expansión a futuro

Para el análisis, se toman en cuenta 5 terrenos, cuyos datos son:

	Precio	Superficie	Sup. Cubierta	USD/m2
Sarmiento 5300 ⁶³	USD 160,000	285 m2	320 m2	USD 561
Le corbusier 2200 ⁶⁴	USD 120,000	600 m2	200 m2	USD 200
Libertad 2350 ⁶⁵	USD 115,000	343 m2	0 m2	USD 335
Juan de Garay y 27 ⁶⁶	USD 87,000	510 m2	0 m2	USD 171
Domingo Nazarre 710 ⁶⁷	USD 33,000	1038 m2	0 m2	USD 32

Tabla 5-16: Dirección de terrenos, precio total y por m2 y superficies totales y cubiertas. Ordenada por precio.

En cuanto a m2 de superficie, podemos considerar que los terrenos con menos de 350 metros no son aptos para grandes expansiones. En este sentido, tanto Sarmiento como Libertad se ven limitados. En cuanto a metros de superficie cubierta, solo dos terrenos tienen construcción. Esto representa una ventaja en cuanto a tiempo ya que es menor al no tener que construir la nave.

Las ubicaciones en el mapa pueden verse en el Anexo 9.3. El análisis que surge de estas ubicaciones es el siguiente:

Sarmiento 5300	A 6km de General Paz por Av. Eva Peron A 6km de Buen Ayre por Ex Ruta 8
Le corbusier 2200	A 1.6km de la Panamericana Ramal Campana A 3km de la Panamericana Ramal Pilar por Colectora
Libertad 2350	A 2km del cruce Panamericana y Ruta 197
Juan de Garay y 27	Sobre Ruta 27, a: 6km Acc. Tigre 9km a Panamericana Ramal Campana
Diego Nazarre 710	A 4km de la Ruta 25 y de ahí: 4km a Panamericana Ramal Campana 10km a Panamericana Ramal Pialar

Tabla 5-17: Distancia a los accesos mas importantes de la ciudad

Viendo las distancias, surge una clara ventaja de dos propiedades, Le Corbusier 2200 y Libertad 2350. Ambas están muy cerca de las arterias principales del norte de la ciudad. En segundo lugar se encuentran las

propiedades de Sarmiento al 5300 y Juan de Garay y Ruta 27. Estas se encuentran a distancias menores a 10km de accesos importantes. Finalmente la propiedad que se encuentra en Diego Nazarre 710 es la mas penalizada en cuanto a ubicación, ya que se encuentra lejos de todos los accesos, en el corazón de Zelaya.

Teniendo en cuenta que el techo fotovoltaico será comprado por una persona que construya su propia casa y además invierta un extra para la colocación del techo, esta tendrá que tener un alto poder adquisitivo. Para una estimación del poder adquisitivo de la zona, se busca el costo de m2 edificado promedio.

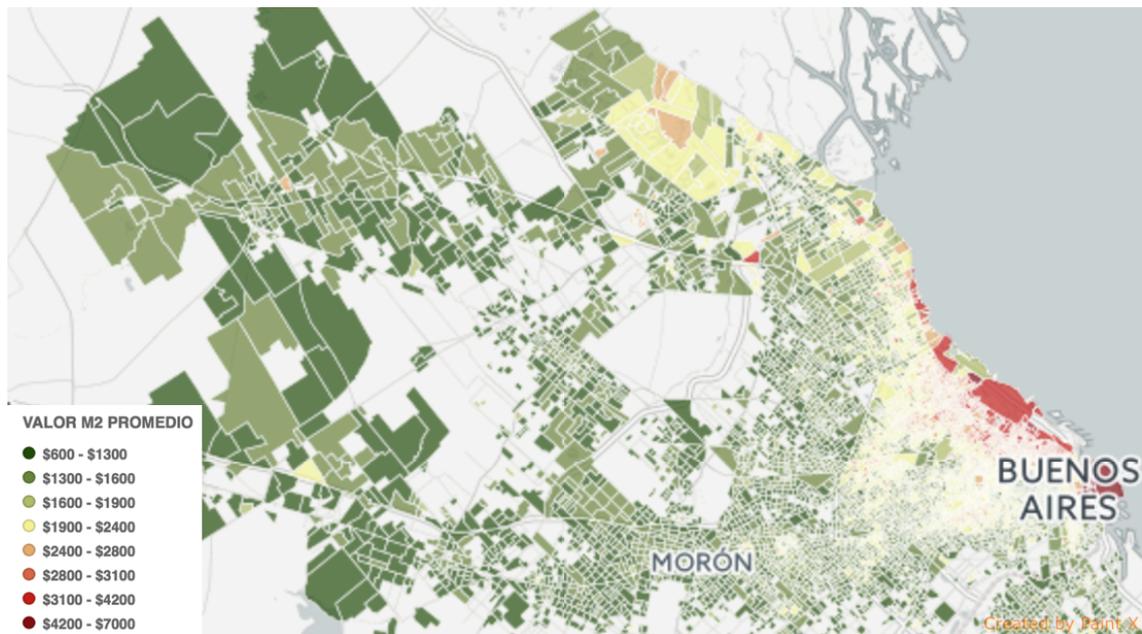


Figura 5-19: Costo promedio del m2 por zona.⁶⁸

Analizando el costo promedio, vemos que las zonas de mayor costo son las del norte de capital federal. Esto se da por ser altamente solicitado, pero no son zonas residenciales con casas, por lo que no existe la posibilidad de grandes ventas de tejas fotovoltaicas. Dejando eso de lado, surgen dos zonas de alto costo por m2, el noroeste de la capital federal y la zona norte desde Vicente Lopez hasta Nordelta.

Viendo esta distribución, hay dos locaciones que tienen ventaja sobre el resto. Por un lado Sarmiento 5300 esta cerca de General Paz y de la zona noroeste de capital. Por otro lado, Juan de Garay y Ruta 27 esta al lado de Nordelta y cerca del acceso tigre que desemboca en toda la zona norte.

Tejas para el Aprovechamiento de la Energía Solar

	Puntaje
Precio	4
Cercanía	3
Acceso	2
Expansión	1
Total	10

Tabla 5-18: Criterios de elección de ubicación,

En la tabla 5-18 se dan los valores por criterio. Estos son: Precio: Calculado por cociente contra el mejor precio. Cercanía: la cercanía a zonas de alto poder adquisitivo. Acceso: cercanía a accesos importantes y expansión: la posibilidad de expandir dentro del terreno.

	P. Precio	P. Cercania	P. Acceso	P. Exp.	Total
Sarmiento 5300	0.83	3	1.5	0	5.33
Le corbusier 2200	1.10	2	2	1	6.10
Libertad 2350	1.15	2	2	0	5.15
Juan de Garay y 27	1.52	3	1.5	1	7.02
Diego Nazarre 710	4.00	1	0.5	1	6.50

Tabla 5-19: Tabla de resultados

Queda entonces seleccionado el terreno de Juan de Garay y Ruta 27. Este es un lote de 18m x 28.5m con gran cercanía a zonas de alto poder adquisitivo y al estar sobre la ruta 27 tiene rápido acceso a las arterias mas importantes de la zona. No solo eso, sino que tiene un precio muy bajo. En base al terreno, se efectúa el lay out de planta.

La planta esta dividida en dos partes, la parte productiva y el deposito. Dentro de la parte productiva, se encuentra la inyectora, que mide 5,82 x 1,55 x 2,23 (Largo, ancho, altura)⁶⁹. También esta la mesa de trabajo donde se hacen las soldaduras, ensamblado y aplicado de epoxi y finalmente, el rack de curado. Para minimizar los movimientos de materiales, la bodega se encuentra dividida en dos partes, sector materias primas y sector producto terminado. Cada sector tiene lugar para 20 pallets estándar, teniendo espacios de 1,05x1,23 para dar margen al pallet de 1,00x1,20.

Se proponen dos lay outs y se definirá como el apropiado el que tenga menor movimiento de materiales.

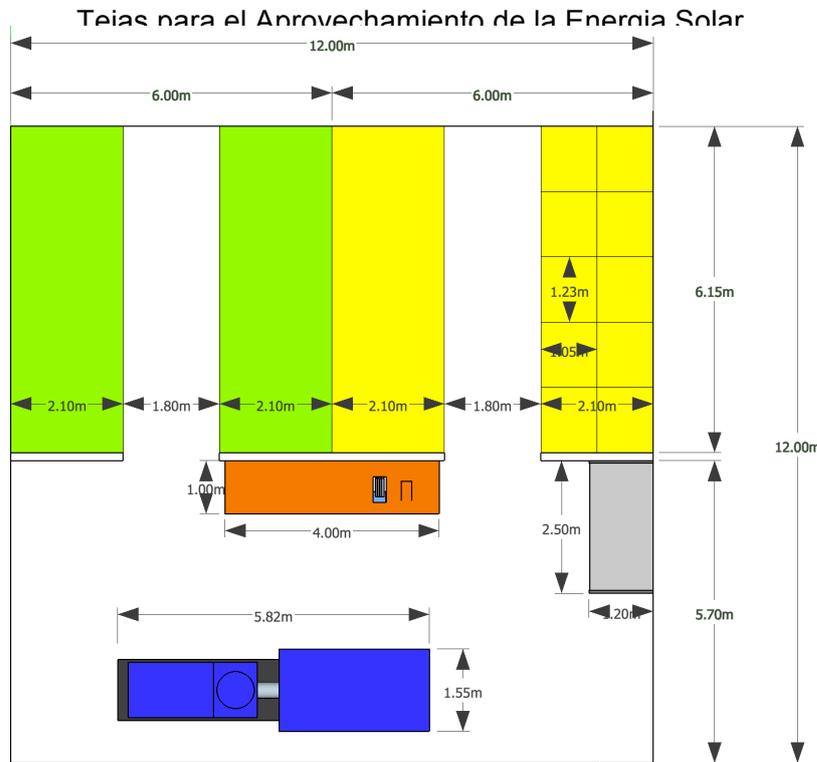


Figura 5-20: Vista superior del lay out de planta A.

En la figura 5.20 se ve el lay out de planta A, con la bodega de MP en verde, la bodega de producto terminado en amarillo, la inyectora en azul, el banco de trabajo en naranja (con la bandeja y protector para la aplicación de la resina epoxi) y el rack de curado en gris.

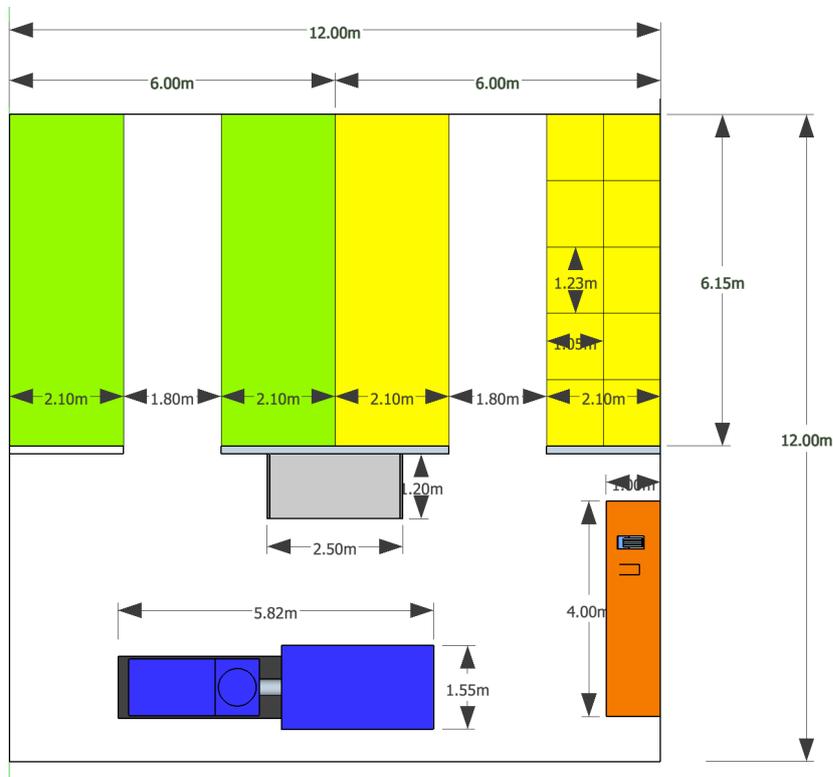


Figura 5-21: Vista superior del lay out de planta B.

Tejas para el Aprovechamiento de la Energía Solar

El lay out B mantiene los mismos elementos, pero en otra disposición. Se utilizarán estos dos lay outs, teniendo en cuenta distancias para los movimientos de materiales según plano. Los movimientos a efectuar son:

- Movimiento 1: Pellets PP de Bodega MP a Inyectora
- Movimiento 2: Paneles solares y resina epoxi a Mesa de Trabajo
- Movimiento 3: Cuerpo de teja de Inyectora a Mesa de Trabajo
- Movimiento 4: Teja armada de Mesa de Trabajo a Rack de Curado
- Movimiento 5: Teja armada de Rack de Curado a Bodega PT

Y las masas, según lo visto en selección de materiales:

- Cuerpo de teja 780cm³ PP = 705g
- Placas solares 11g c/u, 22g por teja
- Resina epoxi = 16cm x 33cm x 8,5kg/m² = 450g

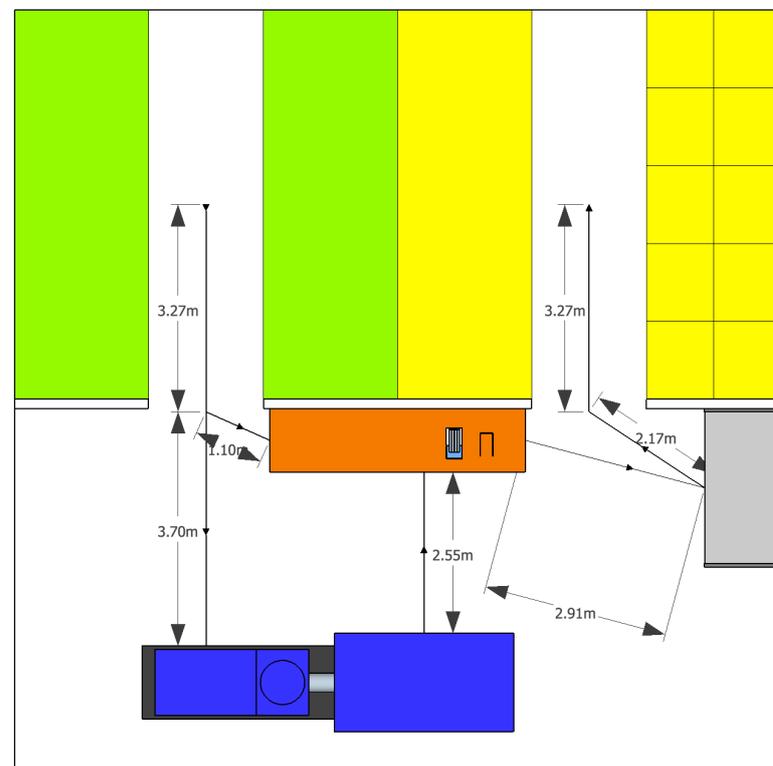


Figura 5-22: Vista superior del lay out A con distancias de movimiento de materiales.

Tejas para el Aprovechamiento de la Energía Solar

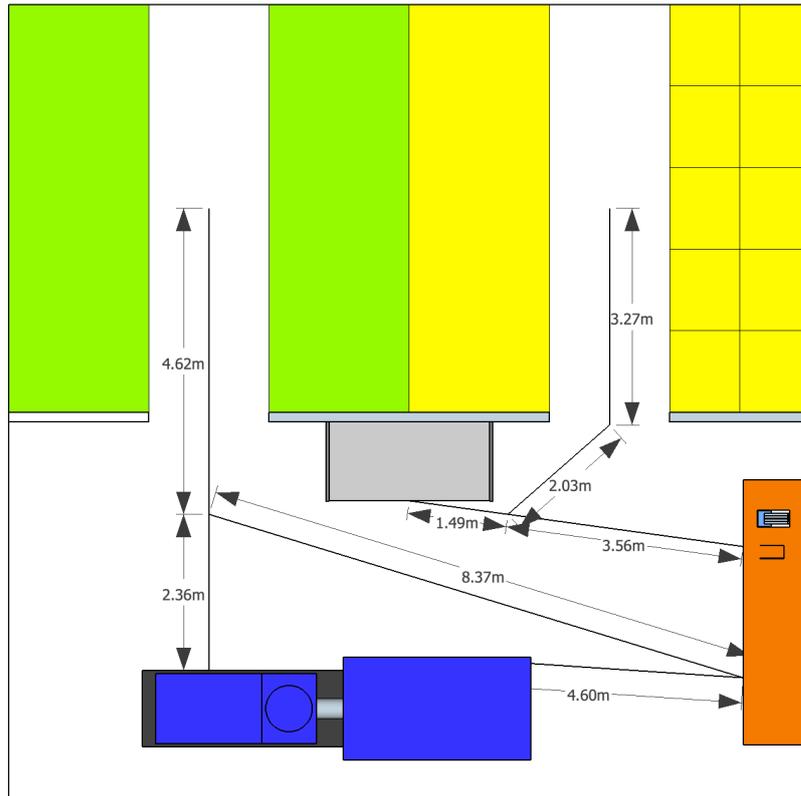


Figura 5-23: Vista superior del lay out B con distancias de movimiento de materiales.

	Lay Out A	Lay Out B	Masa	MxD A	MxD B
Movimiento 1	6.97 m	6.97 m	705 g	4,914	4,914
Movimiento 2	4.37 m	12.99 m	472 g	2,063	6,131
Movimiento 3	2.55 m	4.60 m	705 g	1,798	3,243
Movimiento 4	2.91 m	5.05 m	1,177 g	3,425	5,944
Movimiento 5	5.44 m	6.79 m	1,177 g	6,403	7,992
			Totales	18,602	28,224

Tabla 5-20: Análisis de masas por distancias.

Se ve claramente que el lay out A es superior. Las distancias son mínimas debido a que el lay out tiene la forma de “U” y los distintos procesos se llevan a cabo de forma paralela, por lo que prácticamente el material no recorre dos veces ninguna distancia.

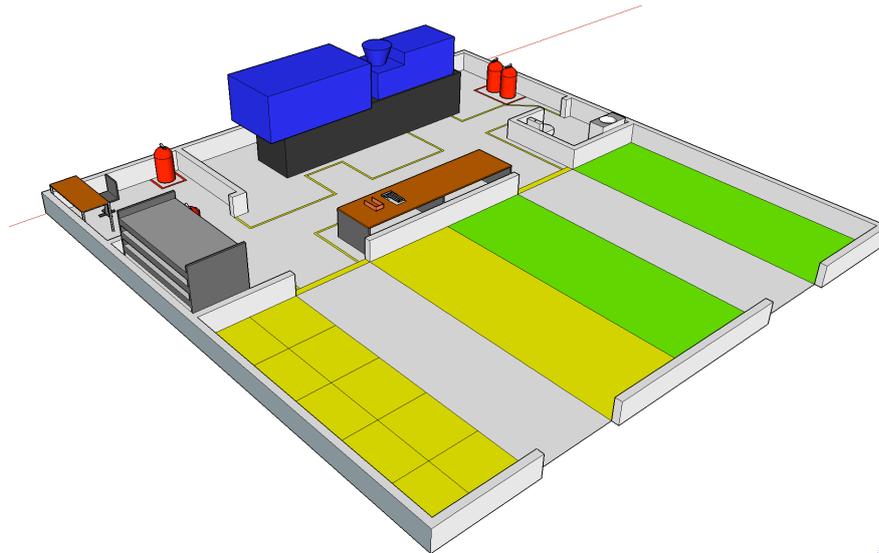


Figura 5-24: Vista isométrica del lay out seleccionado, completo con baño, oficina, matafuegos y demarcaciones en el suelo.

5.2 – Análisis Comercial

5.2.1 – Calculo del Costo de la Teja

Si tenemos en cuenta los volúmenes de materiales vistos para el calculo de movimiento de masas del lay out y los precios vistos en la selección de materiales, se tiene que el costo de materias primas de una teja es de:

Costo MP	Masa / Un.	Costo
Cuerpo te teja	705 g	\$10.93
Resina Epoxi	450 g	\$63.90
Celdas Solares	2 u	\$50.24
Inversor	1/30 u	\$36.27
Cable	1 m	\$1.50
Total		\$162.83

Tabla 5-21: Costo de MP de la teja, consumidor final.

Se calculara además un costo aproximado de fabricación, para el calculo del precio de venta, asumiendo los siguientes puntos:

- Inicialmente se tendrán dos operadores
- Una sola persona en administración
- Seguros de planta
- Mantenimiento tercerizado
- Energía

- Planta al 80% de capacidad, 90 tejas por día, 2.880 tejas por mes.

Para el cálculo de sueldos de operadores, se recurre a la escala salarial del gremio del plástico. Según el proceso ya visto, se necesitara un operador calificado para la inyectora y un operario para la aplicación de epoxi. Los valores hora de estas dos posiciones es \$90,01 y \$74,26 respectivamente⁷⁰. Tomando un mes modelo de 22 días hábiles, con 8hs trabajadas por día, los sueldos son de \$15.842 y \$13.070. Sin embargo, para el cálculo del costo para la empresa, se le debe sumar un 50%⁷¹. Esto da que el costo total de sueldos de planta es de \$43.368,-. El sueldo administrativo se establece en \$30.000, con lo cual el costo para la empresa es de \$45.000.

Para el seguro de planta, se consideran los siguientes valores: Maquinaria USD 33.000,- * 15,5 AR\$/USD = AR\$ 511.500. Nave industrial a razón de AR\$ 11.960,- por m²⁷², Es decir, 12*12*11.960,- = AR\$ 1.722.240,-. Terreno USD 87.000,- * 15,5 AR\$/USD = AR\$ 1.348.500,-. Total AR\$ 3.582.240,-. El costo de asegurar una planta del rubro plástico de ese valor es de AR\$ 3.800,- por mes.

Para el cálculo de energía, se toma el consumo principal que es la inyectora y se le agregara un 10%. El consumo medio de una inyectora de plástico es de 3 kWh/kg procesado⁷³. 2.880 tejas a 705g cada una da un total de 2030kg procesados al mes. Esto da un consumo aproximado total de 6090kWh mensual. Según Edenor, este consumo corresponde a una tarifa 1-G3, es decir, potencia menor a 10kW y consumo mayor a 4000kWh. Esta tarifa corresponde a un cargo fijo de \$160 y un variable de \$1,821 por kWh⁷⁴. Es decir que el costo mensual de energía es de \$160 + 6.700 kWh * 1,821 \$/kWh = 12.360,7

Para el cálculo de mantenimiento, se consideran 10hs mensuales de trabajos. Siguiendo la escala salarial del plástico, un oficial de mantenimiento cobra \$104.10 por hora, por lo que 5hs serian \$1.041. Sin embargo, al ser un trabajo tercerizado, ese no es el costo real. Asumiendo que la empresa que terceriza el servicio cobra un 100% por sobre la hora de trabajo, el costo mensual de mano de obra mantenimiento es de \$2.082. A esto debemos sumarle un aproximado de piezas de maquina y consumibles. Asumimos que este costo es igual al de mano de obra, por lo que el costo total de mantenimiento mensual es de \$4.164.

Queda entonces como costo de fabricación:

Tejas para el Aprovechamiento de la Energía Solar

	Costo Mensual
Mano de Obra	\$43,368
Administración	\$45,000
Mantenimiento	\$4,164
Energía	\$12,361
Seguros	\$3,800
Total	\$108,693
Por Teja (2880 u/mes)	\$37.74

Tabla 5-22: Costo de fabricación total y unitario por teja (80% de capacidad)

Discriminando el IVA del costo de materia prima y considerando el costo de fabricación unitario calculado, una teja fotovoltaica tiene un costo unitario de \$172,31 + IVA. Agregando un margen de ganancia del 30%, el costo para el consumidor final es de \$270.

Teniendo en cuenta que una teja francesa común cuesta aproximadamente entre 30⁷⁵ y 50⁷⁶ pesos y ambas tienen un factor de cobertura similar de 14 un/m², se ve claramente que el costo de la teja fotovoltaica es bastante mayor. Estamos hablando entonces de que una teja fotovoltaica cuesta aproximadamente 6 veces lo que una teja francesa común. La gran diferencia, es que a lo largo del tiempo, la generación eléctrica disminuye costos, por lo que el propio techo se paga solo.

Por otro lado, una teja puente o una teja sin paneles es muy barata, ya que el costo de MP es de solo \$9 + IVA, por lo que se puede considerar que el precio de venta final es de AR\$70, apenas mas caro que una teja francesa común.

5.2.1 – Segmentación y Targeting

El cliente que vaya a instalar un techo con celdas fotovoltaicas es alguien que debe cumplir dos requisitos. El principal es tener un ingreso que le permita no solo edificar su propia casa, sino también invertir en un techo mas caro que un estándar. Por otro lado, la conciencia ambiental es también un requisito deseable en el cliente.

Primero se hará un análisis para determinar que ingreso familiar permite una inversión mayor al momento de construir una casa. Se asume lo siguiente:

- Familia modelo de 4 integrantes
- Vivienda individual
- 3 cuartos, 2 baños, garaje, living, cocina y comedor

Una casa de las características mencionadas anteriormente tiene aproximadamente 153m²⁷⁷, la cual es para un terreno de aproximadamente 465 m². Teniendo en cuenta que el precio por m² de construcción es de AR\$

17.472,-⁷⁸ y que un terreno en una zona media/alta vale aproximadamente AR\$ 3.800,-⁷⁹ el m², el costo total del terreno y la edificación es de AR\$ 4.455.716,-.

Para el cálculo de la cantidad de tejas fotoeléctricas, se considera un consumo mensual para la casa de 1000 kWh. Como se vio anteriormente en el capítulo 5.1.3, con el techo a 30° y apuntando al norte se tiene una radiación incidente anual promedio de 4,97 kWh/m²/día. Teniendo en cuenta que cada teja produce 9,4 W bajo una radiación incidente de 1 kW/m², en un día produciría 46,72 Wh. También hay que tener en cuenta la orientación, ya que si recordamos, un corrimiento de +/- 30° del norte puede generar una pérdida de eficiencia de hasta un 23%. Tomamos entonces un caso intermedio, con una pérdida del 11,5%. La casa necesitaría entonces 806 tejas para cubrir el consumo mensual. Hay que recordar que este valor es calculado con la radiación incidente anual promedio, por lo que durante los meses de verano se entregara potencia a la red y durante los meses de invierno se tomara potencia de la red.

Ahora, para el cálculo de la inversión en tejas fotovoltaicas, asumimos 14 tejas por metro cuadrado y una inclinación de techo de 30°. Debido al ángulo, cada metro cuadrado cubierto representa realmente $1/\cos(30^\circ) = 1.155$ metros cuadrados de techo. Es decir, los 153 m² cubiertos de la casa representan 176,7 m² de techo, lo que representa 2.473 tejas. Asumiendo un costo promedio de una teja común de AR\$ 40, el costo de un techo común es de AR\$ 98.920,-.

Teniendo en cuenta que el precio de la teja fotoeléctrica es de AR\$270 y la teja sin conexión cuesta AR\$60, el mismo techo con 806 tejas fotoeléctricas y 1667 tejas sin conexión costaría AR\$ 334.310,-. Es decir, la inversión extra es de aproximadamente AR\$ 235.000, lo que representa un 5,3% del costo total.

Siguiendo el ejemplo, 806 tejas generan 1000 kWh/mes o 33 kWh/día. El costo de un kit solar con una capacidad 17 kWh/día es de AR\$ 119.900⁸⁰, por lo que 34 kWh/día tendrían un costo de AR\$ 239.800. Es decir que las tejas fotovoltaicas son mas baratas que la compra de una potencia similar en paneles solares estándares. Además de esto, cuando se utilizan los paneles tradicionales, hay un costo extra de instalación, ya que se instala el techo de teja común y luego los paneles, por lo que el costo es aun mayor.

5.2.2 – Estimación del Mercado y Demanda

Del análisis anterior surge que el cliente objetivo es el que es capaz de hacer una inversión de AR\$ 4.690.000. Asumiendo que se cubre un 70% con un crédito a 20 años, la inversión inicial es de AR\$ 1.400.000 y se financian ARS\$ 3.290.000. Para simplificar el cálculo, se asume que la inversión inicial se

ahorra mensualmente a un valor igual al de la cuota del préstamo. De esta forma, se obtiene el valor mensual que debe erogar la familia, que sumado al costo de vida da como resultado el ingreso mínimo familiar capaz de sostener la inversión.

Para la financiación se busca un crédito hipotecario, ya que son los de menor tasa para la construcción de viviendas. Se eligen dos bancos, el Banco Galicia y Banco Santander Río, y se corren simulaciones para el cálculo del préstamo. El Banco Galicia solicita un ingreso mínimo de AR\$ 86.300 para financiar un monto de AR\$ 3.296.000, con una cuota inicial de AR\$ 21.750⁸¹. El Banco Santander Río solicita un ingreso mínimo de AR\$ 89.000 para financiar un monto de AR\$ 3.293.000, con una cuota inicial de AR\$ 21.646⁸². Tomando un promedio de las primeras cuotas, para el ahorro de los AR\$ 1.400.000 que no serán financiados se toman 64 meses o aproximadamente 5 años y medio. Es decir, la familia deberá ahorrar durante 5 años y medio y luego pagar durante 20 años el crédito por la casa.

Se ve entonces que las familias capaces de invertir en una casa y poder instalar un techo con tejas solares necesita un ingreso de entre AR\$ 86.300 y AR\$ 89.000 (U\$D 5.400), según los préstamos en los bancos de referencia. Si estudiamos la pirámide de nivel socioeconómico de Argentina, vemos que este número es muy similar al que se considera como sueldo de corte del nivel ABC1. Este fue de AR\$ 72.500 en 2016⁸³, por lo que ajustado por la inflación⁸⁴, da un valor actualizado de AR\$ 92.400 (U\$D 5.600).

Se considera entonces que el cliente objetivo es el perteneciente al nivel socioeconómico ABC1, al que pertenece el 5% de la población del país. Asumiendo la familia modelo de 4 integrantes, teniendo en cuenta que la población del país es de 44.000.000 (estimada al 2017) de habitantes y un 5% pertenece al nivel ABC1, la cantidad de familias que cumplen con los requisitos establecidos es de 50.000.

Se tienen en cuenta dos factores para el cálculo de potenciales clientes dentro de las familias ABC1. Por un lado la renovación debido al crecimiento etario. Es decir, una familia hoy tiene hijos, en 30 años estos hijos tendrán sus familias. Por otro lado, se da el crecimiento demográfico, que siguiendo el ejemplo anterior, una sola familia hoy tiene dos hijos, en un futuro esos hijos tendrán dos familias.

Si asumimos que hoy en día la edad promedio para formar una familia es de entre 30 y 35 años, podemos pensar que cada 32,5 años debe haber una nueva casa construida. Esto se traduce en 1.538 nuevos hogares anualmente. Desde el punto de vista demográfico, la tasa de crecimiento poblacional total de Argentina es de 0,93%⁸⁵ anual. Esto significa que cada año hay 465 nuevas familias. Aunque es real que muchas nuevas familias compran casas hechas o

alquilan una vivienda, otras tantas familias construyen y/o se mudan mas de una vez. Debido a estos dos fenómenos contrapuestos, se asume que cada nueva familia construye una casa y es por ende potencial cliente. Tenemos entonces un mercado potencial anual de 2000 nuevas casas construidas.

Se estima que, inicialmente, la demanda será baja, ya que es un producto nuevo y no probado. Se prevén dos casas para el primer trimestre, tres casas para el segundo trimestre, cuatro para el tercero y cinco para el cuarto trimestre del primer año. Este año es también muy importante para poder recolectar la mayor cantidad de información y experiencia posible en cuanto al producto, para hacer las mejoras y rediseños pertinentes. Este periodo del ciclo de vida del producto es el conocido como introducción, que es el periodo inicial donde se da a conocer el producto y las ventas son bajas.

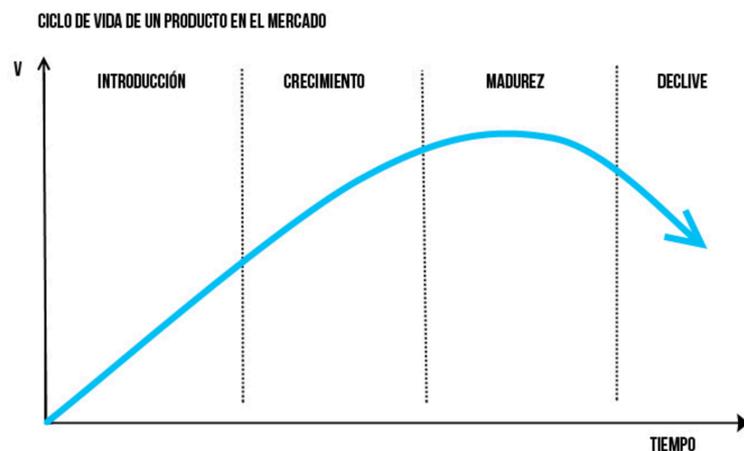


Figura 5-25: Ciclo de vida de un producto, Ventas vs Tiempo⁸⁶.

Luego viene el periodo de crecimiento, donde en poco tiempo hay una suba importante de las ventas. Este periodo se asume en 3 años, hasta alcanzar un 5% del mercado objetivo (100 casas anualmente). Finalmente, la madurez se da a los 5 años, alcanzando un 8% del mercado objetivo (160 casas anualmente).

Se podría considerar que el producto tiene una madurez estable, no entra en declive de forma pronunciada. Esto se debe, entre otros factores, a que no es un producto de consumo masivo o consumible. No esta relacionado a una moda o novedad, sino a tecnologías sustentables que son el futuro de la generación de energía. Podrán haber rediseños y distintos modelos, pero en esencia el producto permanecerá en el mercado de forma estable, por lo menos en el mediano plazo.

Demanda

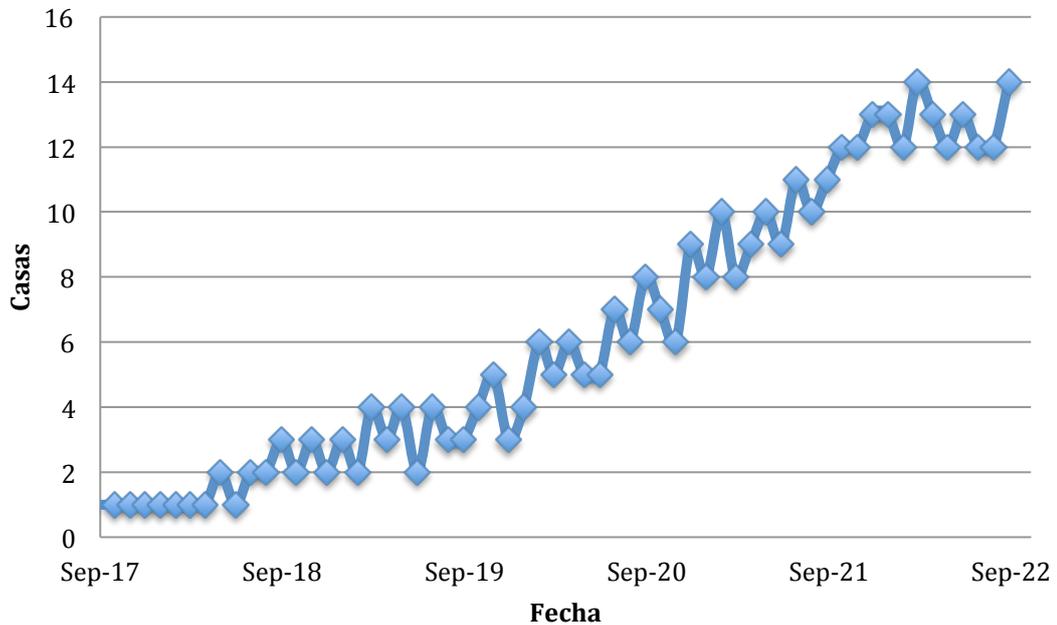


Grafico 5-1: Demanda (en cantidad de casas por mes) durante los primeros 5 años, luego se estabiliza a un promedio de 160 casas anuales.

Como vimos anteriormente, una casa estándar tiene 806 tejas fotovoltaicas y 1.667 tejas comunes, 2.473 en total. Ahora, según el cálculo de producción, tomando la inyectora como cuello de botella, se tiene que con un turno productivo y una inyectora, se pueden producir 3200 tejas mensuales. Esto significa que durante el primer año, con una inyectora se podrá mantener el mercado atendido, pero cuando haya ventas de más de 4 casas por trimestre, se deberá agregar un nuevo turno o comprar una nueva inyectora.

Se establece entonces que de necesitarse, habrá hasta dos turnos por día. Excedido ese límite, se adquirirán inyectoras, siempre teniendo en cuenta que serán adquiridas con un mes de anticipación a la demanda, para evitar roturas de stock. Atado a la cantidad de inyectoras y tiempo también va la mano de obra. Dado que cada inyectora puede trabajar como una unidad funcional con dos personas, se asume que cada inyectora adicional supone la incorporación de dos operarios nuevos.

Sumado a esto, por cada nueva inyectora se contratara una nueva persona asignada a administración. Esta persona ira cubriendo puestos dentro de la compañía a medida que crece. Puede ser personal contable, comercial o de gestión de producción, según los requerimientos de la compañía en el momento.

5.2.3 – Ventajas Competitivas

Las tejas fotovoltaicas tienen varias ventajas competitivas en comparación con una instalación de generación solar común. Las dos más importantes son:

- Inversión
- Instalación
- Estética

Como se vio anteriormente, la inversión necesaria para la instalación de un techo con tejas fotovoltaicas es menor que la instalación de paneles en un tejado ya existente. Esta ventaja es realmente significativa si tenemos en cuenta que la inversión en generación solar representa un 5% del valor total del terreno y casa.

Desde el punto de vista de la instalación, no solo es más barata, sino que demora menos tiempo. Durante la construcción, las tejas deberán ser colocadas ya sean tejas comunes o fotovoltaicas. Esto significa que el costo de instalación de un techo fotovoltaico es prácticamente 0, ya que es una inversión que debe hacerse de una forma u otra. Además de el costo, no se requiere tiempo extra como en el caso de instalar paneles sobre el techo. En este caso primero debe completarse el techo y luego hacer la instalación de los paneles.

Finalmente, una fuerte ventaja es la estética. Los paneles comunes quedan muchas veces fuera de lugar sobre un techo y mucha gente está en contra solamente por razones estéticas. Sobre un techo de tejas cerámicas, los paneles oscuros quedan fuera de tono y al ser rectangulares, no siguen las líneas arquitectónicas de la casa. Esto es totalmente contrario en un techo con tejas fotovoltaicas. Debido al pequeño tamaño de la teja, se puede armar un tejado común, sin que quede fuera de tono o línea ninguna parte de todo el techo.

5.2.4 – Modelo de Negocios

Para el armado del modelo de negocios, se armó un Canvas o Lienzo de Modelo de Negocios.

- Socios Clave
 - Constructoras: Posibilidad de compartir ingreso
 - Gobierno: Posibilidad de generar algún tipo de acuerdo dada la generación de energía renovable.

Tejas para el Aprovechamiento de la Energía Solar

- Centro de Desarrollo Social e Innovación: Banco Interamericano de Desarrollo - Entidades de desarrollo social con smart cities, etc
- Generadoras Eléctricas
- Actividades Clave
 - I&D: Muy importante dentro del ambiente tecnológico.
 - Posicionamiento: Publicidad, branding
 - Comercialización: Logística, impo/expo, etc
- Propuestas de Valor
 - Bajar tu boleta de electricidad: Capacidad de producir tu propia energía, pagando menos por el servicio o directamente ganando plata (dependiente de la legislación)
 - Sentirte bien porque aportas al medio ambiente
 - Acceso a fuente de energía renovable que es eco-friendly
 - Diferenciación/distinción social por el consumo: El techo de la casa se ve y es una declaración de la visión hacia el mundo y la sustentabilidad de sus ocupantes
- Relaciones con Clientes
 - Venta directa: Contacto directo con familias/clientes que quieren comprar el producto
 - Post Venta: Servicios de mantenimiento, actualización de tecnología, etc
 - Venta B2B: Posibilidad de venta a constructoras o a través de constructoras
- Segmentos de Clientes
 - Familias: Clase ABC1 que viven en casas unifamiliares
 - B2B: Constructoras, barrios privados, etc
- Recursos Clave
 - Producto: Durabilidad, calidad, confiabilidad, estética, etc
 - Patentes: Generación de patentes sobre el producto
 - Fondo: Necesidad de fondo por ser hardware
- Canales
 - Familias: Revistas de negocios/diseño
 - B2B: Reuniones, visitas comerciales

- Canales directos: Ads Digitales, Social Media, etc
- Estructura de Costos
 - Fabricación: Costo de comenzar la producción - Fabrica, maquinarias, etc. Posibilidad de tercerizar parte/toda la producción
 - Sueldos de empleados
- Fuentes de Ingresos
 - Ventas directas de tejas/techos: Ganancia directa por venta de producto
 - Ganancia porcentual de la producción de energía: Posibilidad de generar ingresos sostenidos en el tiempo

5.2.5 – Estrategia Comercial

Siguiendo el modelo de negocios, la estrategia comercial se centra principalmente en el branding o construcción de marca. Este se basa en cinco elementos:

- Naming: Es el nombre propiamente dicho de la empresa. SonnenKraft. La utilización de palabras en alemán generan en el cliente una percepción de solidez y calidad.
- Identidad Corporativa: Esta se basa sobre las energías renovables, la ecología y la visión a futuro.
- Posicionamiento: Se busca que el consumidor vea a la marca y el producto como de primera calidad, de avanzada. Es de especial importancia el posicionamiento debido al nivel socioeconómico al que pertenece el cliente objetivo. El nivel ABC1 es el mas exigente, pero a su vez un correcto posicionamiento es mas efectivo que con otro target.
- Lealtad de Marca: Es un concepto mas difícil de desarrollar en este caso, ya que no hay competidores directos. Sin embargo, generando un excelente producto y siendo los primeros en introducirlo al mercado, se generara una lealtad a la marca al momento de que surjan competidores.
- Arquitectura de Marca: Concepto relacionado mas que nada a la diferenciación e identidad de varias marcas dentro de un mismo grupo. En el caso de la teja fotovoltaica, es un monoproducto por lo que inicialmente se relegara la arquitectura de marca por falta de aplicación.

Una vez establecido el branding, se deberán trabajar las 5 p de la mercadotecnia para establecer la estrategia comercial de la compañía. Parte de estas ya fueron tratadas previamente, por lo que simplemente se dará una breve descripción.

- **Producto:** Es la teja fotovoltaica, la cual atiende un mercado de nicho preexistente pero ofreciendo una mejor solución a las existentes actualmente.
- **Personas:** Se estableció como cliente objetivo el perteneciente a un nivel socioeconómico ABC1.
- **Precio:** Ya quedo establecido el precio de venta es muy bueno, incluso mejor que la competencia, ofreciendo un producto superior.
- **Plaza:** Existen dos canales de distribución importantes. Por un lado la llegada directa al cliente y por otro lado la llegada a través de un socio clave. Existen dos grandes posibilidades, por un lado las constructoras y por otro los arquitectos. Muchas veces los clientes delegan la totalidad del trabajo, incluyendo selección de materiales, al arquitecto y/o constructora. Es por es que es de suma importancia lograr socios clave dentro de estos rubros.
- **Promoción:** Es un punto muy importante ya que la empresa es nueva y debe darse a conocer. Hoy en día, los canales mas fuertes de publicidad son los relacionados a internet. Ya sea publicidad en redes sociales o a través de Google Adworks, hoy en día internet tiene una llegada mucho mayor que el resto de los medios. A esto se le suma el hecho de que el producto esta relacionado con el avance de la tecnología, la sustentabilidad y el concepto de “lo que se viene”, lo cual lo hace muy relacionado también a internet y la asociación de “lo nuevo”.

5.3 – Estudio Económico – Financiero

Para poder definir si el proyecto es rentable en el corto, mediano y largo plazo se debe hacer el análisis económico financiero pertinente. En este estudio se tomaran en cuenta todas las variables internas ya definidas en el proyecto, como costos de materias primas y precios de venta, como así también variables exógenas como riesgo país y rendimientos libres de riesgo.

Para el análisis de factibilidad económico-financieros, se tomaron todos los datos recabados durante la investigación y se proyectaron a diez años. Además de esto, se asume lo siguiente:

- Un stock inicial de MP de dos meses de producción.

- Un aporte de capital de USD 80.000 al inicio del proyecto y un segundo aporte de USD 80.000 a los 10 meses.
- Un préstamo de USD 170.000 al inicio del proyecto, proveniente del Banco Nación, lo que da una estructura de capital inicial de aproximadamente 70% deuda, 30% capital.
- Toda la proyección se hace en USD actual.
- Los primeros 5 años son proyectados de forma mensual y los segundos 5 años de forma anual.

5.3.1 – Estudio Económico

Uno de los puntos mas importantes a la hora de hacer el análisis de viabilidad de un proyecto es saber cual es la tasa de descuento o la tasa que rendiría la inversión en el sistema financiero. Lo que da es referencia del coste de oportunidad del dinero.

Por un lado se tiene el costo de la deuda y por otro el costo del capital, el cual esta comprendido por dos partes. Por un lado la tasa libre de riesgo y por otro la prima de rendimiento de la bolsa. La tasa libre de riesgo se calcula sumando dos componentes, por un lado la tasa libre de riesgo de EEUU, considerada la economía mas grande y con posibilidad nula de entrar en default, y por otro lado un factor de ajuste por estar en Argentina. Este factor de ajuste es el conocido como riesgo país. Este se mide en puntos y 100 puntos representan un 1% por sobre la tasa de EEUU. Como el flujo que se proyecto se armo en dólares reales, para la tasa libre de riesgo se tomaron como referencia los TIPS (Treasury Inflation Protected Securities) que tienen un valor de 0,518% a 10 años⁸⁷. Se toma este periodo ya que es el periodo de análisis.

Para el calculo, se tomo de referencia el índice preparado por JP Morgan, banco de inversiones de EEUU que prepara el índice EMBI+, que indica el riesgo país de los distintos países. Tomando valores diarios del riesgo país argentino del último año, se hizo un promedio pesado, asignándole un peso del 70% a los 6 meses mas recientes y 30% a los 6 meses anteriores. Este promedio dio 460 puntos⁸⁸, lo que significa que la tasa libre de riesgo en argentina es de 0,5% por los TIPS mas 4,6%, es decir, 5,1%.

En cuanto la prima de rendimiento de la bolsa, se toma nuevamente un periodo igual al de análisis, 10 años. Este rendimiento en dólares fue de 82,24%⁸⁹, valor que debe ser anualizado. Se calcula una tasa de crecimiento anual compuesto, o CAGR, debido a que esta modera el efecto de retornos volátiles, tan presente en los rendimientos de bolsa. Esta tasa da como resultado un

rendimiento en dólares anual de 6,2%. Sin embargo, este rendimiento anual en dólares es para todas las empresas dentro del Merval. Para ajustarlo al tipo de industria, se corrige con un valor beta, dependiente de la industria. Se toman los valores de beta de construcción (1.18) y de energías renovables (1.14) y se promedian, dando como resultado 1,16⁹⁰. La tasa histórica para este tipo de industria es entonces 6,2% por el beta 1,16, lo que da 7,2%.

Finalmente, para el cálculo del costo del capital, se suman ambas tasas. Esto da una tasa de costo de capital de 12,1%. En cuanto al costo de la deuda, este se calcula como el costo de la deuda financiera en dólares menos el impuesto a las ganancias. Asumiendo un costo medio de endeudamiento de pymes en dólares del 10% y el impuesto a las ganancias del 35%, la tasa del costo de deuda es de 6,5%.

Una vez que se tienen los valores del costo del capital y del costo de la deuda, se calcula la WACC (weighed average cost of capital, coste promedio ponderado del capital). Esta tasa es la que define el coste ponderado del capital, entre deuda y capital propio. Es un cálculo directo, multiplicando el porcentaje de capital según su origen sobre el total y luego multiplicarlo por la tasa correspondiente. Teniendo en cuenta que la tasa de deuda es de 6,5% y del capital es de 12,1%, lo más lógico es apalancar el proyecto con deuda y no capital propio. Es por esto que se decidió que la estructura del capital inicial será de 70% deuda y 30% capital.

Se procedió entonces a armar el cuadro de resultados de la compañía, el análisis del activo fijo y los créditos no renovables. Esta información se muestra anualizada. A los fines prácticos, solo se mostraran en el cuerpo las tablas más relevantes, el resto del análisis formara parte del Anexo 9.4 – Tablas del Análisis Económico-Financiero.

Tejas para el Aprovechamiento de la Energía Solar

	Sep-18	Sep-19	Sep-20	Sep-21	Sep-22	Sep-23	Sep-24	Sep-25	Sep-26	Sep-27
Ingresos por actividades	366,926	713,466	1,304,624	2,201,554	3,098,483	3,261,561	3,261,561	3,261,561	3,261,561	3,261,561
Ingresos operativos netos	366,926	713,466	1,304,624	2,201,554	3,098,483	3,261,561	3,261,561	3,261,561	3,261,561	3,261,561
Costo de bienes vend.	(165,955)	(322,691)	(590,063)	(995,731)	(1,401,399)	(1,475,157)	(1,475,157)	(1,475,157)	(1,475,157)	(1,475,157)
Resultado Bruto	200,970	390,776	714,562	1,205,823	1,697,084	1,786,404	1,786,404	1,786,404	1,786,404	1,786,404
Gastos de ventas										
Mano de Obra	(50,243)	(105,776)	(174,530)	(269,728)	(370,215)	(380,792)	(380,792)	(380,792)	(380,792)	(380,792)
Mantenimiento	(4,824)	(10,156)	(16,758)	(25,898)	(35,546)	(36,562)	(36,562)	(36,562)	(36,562)	(36,562)
Energía	(14,320)	(30,148)	(49,744)	(76,878)	(105,518)	(108,533)	(108,533)	(108,533)	(108,533)	(108,533)
Seguros	(4,402)	(9,268)	(15,293)	(23,634)	(32,439)	(33,366)	(33,366)	(33,366)	(33,366)	(33,366)
Gastos de administración										
Sueldo Admin.	(35,671)	(32,927)	(32,927)	(32,927)	(32,927)	(32,927)	(32,927)	(32,927)	(32,927)	(32,927)
Resultado de las operaciones	91,509	202,501	425,310	776,758	1,120,439	1,194,224	1,194,224	1,194,224	1,194,224	1,194,224
Gastos financieros	26,670	23,018	9,683	0	0	0	0	0	0	0
Gastos extraordinarios										
Stock Inicial	(24,805)	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Resultado antes de IG	93,375	225,519	434,993	776,758	1,120,439	1,194,224	1,194,224	1,194,224	1,194,224	1,194,224
Impuesto a las ganancias	(39,775)	(78,931)	(152,248)	(271,865)	(392,154)	(417,978)	(417,978)	(417,978)	(417,978)	(417,978)
Resultado neto	53,600	146,587	282,745	504,893	728,285	776,246	776,246	776,246	776,246	776,246

Tabla 5-23: Cuadro de resultados proyectado a 10 años, valores en dólares reales.

Inversion en Bienes de Uso	Sep-18	Sep-19	Sep-20	Sep-21	Sep-22	Sep-23	Sep-24	Sep-25	Sep-26	Sep-27
Terreno	87,000									
Inyectora	66,000	0	66,000	33,000	33,000	0	0	0	0	0
Nave Industrial	210,029	0	210,029	105,015	105,015	0	0	0	0	0
Inversion Annual	363,029	0	276,029	138,015	138,015	0	0	0	0	0
Amort. Annual	7,200	10,801	16,651	23,851	32,402	32,402	32,402	32,402	32,402	32,402
Valor Residual	355,829	345,028	604,407	718,570	824,183	791,781	759,379	726,978	694,576	662,174

Tabla 5-24: Evolucion del activo fijo, valores en dolares reales.

	Sep-18	Sep-19	Sep-20
Amortización	0	85,000	85,000
Interés	25,820	22,593	9,683
Gasto Bancario	850	425	0
Total	26,670	108,018	94,683
	0	0	0
Capital Adeudado	170,000	85,000	0

Tabla 5-25: evolucion del credito, valores en pesos

5.3.2 – Análisis de Factibilidad Financiera

El análisis financiero se centra sobre el flujo de fondos y su análisis, para establecer la conveniencia de invertir o no. Para el armado del flujo de fondos se deben establecer todos los ingresos y egresos. Se calcularan el pago de impuestos e IVA y también se arma un cuadro de fuentes y usos. A partir de esto y lo visto anteriormente, se armaran dos flujos de fondos, el del proyecto y el del inversor.

Pago de Impuestos	Sep-18	Sep-19	Sep-20	Sep-21	Sep-22	Sep-23	Sep-24	Sep-25	Sep-26	Sep-27
IG	39,775	78,931	152,248	271,865	392,154	417,978	417,978	417,978	417,978	417,978
Quebranto	(20,267)	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Quebranto Acumulado	(102,354)	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Debito Fiscal después de Quebranto	19,507	78,931	152,248	271,865	392,154	417,978	417,978	417,978	417,978	417,978
Recupero de IVA	(42,281)	0	(20,660)	0	0	0	0	0	0	0
Crédito Fiscal Acumulado IVA	(311,272)	(63,229)	(8,564)	0	0	0	0	0	0	0
Pago a la AFIP	0	56,158	131,588	271,865	392,154	417,978	417,978	417,978	417,978	417,978

Tabla 5-26: Pago a la AFIP, teniendo en cuenta quebrantos, valores en dólares reales.

Teniendo esta información, se puede armar el flujo de fondos del proyecto.

Egresos	Sep-18	Sep-19	Sep-20	Sep-21	Sep-22	Sep-23	Sep-24	Sep-25	Sep-26	Sep-27
Inversión en Activo Fijo	363,029	0	276,029	138,015	138,015	0	0	0	0	0
Delta Activo de Trabajo	1,019	0	2,548	1,529	2,038	(340)	0	0	0	0
Impuesto pagados	35,170	138,220	258,199	503,035	780,711	793,123	793,123	793,123	793,123	793,123
Total Egresos	399,218	138,220	536,777	642,579	920,764	792,784	793,123	793,123	793,123	793,123
Ingresos										
Utilidad antes Imp e Int	93,375	225,519	434,993	776,758	1,201,673	1,194,224	1,194,224	1,194,224	1,194,224	1,194,224
Amortizaciones	7,200	10,801	16,651	23,851	34,652	32,402	32,402	32,402	32,402	32,402
Total Ingresos	100,575	236,319	451,644	800,610	1,236,325	1,226,626	1,226,626	1,226,626	1,226,626	1,226,626
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Flujo Netos	(298,643)	98,099	(85,133)	158,031	315,561	433,842	433,503	433,503	433,503	433,503

Tabla 5-27: Flujo de fondos del proyecto, en dólares reales.

Tejas para el Aprovechamiento de la Energía Solar

Si analizamos los flujos netos, se ve que el primer año tiene un valor negativo grande, principalmente por la gran inversión inicial. El segundo año es positivo, pero el tercer año vuelve a tener un flujo negativo. Esto se debe a que es un proyecto que durante sus inicios, tiene reinversiones constantes para aumentar la capacidad instalada. Un punto a tener en cuenta es que para tener en cuenta es aspecto impositivo de las amortizaciones pero eliminarlas de la utilidad, fueron consideradas como ingresos. El otro flujo de fondos que se proyecto es el del inversor. Es para este flujo que primero se arma el cuadro de fuentes y usos.

Fuentes	Sep-18	Sep-19	Sep-20	Sep-21	Sep-22	Sep-23	Sep-24	Sep-25	Sep-26	Sep-27
Saldo ej anterior	1,005,964	2,868,380	4,340,473	8,237,513	16,215,455	1,877,294	2,903,316	3,928,998	4,954,681	5,980,363
Aportes de Capital	160,000	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ventas Créditos No renovables	366,926	713,466	1,304,624	2,201,554	3,098,483	3,261,561	3,261,561	3,261,561	3,261,561	3,261,561
Total Fuentes	1,702,890	3,581,846	5,645,098	10,439,067	19,313,938	5,138,855	6,164,877	7,190,559	8,216,242	9,241,924
Usos										
Inversión Activo Fijo Delta Activo de Trabajo	363,029	0	276,029	138,015	138,015	0	0	0	0	0
Costo total de lo vendido	1,019	0	2,548	1,529	1,529	(340)	0	0	0	0
Impuesto Pagados Cancelación de Deuda	165,955	322,691	590,063	995,731	1,401,399	1,475,157	1,475,157	1,475,157	1,475,157	1,475,157
	35,170	138,220	258,199	503,035	726,488	793,123	793,123	793,123	793,123	793,123
	0	85,000	85,000	0	0	0	0	0	0	0
Total Usos	565,173	545,911	1,211,839	1,638,310	2,267,431	2,267,941	2,268,280	2,268,280	2,268,280	2,268,280
Fuentes-usos	1,137,716	3,035,935	4,433,258	8,800,757	17,046,507	2,870,914	3,896,597	4,922,279	5,947,961	6,973,644
Amortizaciones	7,200	10,801	16,651	23,851	32,402	32,402	32,402	32,402	32,402	32,402
Saldo Acumulado	1,144,917	3,046,735	4,449,909	8,824,609	17,078,909	2,903,316	3,928,998	4,954,681	5,980,363	7,006,046
Saldo del ejercicio	138,953	178,356	109,436	587,095	933,787	1,026,022	1,025,682	1,025,682	1,025,682	1,025,682

Tabla 5-28: Cuadro de fuentes y usos, valores en dólares reales.

Egresos	Sep-18	Sep-19	Sep-20	Sep-21	Sep-22	Sep-23	Sep-24	Sep-25	Sep-26	Sep-27
Aportes de Capital	160,000	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total Egresos	160,000	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ingresos										
Saldo de Fuentes y Usos	138,953	178,356	109,436	587,095	933,787	1,026,022	1,025,682	1,025,682	1,025,682	1,025,682
Total Ingresos	138,953	178,356	109,436	587,095	933,787	1,026,022	1,025,682	1,025,682	1,025,682	1,025,682
Flujo Netos	(21,047)	178,356	109,436	587,095	933,787	1,026,022	1,025,682	1,025,682	1,025,682	1,025,682

Tabla 5-29: Flujo de fondos del inversionista, en dólares reales.

5.3.3 – Criterios de Evaluación de Proyectos

Se calcula el valor actual neto (VAN), la tasa interna de retorno (TIR), distintos índices pertinentes y luego se ejecuta un análisis de sensibilidad de variables críticas al proyecto. El VAN es el valor actual neto de una inversión. La forma de calculo viene dada por:

$$VAN = \sum_{t=1}^n \frac{V_t}{(1+k)^t} - I_0$$

Figura 5-26: Formula de calculo del VAN⁹¹.

Donde I_0 es el desembolso inicial, V_t representa el flujo de fondos del periodo t y k la tasa. Este valor permite estimar el valor presente de un flujo de fondos durante una N cantidad de periodos. De esta forma, se puede tener una variable de análisis cuantificable para ver si un proyecto es mas o menos rentable frente a una inversión sin riesgo, la que se define con tasa de retorno k . Dado esto, un VAN mayor a 0 significa que la inversión rendiría mas que una inversión sin riesgo. Es por esto que es importante la tasa que se define como tasa a riesgo 0.

En el proyecto, se utilizo como tasa el WACC, variable anualmente. Esta tasa depende de la estructura de capital, el costo de la deuda y el costo de capital. Una vez calculada la WACC anual para los 10 años, se calculan los VAN del proyecto y del inversor.

	Sep-18	Sep-19	Sep-20	Sep-21	Sep-22	Sep-23	Sep-24	Sep-25	Sep-26	Sep-27
Deuda Bancaria / PN	48%	25%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Deuda Que paga Int.	170,000	85,000	0	0						
Inversión	355,829	345,028	604,407	718,570	824,183	791,781	759,379	726,978	694,576	662,174
WACC	9.43%	10.73%	12.12%	12.12%	12.12%	12.12%	12.12%	12.12%	12.12%	12.12%

Tabla 5-30: Valor año a año de la WACC, valor de deuda e inversión en dólares reales.

El VAN a 10 años del proyecto es de USD 908.421,- y el del inversor es de USD 3.254.394,- . En ambos casos es positivo, por lo que el proyecto rinde mas que el costo de capital asociado y el inversor obtiene mayor ganancia que el costo de oportunidad.

Evolución del VAN del Proyecto

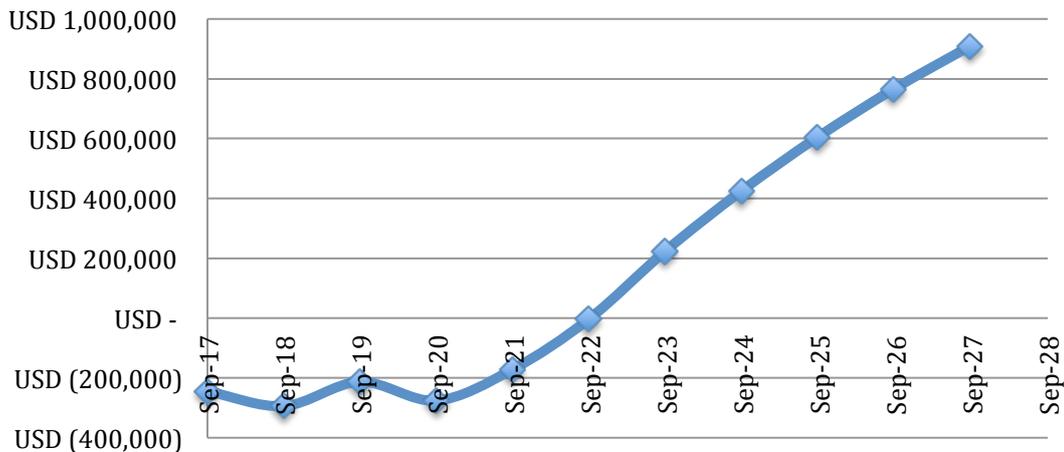


Grafico 5-2: Evolucion del VAN del proyecto

La TIR o tasa interna de retorno, es la tasa a la cual el valor actual neto de un flujo de fondos se anula. Esta tasa esta relacionada a la rentabilidad del proyecto, cuanto mayor es la TIR, mayor es la rentabilidad del proyecto. En este caso, el proyecto tiene una TIR del 39,5%. Una conclusión es que el proyecto es muy rentable, ya que tiene una tasa interna de retorno varias veces mayor al costo del capital. En el caso del inversionista, esta tasa se llama TOR, tasa de rentabilidad del capital inversor. Para el inversionista, la TOR es de 202,1%.

El índice de rentabilidad se calculo dividiendo la suma de todos los ingresos actualizados por la suma de todos los egresos actualizados. Lo que permite ver es cuantos dólares tendré de retorno por cada dólar erogado, todo a valores actualizados. Este índice dio, a 10 años, un valor de 3,39. Este valor muestra que el proyecto es tremendamente rentable y se condice con el alto valor de TIR.

Luego se procedió a calcular el periodo de repago simple y con actualización. El periodo simple es de 4,81 años, mientras que si se actualiza el flujo utilizando la WACC año a año, este periodo es de 8,31 años. En el primer caso, los 4,81 años, representan el tiempo que tarda el proyecto en devolver toda la inversión. En el caso del periodo con actualización, lo que se calcula es el tiempo que tarda el proyecto en devolver la inversión, mas el tiempo que tarda el proyecto si al momento inicial el capital se invirtiera al coste de oportunidad. Dicho en otras palabras, representa el periodo que tarda el proyecto en ser mas rentable que una inversión al coste de oportunidad.

Se ve claramente que es un proyecto altamente rentable. Con un VAN positivo y una TIR a 10 años de 39,5%, esta muy por encima del coste del capital. Esto

le permite poder pagarse en poco tiempo, aun cuando la estructura de capital inicial esta compuesta por un 70% de deuda.

5.3.4 – Análisis de Sensibilidad

Luego de proyectado el modelo estático, una parte critica es el análisis de sensibilidad ante distintas variables. De esta forma se puede ver que tan expuesto esta el proyecto a variaciones de precios, tipo de cambio y otras tantas variables. Primero se calcula el valor total a perpetuidad, asumiendo un crecimiento anual del 1%. Este se da haciendo la suma del flujo de fondos del proyecto y sumándole el valor terminal. El valor terminal viene dado como el flujo de fondos del ultimo año, por 1 mas la tasa de crecimiento a perpetuidad y todo esto dividido la WACC del ultimo año menos la tasa de crecimiento a perpetuidad. El valor total a perpetuidad es entonces de USD 2.121.686,-.

MM USD		Tipo de Cambio			
		USD 15.40	USD 16.40	USD 17.40	USD 18.40
Variación de COE	-2%	3.20	2.85	2.54	2.26
	-1%	2.76	2.45	2.18	1.94
	0%	2.39	2.12	1.88	1.67
	1%	2.09	1.85	1.64	1.45
	2%	1.84	1.63	1.44	1.26

Tabla 5-31: Tabla de sensibilidad, variación del tipo de cambio vs variación del COE (cost of equity, costo del capital) Valores en MM USD.

En esta tabla se ve la variación del valor final, en base a la variación del tipo de cambio y la variación del COE (cost of equity, costo del capital). Lo que se ve es que cuanto mayor es el tipo de cambio, menor es el costo final. Esto significa que una devaluación impacta negativamente en el proyecto. Esto tiene lógica ya que los precios de venta son en pesos, mientras que parte de la materia prima esta en dólares. Una devaluación disminuye el margen bruto y por ende el valor final. Por otro lado, vemos que una caída en el costo del capital aumenta el valor final del proyecto. De esta forma, puede entenderse que si hay devaluación, pero el costo del capital cae, se puede mantener el valor final del proyecto.

Tejas para el Aprovechamiento de la Energía Solar

MM USD		Tipo de Cambio			
		USD 14.40	USD 16.40	USD 18.40	USD 20.40
Delta P Venta	-10%	1.65	1.20	0.84	0.56
	-5%	2.17	1.66	1.26	0.93
	0%	2.70	2.12	1.67	1.30
	5%	3.23	2.58	2.08	1.68
	10%	3.76	3.05	2.49	2.05

Tabla 5-32: Tabla de sensibilidad, variación del tipo de cambio vs variación del precio de venta. Valores en MM USD.

En este caso, se cruza la variación del tipo de cambio con la variación del precio de venta. Como se vio anteriormente, una devaluación empeora el valor de la compañía porque más allá de que la compañía trabaja en pesos, los precios de venta están en pesos y hay costos en dólares. Sin embargo, en el caso de que haya una devaluación, se podría considerar un aumento de precios en pesos, ya que toda devaluación trae aparejada cierta inflación.

En el cuadro de sensibilidad se tomaron devaluaciones desde 16,40 AR\$/USD hasta 18,40 AR\$/USD y 20,40 AR\$/USD. Estas variaciones de tipo de cambio son de 12% y 24% respectivamente. Sin embargo, si se ven los valores de tabla, un aumento de los precios puede lograr los mismos valores finales de la compañía. Una devaluación del 12% requiere una subida del 5% de los precios y en el caso del 24%, con una suba del 10% prácticamente se anula la variación.

La conclusión que se puede sacar es que la exposición al tipo de cambio puede ser minimizada subiendo los precios, ya que se necesita un aumento de precios de aproximadamente la mitad de la devaluación. Por otro lado, en el caso de una deflación, se pueden bajar los precios logrando mantener el mismo valor final en dólares.

MM USD		Tipo de Cambio			
		USD 14.40	USD 16.40	USD 18.40	USD 20.40
Delta Ventas	-10%	2.54	2.00	1.59	1.25
	-5%	2.43	1.89	1.48	1.14
	0%	2.70	2.12	1.67	1.30
	5%	2.97	2.34	1.85	1.46
	10%	3.26	2.58	2.06	1.64

Tabla 5-33: Tabla de sensibilidad, variación del tipo de cambio vs variación de las ventas. Valores en MM USD.

Por otro lado, si cruzamos la variación del tipo de cambio con las ventas, el escenario es diferente. Se necesita una suba del 10% de las ventas para mantener el valor final en una devaluación del 12%. Es decir, la suba porcentual de las ventas tiene que ser prácticamente la misma que la devaluación para mantener el valor. Esto es bastante complejo porque el mercado no varía según el tipo de cambio y un aumento muy grande de las ventas trae acarreada una inversión para el aumento de la capacidad productiva.

Viendo estos escenarios, queda claro que ante una devaluación, la mejor estrategia es el aumento de precios en pesos. ya que es más fácil trasladar a precios cuando cambia el tipo de cambio. Mas aun cuando se vio que se necesita una variación mucho menor para mantener los mismos valores finales.

MM USD		Variación Riesgo País			
		-50%	0%	50%	100%
Delta P Ventas	-10%	1.89	1.20	0.79	0.52
	-5%	2.53	1.66	1.14	0.80
	0%	3.18	2.12	1.50	1.09
	5%	3.82	2.58	1.85	1.37
	10%	4.46	3.05	2.20	1.65

Tabla 5-34: Tabla de sensibilidad, variación del riesgo país vs variación del precio de ventas. Valores en MM USD.

Un punto importante a tener en cuenta en Argentina, es la volatilidad de la economía del país. Una variable que puede tener grandes variaciones es el riesgo país. Durante los últimos 10 años ha tenido variaciones mensuales superiores al 50%. Si se ve la tabla 5-34, se ve claramente que un aumento del riesgo país del 50% puede ser equilibrado aumentando el precio de ventas un 10%. Sin embargo, a diferencia de una variación del tipo de cambio, aumentar el precio cuando aumenta el riesgo país no siempre es factible.

Se ve claramente que la variación del riesgo país es una variable crítica al momento de ver la valuación final del proyecto. Sin embargo, el valor final cae al aumentar el riesgo país porque aumenta la WACC. Es decir, el flujo se ve afectado por una tasa de actualización y no por variaciones de volumen. Esto significa que a pesar de que cae en gran medida el valor final, esta caída es financiera y no de flujo, ya que el riesgo país no afecta directamente ningún ingreso ni costo real. Es decir, el riesgo más grande de que se dispare el riesgo país es que caiga la valuación financiera del proyecto, pero no la capacidad real de generar utilidades.

Tejas para el Aprovechamiento de la Energía Solar

MM USD		Delta Ventas			
		-5%	0%	5%	10%
Variación de COE	-2%	2.56	2.85	3.14	3.45
	-1%	2.19	2.45	2.70	2.97
	0%	1.89	2.12	2.34	2.58
	1%	1.65	1.85	2.05	2.26
	2%	1.44	1.63	1.80	1.99

Tabla 5-35: Tabla de sensibilidad, variación de las ventas vs variación del COE. Valores en MM USD.

MM USD		Crecimiento a Perpetuidad			
		0%	1%	2%	3%
Variación de COE	-2%	2.65	2.85	3.10	3.41
	-1%	2.30	2.45	2.63	2.86
	0%	2.01	2.12	2.26	2.43
	1%	1.76	1.85	1.96	2.09
	2%	1.56	1.63	1.71	1.81

Tabla 5-36: Tabla de sensibilidad, variación del crecimiento a perpetuidad vs variación del COE. Valores en MM USD.

El último análisis se centra sobre la variación en el coste de capital frente a la variación del crecimiento de la compañía. A corto y mediano plazo, este crecimiento es representado por las ventas, a largo plazo es directamente el crecimiento a perpetuidad. Lo que demuestra este análisis, es que tanto impacto tiene el crecimiento proyectado, teniendo en cuenta el costo de capital actual y que viabilidad tiene el proyecto si este costo aumenta o disminuye.

A corto y mediano plazo se puede ver que el impacto de la variación del costo del capital es grande y el valor final solo puede ser mantenido con un aumento importante en ventas. Si el COE aumenta un 2%, un aumento de ventas del 10% logra mantener un 94% del valor final.

En el largo plazo, es más difícil lograr mantener valor si aumenta el COE, ya que se estabilizó el mercado y solo se puede seguir creciendo marginalmente. Es por eso que si el COE aumenta un 1%, el crecimiento a perpetuidad debe ser del 3% para mantener el valor. Pero si el COE aumenta un 2%, el crecimiento a perpetuidad debería ser mayor al 3%, lo cual es exigir en exceso al proyecto.

Se puede considerar entonces que la variable de mas riesgo es el costo del capital. Es lógico ya que un aumento del costo de capital hace que el proyecto pierda atractivo frente a una inversión en el mercado financiero, donde se llegarían a rentabilidades similares con menor riesgo.

6 – RESULTADOS Y CONCLUSIONES

Se partió del planteo inicial de la búsqueda de una solución al problema de generación eléctrica. A través del desarrollo del trabajo, se encontró un producto, la teja fotoeléctrica, que cumplía con varios requisitos para poder ser una posible solución. Entre ellos:

- Ser una fuente renovable de energía.
- Lograr la generación distribuida, quitándole carga a la red.
- Integrar la población en la solución y no dejarla en manos gubernamentales.
- Ser como proyecto, factible económica y financieramente.

Todos estos puntos fueron cumplidos a lo largo del desarrollo del proyecto, incluyendo además el cumplimiento de los criterios de éxito:

- Desarrollar un producto que integre las funciones de una teja y una pantalla solar
- Poder fabricarlo y venderlo de forma tal que sea accesible al público en general
- Lograr la producción de energías renovables de forma generalizada en hogares.

Y no solo se logran alcanzar las metas planteadas, sino que el proyecto en sí es altamente rentable. Con un VAN de USD 908.421,- y una TIR a 10 años de 39,5%, es un proyecto que rinde muy por encima del costo del capital, del 7,2%. Y es aun mas rentable para el inversor, que logra un VAN de USD 3.524.394,- y una TOR de 202,1%.

Teniendo en cuenta todos estos factores, la conclusión del trabajo es que el proyecto debe llevarse a cabo ya que cumple todas las metas propuestas y agrega valor no solo como proyecto de inversión y para el inversor, sino también para la sociedad como conjunto, solucionando uno de los problemas mas grandes que tiene el país actualmente.

A futuro podría ahondarse el desarrollo de productos similares, con distintas aplicaciones. Queda por explorar una solución mas integral para edificios de varios pisos, donde la superficie expuesta al sol es menor en comparación a las familias que habitan.

Y un segundo y mas importante campo que queda abierto a desarrollo, es la integración con otros tipos de tecnologías constructivas sustentables, para lograr que cada hogar sea energéticamente eficiente e independiente

7 – BIBLIOGRAFÍA

- 1 “Como son los nuevos medidores inteligentes de Edesur” Sitio Web La Nación. Entrada 23/2/2017, consultado 23/2/2017. URL: <http://www.lanacion.com.ar/1987418-como-son-los-nuevos-medidores-inteligentes-de-edesur>
- 2 “Maximum Power Point Tracking” Sitio web “Wikipedia” Entrada Junio 2011, consultado el 6/3/2017. URL: https://en.wikipedia.org/wiki/Maximum_power_point_tracking
- 3 “Inversores” Sitio Web “Yuba Solar” Entrada febrero 2015, consultado el 6/3/2017. URL: <http://www.yubasolar.net/2015/02/inversores.html#>
- 4 “Solar Micro-Inverter” Sitio web “Wikipedia” Entrada 2010, consultado 7/3/2017. URL: https://en.wikipedia.org/wiki/Solar_micro-inverter
- 5 “April 25, 1954: Bell Labs Demonstrates the First Practical Silicon Solar Cell” Sitio web “American Physical Society.” Entrada Abril 2009, consultado el 15/2/2017. URL: <http://www.aps.org/publications/apsnews/200904/physicshistory.cfm>
- 6 “Price history of silicon PV cells since 1977” Sitio web “Wikimedia” Entrada Mayo 2015, consultado el 16/2/2017. URL: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Price_history_of_silicon_PV_cells_since_1977.svg
- 7 CAMMESA, 2017 “Informe Mensual 2016 – 12” se encuentra disponible para descargar en digital, URL: <http://portalweb.cammesa.com/memnet1/Pages/descargas.aspx>
- 8 “Energy production and imports” Sitio web “Eurostat – Statistics Explained” Entrada Julio 2016, consultado el 17/2/2017. URL: http://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Energy_production_and_imports
- 9 Artículo 8 de la Ley 27191, disponible online en el siguiente URL: <http://servicios.infoleg.gob.ar/infolegInternet/anexos/250000-254999/253626/norma.htm>
- 10 Julio Pancieri, “El problema energético Argentino” Diario El Litoral, entrada abril 2016, consultado el 20/2/2017. URL: <http://www.ellitoral.com/index.php/diarios/2016/04/21/opinion/OPIN-02.html>
- 11 Sitio Web “Banco Nación” Consultado el 14/6/2017. URL: <https://www.bna.com.ar/Home/Nacion125Aniversario>

12 “Electrical Fundamentals and Principles Behind Solar Designs” Sitio Web “Grape Solar” Consultado el 7/3/2017. URL: <http://www.grapesolar.com/how-solar-works.html>

13 “Shade Happens” Sitio Web “Renewable energy world” Entrada Febrero 2009, consultado el 7/3/2017. URL: <http://www.renewableenergyworld.com/articles/2009/02/shade-happens-54551.html>

14 “Efecto de las sombras en un panel solar fotovoltaico” Sitio Web “Sun Fields” Consultado 7/3/2017. URL: <https://www.sfe-solar.com/noticias/articulos/efecto-de-las-sombras-en-un-panel-solar-fotovoltaico/>

15 “NASA Surface Meteorology and Solar Energy – Available Tables” Sitio Web “Atospheric Science Data Center” consultado el 6/5/2017 URL: https://eosweb.larc.nasa.gov/cgi-bin/sse/grid.cgi?&num=122056&lat=-34.35&submit=Submit&hgt=100&veg=17&sitelev=&email=pkristo@yahoo.com&p=grid_id&p=ret_tlt0&step=2&lon=-58.22

16 “Cubiertas” Sitio Web “Construccion” entrada marzo 2009, consultado el 6/5/2017. URL: <http://cecasayelen.blogspot.com.ar/2009/03/cubiertas.html>

17 “How much less efficient are north-facing solar modules” Sitio Web “Solar Power World” entrada junio 2016, URL: <http://www.solarpowerworldonline.com/2016/06/much-less-efficient-north-facing-solar-modules/>

18 “Panel Solar” – Sitio web “Wikipedia”, entrada abril 2016, consultado 28/2/2017. URL: https://es.wikipedia.org/wiki/Panel_solar

19 “ CÁLCULO SECCIÓN DE CONDUCTORES POR INTENSIDAD MÁXIMA ADMISIBLE EN CIRCUITOS INTERIORES” Siti web “Automatismo Industrial” Consultado el 6/4/2017. URL: <https://automatismoindustrial.com/3-7-1-calculo-de-la-seccion-de-conductores-por-intensidad-maxima-admisible-o-calentamiento/>

20 Sitio Web “Mercadolibre” Consultado el 4/5/2017. URL: http://articulo.mercadolibre.com.ar/MLA-620573497-cable-unipolar-25mm-x-100-m-pack-x-50-rollos-_JM

21 Sitio Web “Alibaba” Consultado 20/3/2017. URL <https://spanish.alibaba.com/product-detail/250-tons-moulding-machine-854504150.html>

- 22 Sitio web “Mercadolibre” Consultado 18/3/2017. URL:
http://articulo.mercadolibre.com.ar/MLA-654930606-mezcladora-de-hormigon-de-350-litros-_JM
- 23 Sitio web “Alibaba” Consultado 20/3/2017. URL:
<https://spanish.alibaba.com/product-detail/small-manufacturing-plant-hand-press-hydraulic-cement-brick-machine-algeria-60395954550.html?s=p>
- 24 Sitio web “Alibaba” Consultado 19/3/2017. URL:
<https://spanish.alibaba.com/product-detail/best-quality-epoxy-resin-insulator-spout-contact-box-ct-pt-automatic-pressure-gelation-hydrauclic-epoxy-resin-transfer-molding-m-1869857723.html>
- 25 Sitio web “Mercadolibre” Consultado 19/3/2017. URL:
http://articulo.mercadolibre.com.ar/MLA-610138793-router-cnc-2500x1300x300mm-pcnc-25-patagonia-cnc-machines-_JM
- 26 Sitio web “Alibaba” consultado 19/3/2017. URL:
<https://spanish.alibaba.com/product-detail/high-quality-eccentric-stamping-press-j23-125t--60355861486.html>
- 27 Sitio web “Alibaba” Consultado 19/3/2017. URL:
https://www.alibaba.com/product-detail/full-automatic-aluminum-alloy-die-casting_1580861677.html?spm=a2700.7724838.0.0.jkdHVP&s=p
- 28 Sitio web “Mercadolibre” consultado 19/3/2017. URL:
http://articulo.mercadolibre.com.ar/MLA-639554372-horno-fundicion-de-aluminio-bronce-cobre-1300c-_JM
- 29 Sitio web “Mercadolibre” consultado 19/3/2017. URL:
http://articulo.mercadolibre.com.ar/MLA-653158108-centro-de-mecanizados-cnc-control-fagor-muy-buen-estado-_JM
- 30 Sitio Web “Mercadolibre” Consultado 10/3/2017. URL:
http://articulo.mercadolibre.com.ar/MLA-619571020-chapa-acero-inoxidable-12-mm-hoja-de-1250-x-2500-_JM
- 31 Sitio Web “Mercadolibre” Consultado 10/3/2017. URL:
http://articulo.mercadolibre.com.ar/MLA-619043814-pp-polipropileno-recuperado-reciclado-virgen-plastico--_JM
- 32 Sitio Web “Mercadolibre” Consultado 10/3/2017. URL:
http://articulo.mercadolibre.com.ar/MLA-597552244-lingotes-de-aleacion-de-aluminio-_JM

- 33 Sitio Web “Mercadolibre” Consultado 10/3/2017. URL: http://articulo.mercadolibre.com.ar/MLA-619043775-pvc-recuperado-reciclado-virgen-plastico-inyeccion-_JM
- 34 Sitio Web “Mercadolibre” Consultado 10/3/2017. URL: http://articulo.mercadolibre.com.ar/MLA-620556890-chapa-lisa-galvanizada-siderar-c27-122x244m-_JM
- 35 Sitio Web “Mercadolibre” Consultado 10/3/2017. URL: http://articulo.mercadolibre.com.ar/MLA-619043775-pvc-recuperado-reciclado-virgen-plastico-inyeccion-_JM
- 36 Sitio Web “Mercadolibre” Consultado 10/3/2017. URL: http://articulo.mercadolibre.com.ar/MLA-614730145-placa-mdf-fibrofacil-de-55mm-trupan-260-x-183-mts-_JM
- 37 Sitio Web “Mercadolibre” Consultado 10/3/2017. URL: http://articulo.mercadolibre.com.ar/MLA-615626317-rollo-de-fibra-de-vidrio-300-gm-_JM
- 38 Sitio Web “Mercadolibre” Consultado 10/3/2017. URL: http://articulo.mercadolibre.com.ar/MLA-607457238-placa-masisa-aglomerado-18mm-183-x-260-mts-_JM
- 39 Sitio Web “Mercadolibre” Consultado 10/3/2017. URL: http://articulo.mercadolibre.com.ar/MLA-605761235-carbono-fibra-tela-tejido-1-m-x-025-m-025-m2-_JM
- 40 Sitio Web “Mercadolibre” Consultado 10/3/2017. URL: http://articulo.mercadolibre.com.ar/MLA-617267011-tablero-de-pino-120x3-mts-x-20mm-ideal-carpinteros-_JM
- 41 Sitio Web “Mercadolibre” Consultado 10/3/2017. URL: http://articulo.mercadolibre.com.ar/MLA-631469169-cemento-loma-negra-x-50kg-_JM y http://articulo.mercadolibre.com.ar/MLA-654961206-arena-fina-en-bolsa-x-30kg-_JM
- 42 “Tipos de vidrio” sitio web “Textos Científicos” Consultado el 30/3/2017, URL: <https://www.textoscientificos.com/quimica/vidrio/tipos>
- 43 “Tipos de vidrio” sitio web “Textos Científicos” Consultado el 30/3/2017, URL: <https://www.textoscientificos.com/quimica/vidrio/tipos>
- 44 “Tipos de vidrio” sitio web “Textos Científicos” Consultado el 30/3/2017, URL: <https://www.textoscientificos.com/quimica/vidrio/tipos>

- 45 “Propiedades” sitio web “Escuela de Ingenierías Industriales” Consultado el 30/3/2017, URL: <http://www.eis.uva.es/~macromol/curso03-04/PET/PROPIEDADES.htm>
- 46 “Propiedades del Acrílico” sitio web “Acrílico y Policarbonato” Consultado el 30/3/2017, URL: <http://www.acrilico-y-policarbonato.com/acrilico-propiedades.html>
- 47 “Clear Epoxy” sitio web “Ebay” consultado el 30/3/2017, URL: <http://www.ebay.com/itm/EPOXY-THIN-WOOD-COATING-RESIN-VERY-CLEAR-GLUE-4-GLASS-TO-SOLAR-CELLS-1-5GL-KIT-/220900739924>
- 48 “Macrolux Manual” sitio web “Interglas” consultado el 30/3/2017, URL: <https://www.interglas.dk/images/pdf-sheets/TekninskManualMacrolux.pdf>
- 49 “Technical Manual” Sitio web “Interglas” Consultado 28/3/2017. URL: <https://www.interglas.dk/images/pdf-sheets/TekninskManualMacrolux.pdf>
- 50 Sitio web “Mercadolibre” Consultado 24/3/2017. URL: http://articulo.mercadolibre.com.ar/MLA-617641570-vidrio-5mm-incoloro-corte-a-medida-precio-por-m2-_JM
- 51 “Propiedades del Acrílico” Sitio web “Acrílico y Policarbonato” Consultado el 28/3/2017” URL: <http://www.acrilico-y-policarbonato.com/acrilico-propiedades.html>
- 52 “Vidrios Templados” sitio web “Furukawa” Consultado 28/3/2017. URL: <http://www.furukawa.com.pe/productos/templex>
- 53 Sitio web “Mercadolibre” Consultado 24/3/2017. URL: http://articulo.mercadolibre.com.ar/MLA-640484506-tapa-vidrio-10-mm-templado-blindado-incoloro-200-x-100-cmts-_JM
- 54 “Vidrio templado 10mm” Sitio web “Cristal a medida” Consultado el 28/3/2017” URL: <https://www.cristalamedida.com/vidrio/299/venta/246/claves/Vidrio-templado-de-10mm>
- 55 Sitio web “Mercadolibre” Consultado 24/3/2017. URL: http://articulo.mercadolibre.com.ar/MLA-616625862-pet-cristal-2-mm-x-122-x-244-mm-planchas-y-laminas-_JM
- 56 Sitio web “Mercadolibre” Consultado 24/3/2017. URL: http://articulo.mercadolibre.com.ar/MLA-615646122-placa-de-acrilico-cristal-6-mm-x-122-x-244-metros-_JM

- 57 “Propiedades del Acrílico” Sitio web “Acrílico y Policarbonato” Consultado el 28/3/2017” URL: <http://www.acrilico-y-policarbonato.com/acrilico-propiedades.html>
- 58 Sitio web “Mercadolibre” Consultado 24/3/2017. URL: http://articulo.mercadolibre.com.ar/MLA-641202626-5kg-vidrio-liquido-resina-cristal-_JM
- 59 Sitio web “Mercadolibre” Consultado 24/3/2017. URL: http://articulo.mercadolibre.com.ar/MLA-641202626-5kg-vidrio-liquido-resina-cristal-_JM
- 60 “Análisis Térmico de la Inyección” sitio web “Wikifab” Consultado del 18/4/2017 URL: <http://wikifab.dimf.etsii.upm.es/wikifab/images/8/84/06Temperatura08.pdf>
- 61 “Polipropileno” sitio web “Plasticbages” consultado el 7/4/2017, URL: <http://www.plasticbages.com/caracteristicaspolipropileno.html>
- 62 “Polipropileno” sitio web “Goodfellow” consultado el 7/4/2017, URL: <http://www.goodfellow.com/S/Polipropileno.html>
- 63 Sitio web “Argenprop” Consultado el 9/5/2017 URL: <http://www.argenprop.com/Propiedades/Detalles/7805105--Galpon-en-Venta-en-Pdo.-de-General-San-Martin?ViewNameResult=VistaResultados>
- 64 Sitio web “Mercadolibre Inmuebles” Consultado el 9/5/2017 URL: http://inmueble.mercadolibre.com.ar/MLA-659574334-terreno-zona-industrial-600mt2-galpon-a-terminar-_JM
- 65 Sitio web “Mercadolibre Terrenos” Consultado el 9/5/2017 URL: http://terreno.mercadolibre.com.ar/MLA-662177380-excelente-lote-en-zona-de-promocion-industrial-en-esquina-_JM
- 66 Sitio web “Mercadolibre Terrenos” Consultado el 9/5/2017 URL: http://terreno.mercadolibre.com.ar/MLA-652288875-3-lotes-zona-industrial-_JM
- 67 Sitio web “Mercadolibre Terrenos” Consultado el 9/5/2017 URL: http://terreno.mercadolibre.com.ar/MLA-662806535-excelente-lote-para-uso-comercial-o-industrial-_JM
- 68 “El valor por manzana en el GBA” Sitio Web “Reporte Inmobiliario” Entrada Mayo 2016, consultado el 9/5/2017. URL: <http://www.reporteinmobiliario.com.ar/nuke/article3118-el-valor-por-manzana-en-el-gba.html>

- 69 “Haitai injection Molding Machine” Sitio Web “Haitai Machine” Consultado el 19/4/2017 URL: <http://www.hitai-machine.com/uploads/soft/130407/1-13040H10S1.pdf>
- 70 “Escala Salarial Vigente Período 1 de Octubre 2016 al 31 de Mayo de 2017” Sitio Web “U.O.Y.E.P. Web” Entrada diciembre 2016, consultado el 15/5/2016. URL: <http://www.uoyepweb.org.ar/organizacion/escala-salarial/escala-2016-2017.html>
- 71 “Los costos laborales de la Argentina son los mas altos de la region” Sitio Web “La Nacion” Entrada Enero 2017, consultado el 15/5/2017. URL: <http://www.lanacion.com.ar/1974055-los-costos-laborales-de-la-argentina-son-los-mas-altos-de-la-region>
- 72 “Costos Tipo” Sitio Web “Soluciones Especiales” Consultado el 9/5/2017. URL: <http://www.solucionesespeciales.net/Inmobiliaria/CostosTipo.aspx>
- 73 Vargas, C., Posada, J., Jaramillo, L., y García, L. (2015). Consumo de energía en la industria del plástico: revisión de estudios realizados. Revista CEA, 1(1), 93-107.
- 74 “Cuadro Tarifario Marzo 2017” Sitio Web “Edenor” Entrada Marzo 2017, consultado el 15/5/2017, URL: <http://www.edenor.com.ar/cms/files/SP/CuadroTarifario.MAR2017.pdf>
- 75 Sitio Web “Mercadolibre” Consultado el 4/5/2017. URL: http://articulo.mercadolibre.com.ar/MLA-623525791-teja-losa-olavarria-francesa-brillo-natural-_JM
- 76 Sitio Web “Mercadolibre” Consultado el 4/5/2017. URL: http://articulo.mercadolibre.com.ar/MLA-606135694-teja-francesa-negra-mate-calvu-por-mas-de-4000-unidades-_JM
- 77 “De cuantos metros cuadrados es una casa normal” sitio web “Planos y casas” Consultado el 5/5/2017 URL: <http://planosycasas.net/de-cuantos-metros-cuadrados-es-una-casa-normal/>
- 78 “Costo del m2 Marzo 2017” Sitio Web “Colegio de Arquitectos” Consultado el 5/5/2017 URL: http://www.colegioarquitectos.org.ar/despachos2.asp?cod_des=61744&ID_Seccion=265&fecemi=27/04/2017&Titular=costo-del-m2-marzo-2017--presupuesto-interactivo.html
- 79 Sitio Web “Zonaprop” Consultado el 5/5/2017 URL: <http://www.zonaprop.com.ar/propiedades/lote-interno-buena-ubicacion-42089376.html>

- 80 Sitio Web “Mercadolibre” Consultado el 15/5/2017, URL: http://articulo.mercadolibre.com.ar/MLA-630677557-sistema-solar-grid-tie-fotovoltaico-3300w-ahorro-electrico-_JM
- 81 Sitio Web “Banco Galicia” Consultado el 4/6/2017. URL: <http://www.bancogalicia.com/banca/online/web/Personas/ProductosyServicios/prestamos-hipotecarios-uva/>
- 82 Sitio Web “Banco Santander Rio” Consultado el 4/6/2017. URL: <https://banco.santanderrio.com.ar/exec/solicitudes/prestamosHipotecarios/sim/index.jsp>
- 83 Noticiero C5N, consultado el 5/6/2017, URL: <https://www.youtube.com/watch?v=ccrUdSwsNkw>
- 84 “La inflación llegó a 27,5% en los primeros 12 meses del Nuevo Indec” Sitio web “Infobae” Consultado el 5/6/2017. URL: <http://www.infobae.com/economia/2017/05/10/275-arrojo-la-primera-tasa-anual-de-inflacion-del-nuevo-indec-hasta-abril/>
- 85 “Demografía en Argentina” Sitio web “Wikipedia” Consultado el 7/6/2017. URL: https://es.wikipedia.org/wiki/Demograf%C3%ADa_de_Argentina#Tasa_de_crecimiento_poblacional_total
- 86 “Que es el ciclo de vida de un producto?” Sitio web “Debitoor” Consultado el 7/6/2017. URL: <https://debitoor.es/glosario/definicion-cvp>
- 87 “Treasury Inflation-Protected Securities” Sitio web “The Wall Street Journal” Consultado el 16/6/2017. URL: http://www.wsj.com/mdc/public/page/2_3020-tips.html
- 88 “Argentina Riesgo País” Sitio web “Ambito Financiero” Consultado el 16/6/2017. URL: <http://www.ambito.com/economia/mercados/riesgo-pais/info/?id=2&desde=16/06/2016&hasta=16/06/2017&pag=1>
- 89 “Índice Merval dividido Cotización del Dólar” Sitio web “Estadísticas BCRA” Consultado el 16/6/2017. URL: http://estadisticasbcra.com/merval_en_dolares
- 90 “Betas by Sector” Sitio web “NYC Stern School of Business” consultado el 16/6/2017. URL: http://pages.stern.nyu.edu/~adamodar/New_Home_Page/datafile/Betas.html
- 91 “Valor Actual Neto” Sitio web “Wikipedia” Consultado el 14/6/2017. URL: https://es.wikipedia.org/wiki/Valor_actual_net

8 – ANEXO

8.1 – Proveedores de Celdas Solares

Huizhou YZD Technology Co.⁹²

- Panel mono cristalino 156mm*156mm
- Potencia máxima 4,7W, eficiencia 19,4%
- Tensión de salida 0,55 V
- Precio Unitario U\$D 1,57 (U\$D 1.571,99 las 1000 unidades)
- Tiempo de entrega: 20-30 días
- Origen: China



Figura 8-1: Foto de publicación.

Black 21⁹³

- Panel mono cristalino 156mm*156mm
- Potencia máxima 5W, eficiencia 20,6%
- Tensión de salida 0,55V
- Precio unitario U\$D 1,63 (U\$D 163,18 las 100 unidades)
- Tiempo de entrega 45-60 días
- Origen: China

Tejas para el Aprovechamiento de la Energía Solar



Figura 8-2: Foto de publicación.

Genérico Chino⁹⁴

- Panel poly-cristalino 156mm*156mm
- Potencia máxima 4,33W, eficiencia 17,8%
- Tensión de salida 0,55 V
- Precio Unitario U\$D 1,62 (U\$D 1.620,00 las 1000 unidades)
- Tiempo de entrega 15 – 35 días
- Origen: China



Figura 8-3: Foto de publicación.

Direct Voltage⁹⁵

- Panel holocristalino 156mm*156mm
- Potencia máxima 4,19W, eficiencia 17,2%
- Tensión de salida 0,53 V

Tejas para el Aprovechamiento de la Energia Solar

- Precio Unitario U\$D 2,89 (U\$D 289,00 las 100 unidades)
- Tiempo de entrega 15 días
- Origen: Europa



Figura 8-4: Foto de publicación.

Genérico Estados Unidos⁹⁶

- Panel mono cristalino 156mm*156mm
- Potencia máxima 4,3W, eficiencia 17,7%
- Tensión de salida 0,52 V
- Precio Unitario U\$D 1,59 (U\$D 159,00 las 100 unidades)
- Tiempo de entrega: 20 días
- Origen: EEUU



Figura 8-5: Foto de publicación.

8.2 – Proveedores de Microinversores

Enphase M215⁹⁷

- Máxima potencia de salida 225W
- Eficiencia 96,5%
- Rango MPPT 27 - 39 V
- Precio Unitario USD 159
- Origen: USA

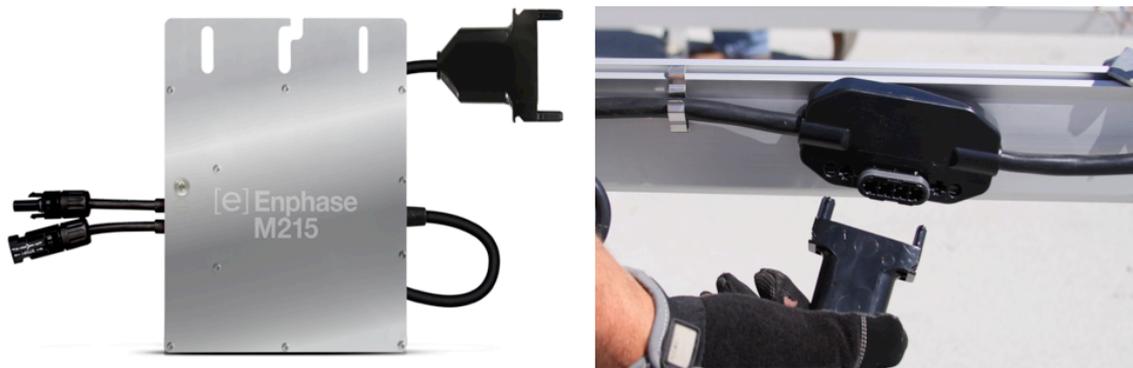


Figura 8-6:Microinversor M215 y cable BUS.

Sunpower WV250⁹⁸

- Máxima potencia de salida 250W
- Eficiencia 94.6%
- Rango MPPT 25 – 40 V
- Precio Unitario USD 79 (1 unidad) USD 69 (compra mayor a 100 unidades)
- Origen: China

Tejas para el Aprovechamiento de la Energía Solar



Figura 8-7: Microinversor WV250 y la instalación con cable BUS.

Power Systems WVC295⁹⁹

- Máxima potencia de salida 260W
- Eficiencia 94.6%
- Rango MPPT 22 – 50 V
- Precio Unitario U\$D 73 (1 unidad) U\$D 68 (compra mayor a 300 unidades)
- Origen: China

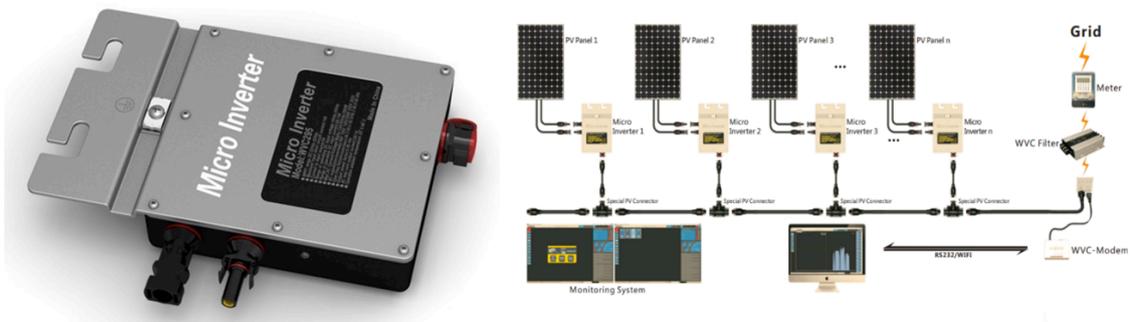


Figura 8-8: Microinversor WVC295 y la instalación con cable BUS

Kai Deng WV230¹⁰⁰

- Máxima potencia de salida 260W
- Eficiencia 93,5%
- Rango MPPT 22 – 45 V
- Precio Unitario U\$D 95,63
- Origen: China



Figura 8-9: Microinversor WV230

Marsrock ¹⁰¹

- Máxima potencia de salida 260W
- Eficiencia 88%
- Rango MPPT 31 – 40 V
- Precio unitario U\$D 50
- Origen: China



Figura 8-10: Microinversor Marsrock

8.3 – Planos con medias del cuerpo de la teja

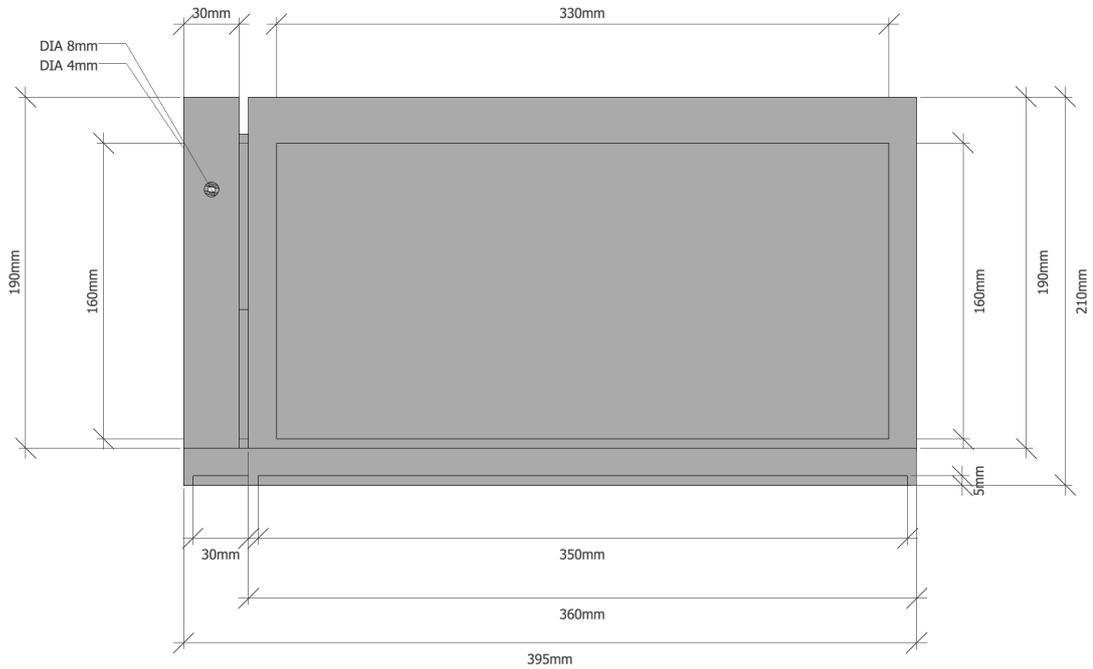


Figura 8-11: Vista superior del cuerpo



Figura 8-12: Vista inferior del cuerpo de la teja

Tejas para el Aprovechamiento de la Energía Solar

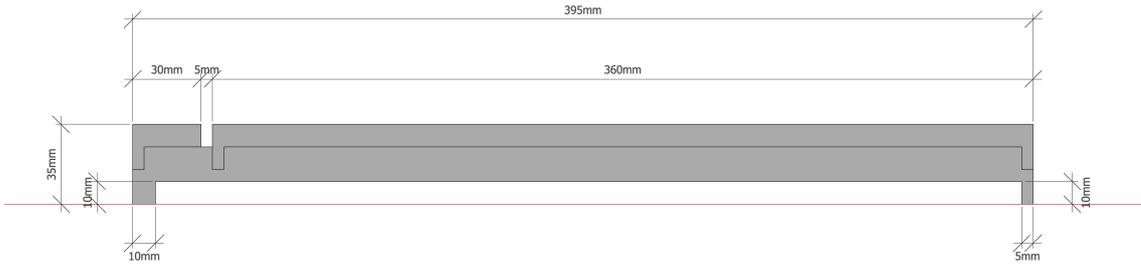


Figura 8-13: Vista del lado izquierdo de la teja.

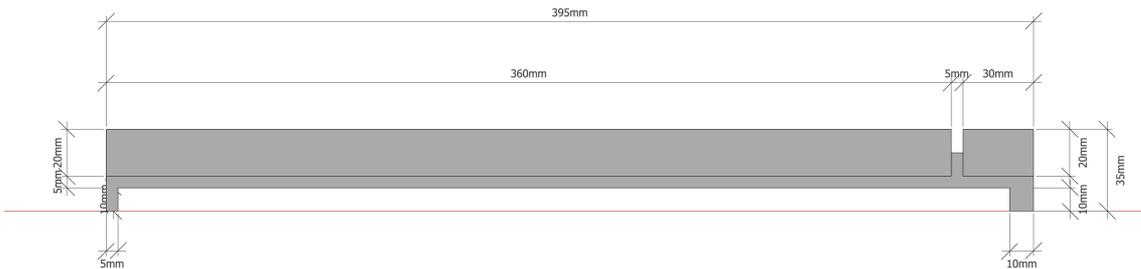


Figura 8-14: Vista del lado derecho de la teja.

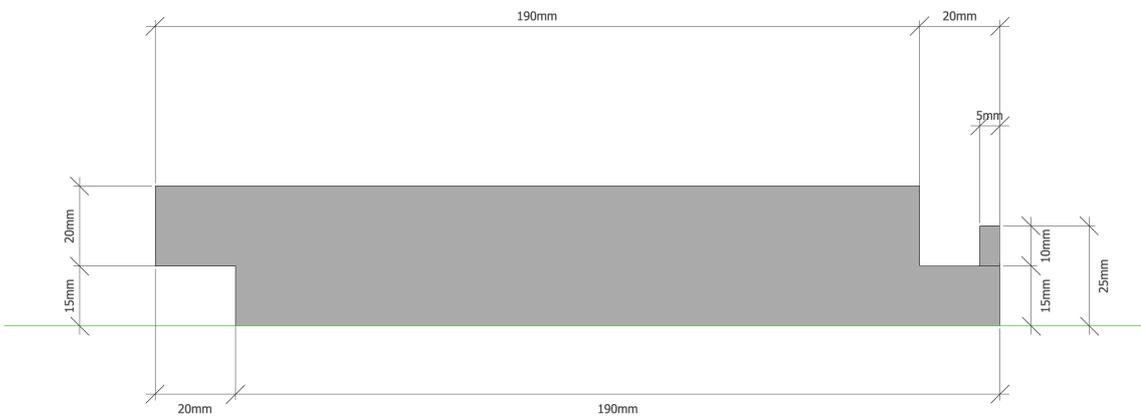


Figura 8-15: Vista frontal de la teja. No se incluye la vista trasera ya que debido a la geometría que permite el encastre, es una vista espejada con las mismas medidas.

Tejas para el Aprovechamiento de la Energía Solar

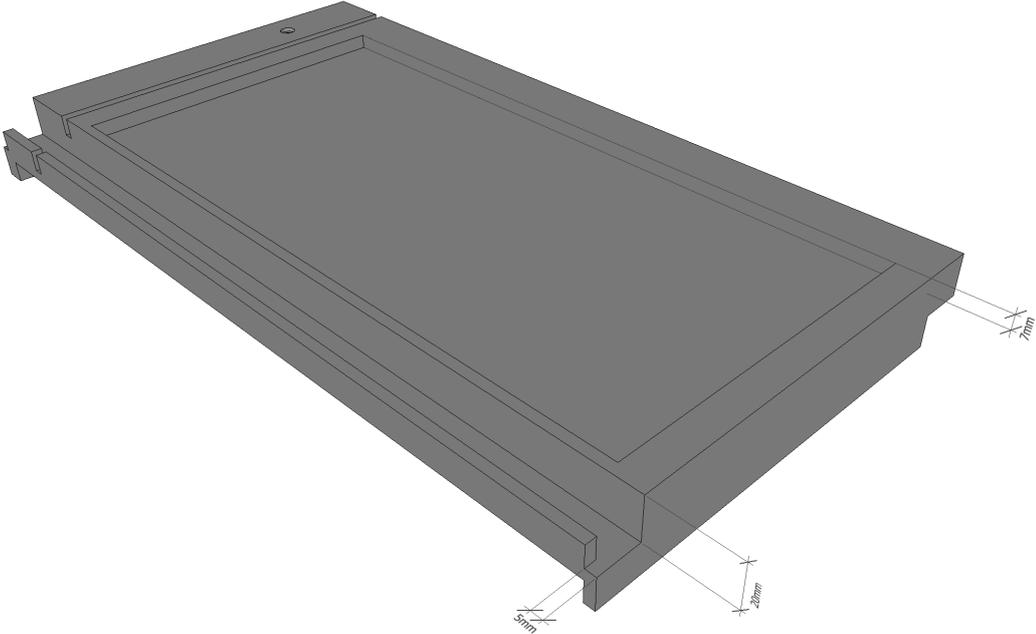


Figura 8-16: Vista isométrica superior de la teja.

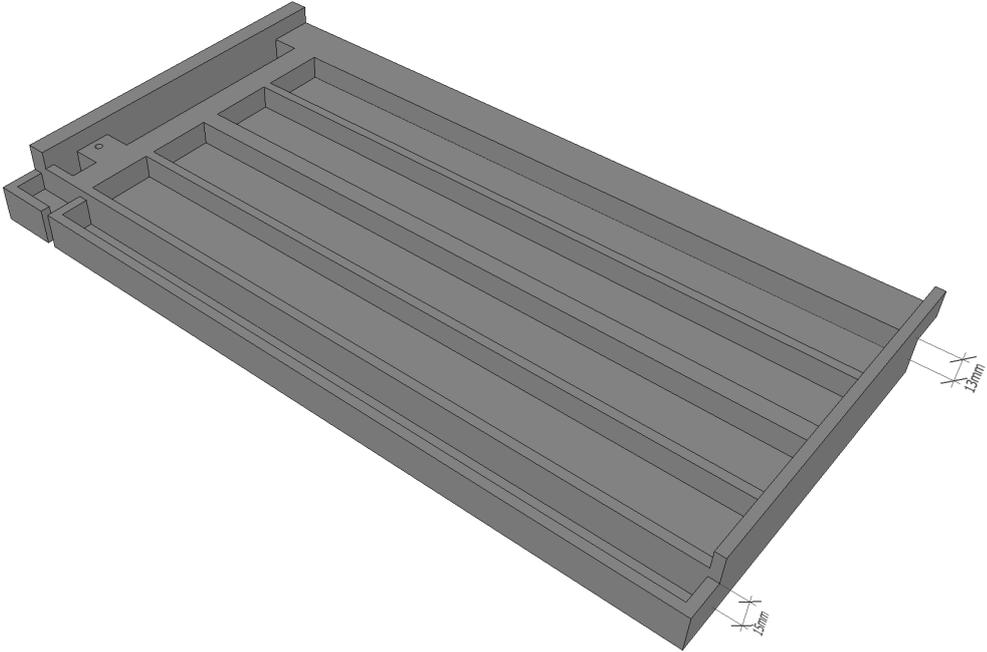


Figura 8-17: Vista isométrica inferior de la teja.

8.4 – Opciones de Ubicación Geográfica de Planta



Figura 8-18: Ubicación de Sarmiento 5300 en el mapa.



Figura 8-19: Ubicación de Le Corbusier 2200 en el mapa.

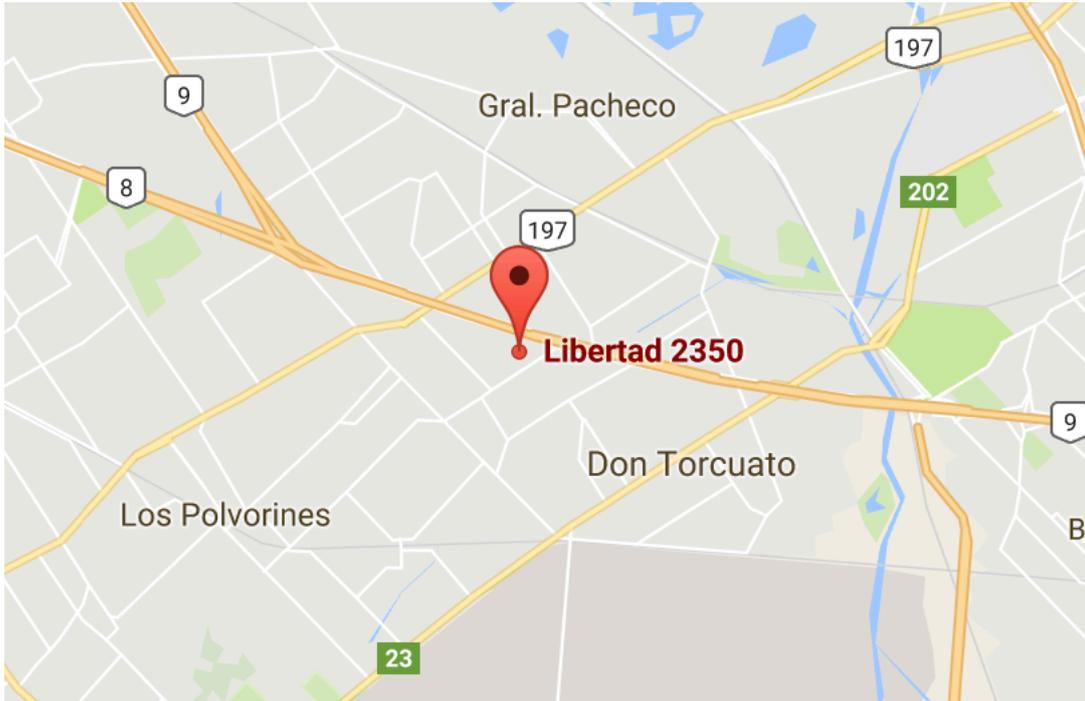


Figura 8-20: Ubicación de Libertad 2350 en el mapa.

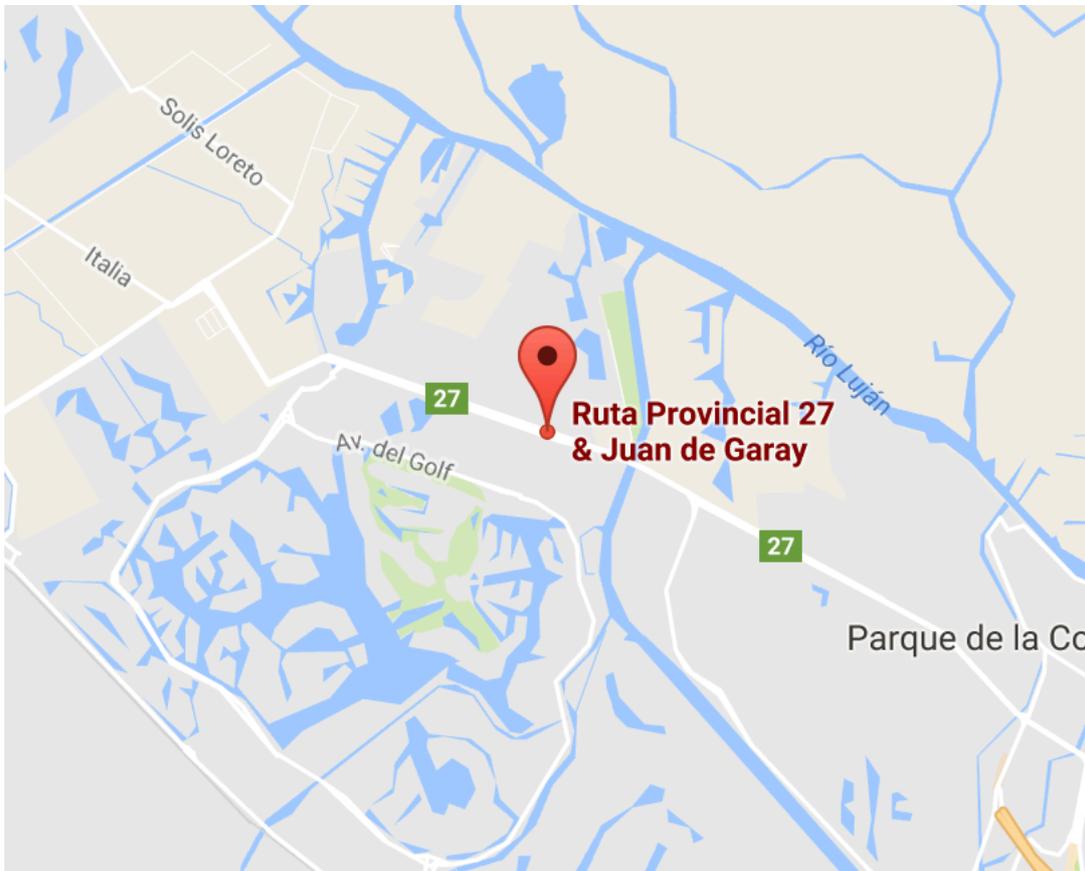


Figura 8-21: Ubicación de Juan de Garay y Ruta 27 en el mapa.



Figura 8-22: Ubicación de Domingo Nazarre 710 en el mapa.

8.5 – Tablas del Análisis Económico-Financiero

	Sep-18	Sep-19	Sep-20	Sep-21	Sep-22	Sep-23	Sep-24	Sep-25	Sep-26	Sep-27
Disponibilidad Mínima de Caja	9,173	17,837	32,616	55,039	77,462	81,539	81,539	81,539	81,539	81,539
Variación Inversión Activo de Trabajo	0	8,664	14,779	22,423	22,423	4,077	0	0	0	0

Tabla 8-1: Activo de Trabajo, valores en dólares reales.

IVA	Sep-18	Sep-19	Sep-20	Sep-21	Sep-22	Sep-23	Sep-24	Sep-25	Sep-26	Sep-27
IVA Inv. Activo Fijo	44,106	0	44,106	22,053	22,053	0	0	0	0	0
IVA Inversiones	44,106	0	44,106	22,053	22,053	0	0	0	0	0
De ventas (-) Del costo de lo vendido	77,054 (40,060)	149,828 (67,765)	273,971 (123,913)	462,326 (209,104)	650,681 (294,294)	684,928 (309,783)	684,928 (309,783)	684,928 (309,783)	684,928 (309,783)	684,928 (309,783)
IVA Diferencia	36,995 0	82,063 0	150,058 0	253,223 0	356,388 0	375,145 0	375,145 0	375,145 0	375,145 0	375,145 0
IVA TOTAL	(7,111)	82,063	105,952	231,170	334,335	375,145	375,145	375,145	375,145	375,145

Tabla 8-2: Calculo del IVA, valores en dólares reales.

Tejas para el Aprovechamiento de la Energía Solar

Impuesto a pagar	Sep-18	Sep-19	Sep-20	Sep-21	Sep-22	Sep-23	Sep-24	Sep-25	Sep-26	Sep-27
IG	0	56,158	131,588	271,865	392,154	417,978	417,978	417,978	417,978	417,978
IVA	35,170	82,063	126,611	231,170	334,335	375,145	375,145	375,145	375,145	375,145
Total a Pagar	35,170	138,220	258,199	503,035	726,488	793,123	793,123	793,123	793,123	793,123

Tabla 8-3: Impuesto total a pagar, valores en dólares reales.

Proyecto	Sep-17	Sep-18	Sep-19	Sep-20	Sep-21	Sep-22	Sep-23	Sep-24	Sep-25	Sep-26	Sep-27
Ingresos Valor Actual	20,385	346,541	713,466	1,304,624	2,201,554	3,098,483	3,261,561	3,261,561	3,261,561	3,261,561	3,261,561
Ingresos	20,385	316,666	588,760	960,225	1,445,240	1,814,189	1,703,264	1,519,164	1,354,964	1,208,511	1,077,888
Egresos Valor Actual	225,015	174,204	138,220	536,777	642,579	866,032	792,784	793,123	793,123	793,123	793,123
Egresos	225,015	159,186	114,061	395,077	421,829	507,069	414,010	369,420	329,490	293,877	262,113
Índice Rentabilidad	3.44										

Tabla 8-4: Calculo del Índice de Rentabilidad, valores en dólares reales.

PR Simple	Sep-17	Sep-18	Sep-19	Sep-20	Sep-21	Sep-22	Sep-23	Sep-24	Sep-25	Sep-26	Sep-27
Flujo en Dólares	(244,832)	(53,811)	98,099	(85,133)	158,031	286,809	433,842	433,503	433,503	433,503	433,503
Acumulados	(244,832)	(298,643)	(200,545)	(285,677)	(127,646)	159,163	593,005	1,026,508	1,460,010	1,893,513	2,327,015
PR Simple	4.81										

Tabla 8-5: Calculo del Periodo de Repago Simple, valores en dólares reales.

PR Actualizado	Sep-17	Sep-18	Sep-19	Sep-20	Sep-21	Sep-22	Sep-23	Sep-24	Sep-25	Sep-26	Sep-27
Valor Actual	(244,832)	(294,004)	(213,052)	(275,711)	(171,970)	(4,041)	222,522	424,438	604,530	765,156	908,421
Valor Actual Acum.	(244,832)	(538,836)	(751,889)	(1,027,600)	(1,199,570)	(1,203,611)	(981,089)	(556,650)	47,879	813,036	1,721,457
PR Actualizado	8.31										

Tabla 8-6: Calculo del Periodo de Repago con Actualización, valores en dólares reales.

	Sep-17	Sep-18	Sep-19	Sep-20	Sep-21	Sep-22	Sep-23	Sep-24	Sep-25	Sep-26	Sep-27
Flujo de Fondos Valor Terminal	(244,832)	(53,811)	98,099	(85,133)	158,031	286,809	433,842	433,503	433,503	433,503	433,503
Periodo de Descuento	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
VP de Flujo de Fondos VP Valor Terminal	(244,832)	(49,172)	80,002	(60,404)	100,008	161,885	218,408	194,649	173,610	154,845	138,109
											1,254,578

Suma FF	867,108
Valor Terminal	1,254,578
Valor Total	2,121,686

Tabla 8-7: Calculo del valor total final de la compañía, valores en dólares reales.

92 Sitio web "Aliexpress" Consultado el 7/3/2017. URL: https://www.aliexpress.com/item/Wholesale-1000pcs-4-7W-high-efficiency-156-Mono-monocrystalline-Solar-Cell-6x6-for-DIY-PV-Solar/32677441415.html?spm=2114.01020208.3.10.BzVwtz&ws_ab_test=searchweb0_0,searchweb201602_2_10000560_10000073_10000561_10000074_10000175_10000507_10000401_10000505_10000068_10000063_10099_10000156_10096_10000569_10000097_10000094_10000090_10000091_10000147_10000144_10084_10000150_10083_10080_10000153_10082_10081_10110_10111_10112_10113_10000535_10114_10000534_10000089_10000086_10000083_10000135_10000080_10078_10079_10073_10000140_10070_10122_10123_10126_10124_10000546_10065_10068_10000132_10000033_10000030_10000126_10000026_10000129_10000023_10000123_432_10060_10062_10056_10055_10054_302_10059_10000120_10000020_10000117_10000113_10103_10102_10000114_10000016_10000111_10052_10053_10050_10107_10051_10106_10000621_10000384_10000101_10000100_10000579_10000104_10000045_10000578_10000108_10000612_10000613_10000390_10000042_10000592_10000039_10000587_10000036_10000389_10000187,searchweb201603_9,afswitch_1,ppcSwitch_5_ppcChannel,single_sort_2_price_desc&btsid=30b6c980-c97e-4561-bee1-715dc2520ec6&algo_expid=efa05b10-6163-416d-abaa-8ed7b64b89f6-1&algo_pvid=efa05b10-6163-416d-abaa-8ed7b64b89f6

93 Sitio web "Aliexpress" Consultado 7/3/2017. URL: https://www.aliexpress.com/item/100-Pcs-4-28W-0-5V-A-Grade-156-156MM-PV-Poly-Polycrystalline-Silicon-Solar-Cell/32614510212.html?spm=2114.01020208.3.315.BzVwtz&ws_ab_test=searchweb0_0,searchweb201602_2_10000560_10000073_10000561_10000074_10000175_10000507_10000401_10000505_10000068_10000063_10099_10000156_10096_10000569_10000097_10000094_10000090_10000091_10000147_10000144_10084_10000150_10083_10080_10000153_10082_10081_10110_10111_10112_10113_10000535_10114_10000534_10000089_10000086_10000083_10000135_10000080_10078_10079_10073_10000140_10070_10122_10123_10126_10124_10000546_10065_10068_10000132_10000033_10000030_10000126_10000026_10000129_10000023_10000123_432_10060_10062_10056_10055_10054_302_10059_10000120_10000020_10000117_10000113_10103_10102_10000114_10000016_10000111_10052_10053_10050_10107_10051_10106_10000621_10000384_10000101_10000100_10000579_10000104_10000045_10000578_10000108_10000612_10000613_10000390_10000042_10000592_10000039_10000587_10000036_10000389_10000187,sea

rchweb201603_9,afswitch_1,ppcSwitch_5_ppcChannel,single_sort_2_price_desc&btsid=30b6c980-c97e-4561-bee1-715dc2520ec6&algo_expid=efa05b10-6163-416d-abaa-8ed7b64b89f6-37&algo_pvid=efa05b10-6163-416d-abaa-8ed7b64b89f6

94 Sitio Web “Aliexpress” Consultado 7/3/2017, URL: https://www.aliexpress.com/item/Free-shipping-Wholesale-4-33W-A-grade-156-156mm-Polycrystalline-solar-cell-for-DIY-solar-panel/32720692698.html?spm=2114.01020208.3.2.BzVwtz&ws_ab_test=searchweb0_0,searchweb201602_2_10000560_10000073_10000561_10000074_10000175_10000507_10000401_10000505_10000068_10000063_10099_10000156_10096_10000569_10000097_10000094_10000090_10000091_10000147_10000144_10084_10000150_10083_10080_10000153_10082_10081_10110_10111_10112_10113_10000535_10114_10000534_10000089_10000086_10000083_10000135_10000080_10078_10079_10073_10000140_10070_10122_10123_10126_10124_10000546_10065_10068_10000132_10000033_10000030_10000126_10000026_10000129_10000023_10000123_432_10060_10062_10056_10055_10054_302_10059_10000120_10000020_10000117_10000013_10103_10102_10000114_10000016_10000111_10052_10053_10050_10107_10051_10106_10000621_10000384_10000101_10000100_10000579_10000104_10000045_10000578_10000108_10000612_10000613_10000390_10000042_10000592_10000039_10000587_10000036_10000389_10000187,searchweb201603_9,afswitch_1,ppcSwitch_5_ppcChannel,single_sort_2_price_desc&btsid=30b6c980-c97e-4561-bee1-715dc2520ec6&algo_expid=efa05b10-6163-416d-abaa-8ed7b64b89f6-0&algo_pvid=efa05b10-6163-416d-abaa-8ed7b64b89f6

95 Sitio Web “Ebay” Consultado 7/3/2017, URL: <http://www.ebay.com/itm/BSE-6x6-Multi-Solar-Cells-3BB-4-19-Watts-ea-A-Grade-2pcs-10pcs-50pcs-100pcs-/171868028720>

96 Sitio Web “Ebay” Consultado 7/3/2017, URL: <http://www.ebay.com/itm/6x6-Whole-Mono-Solar-Cells-4-3-Watts-Grade-A-Made-in-USA-100pcs-/201833539278>

97 Sitio Web “Ebay” Consultado 9/3/2017. URL: <http://www.ebay.com/itm/Enphase-M215-Micro-Inverter-M215-MC4-Solar-Panel-Power-Inverter-NEW-IG-MODEL-/180917011985?hash=item2a1f7e8611:g:5YMAAOSwdpxUU~yx>

98 Sitio web “Alibaba” Consultado 9/3/2017. URL: https://wholesaler.alibaba.com/product-detail/Waterproof-IP65-Solar-Micro-Grid-Tie_60343428898.html?spm=a2700.7724838.0.0.ATbwmy

99 Sitio web "Alibaba" Consultado 9/3/2017. URL:
https://wholesaler.alibaba.com/product-detail/Waterproof-Pure-Sine-Wave-Grid-Tie_60543536752.html?spm=a2700.7724838.0.0.ATbwmy

100 Sitio web "Ebay" Consultado 9/3/2017. URL:
<http://www.ebay.com/itm/WV230-Waterproof-micro-inverter-Solar-panel-system-22-50V-80-160VAC-180-260VAC-/301476853238?var=&hash=item46316bb5f6:m:mz-uKZUffxO3oIOkb2149gg>

101 Sitio web "Alibaba" Consultado 9/3/2017. URL:
https://www.alibaba.com/product-detail/260W-22-45VDC-grid-tie-micro_1255798207.html?spm=a2700.7724838.0.0.sGiYSo